

بررسی جریان نزدیک‌شونده در اطراف لوله زهکش با پوشش پوسته برنج (مطالعه موردی: پروژه ران بهشهر)

حامد ابراهیمیان^{۱*}، عبدالمجید لیاقت^۲، مسعود پارسی‌نژاد^۳ و مجتبی اکرم^۴

چکیده

این تحقیق در اراضی تحت زهکشی شرکت ران بهشهر و به منظور ارزیابی عملکرد هیدرولیکی پوشش پوسته برنج انجام شده است. برای مطالعات صحرایی هفت عدد پیژومتر بین دو خط زهکش زیرزمینی S3PD14 و S3PD15 نصب شد. در طی فصول بارندگی در سال ۱۳۸۵ (اول آذر تا آخر اسفند)، مقادیر عمق سطح ایستابی وسط دو زهکش، شدت تخلیه زهکش‌ها، افت جریان نزدیک شونده (h_{ap}) و افت جریان ورودی (h_e) در اطراف لوله‌های زهکش اندازه‌گیری شد. براساس داده‌های صحرایی، مقادیر مقاومت جریان نزدیک‌شونده (W_{ap})، ثابت جریان نزدیک‌شونده (α_{ap}) و نسبت افت جریان نزدیک‌شونده (F_{ap}) برای بررسی عملکرد پوشش پوسته برنج در هر دو خط زهکش به دست آمده‌اند. محاسبات نشان داد که عملکرد پوسته برنج در زهکش S3PD15 بهتر از زهکش S3PD14 بوده است. نتایج نشان داد که عملکرد مناسب پوشش پوسته برنج به شرایط نصب، ویژگی‌های خاک دست خورده اطراف زهکش و تجزیه شدن آن بستگی دارد. اختلاف قابل توجه بین مقادیر افت جریان نزدیک‌شونده و افت جریان ورودی حاکی از گرفتگی در قسمت بیرونی پوشش پوسته برنج بوده است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی، بهشهر، پوشش پوسته برنج، جریان نزدیک‌شونده و زهکش زیرزمینی.

ارجاع: ابراهیمیان ح. لیاقت ع. پارسی‌نژاد م. و اکرم م. ۱۳۸۹. بررسی جریان نزدیک‌شونده در اطراف لوله زهکش با پوشش پوسته برنج (مطالعه موردی: پروژه ران بهشهر). مجله پژوهش آب ایران. ۴(۶): ۲۵-۳۴.

۱ - دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.

۲ - استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.

۳ - دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.

۴ - کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، شرکت مهندسین مشاور کاماب.

*نویسنده مسئول: ebrahimian@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۴/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۶/۲۳

مقدمه

روش‌های صحرائی بهترین و قابل اعتمادترین روش‌های مطالعه پوشش‌های زهکشی است. در این روش‌ها یک محل خاص از منطقه موردنظر با خصوصیات مشابه کل منطقه در نظر گرفته می‌شود (مزرعه آزمایشی) و چندین خط زهکش با پوشش‌های موردنظر در آن ایجاد می‌شود. در این شرایط تغییرات سطح ایستابی و دبی در هر خط لوله اندازه‌گیری می‌شود. نتایج حاصله از این روش‌ها قابل اعتماد و کاربردی است (کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۳).

وسلینگ (۱۹۷۸) به بررسی مقاومت ورودی زهکش‌ها پرداخته و نشان داد که مقاومت ورودی لوله‌های دارای پوشش، به‌صورت کلی اثری بر روی فاصله زهکش‌ها ندارد. البته این نتایج برای لوله‌های با ضخامت کم پوشش و یا لوله‌های صاف صادق نیست. نامبرده دریافت که در اثر هجوم ذرات خاک، مقدار ضریب اصطکاک نسبت به زمان افزایش می‌یابد. کاولارس (۱۹۷۸) نظریه مقاومت جریان نزدیک‌شونده^۱ برای جریان اطراف زهکش‌های لوله‌ای را ارائه داد و مقاومت ورودی را ناشی از افت بار اضافی در نتیجه همگرایی خطوط جریان آب زیرزمینی به سمت شکاف‌ها و سوراخ‌های زهکش‌ها برشمرد (به‌نقل از استویت و دیریکس، ۲۰۰۶). در ارزیابی صحرائی عملکرد مواد و مصالح زهکشی، دبی همراه با کل افت بار و افت بار در ۴۰ سانتی‌متری مرکز زهکش (که بعد از مرز ترانشه در نظر گرفته می‌شود)، اندازه‌گیری می‌شود. تفاوت عمودی بین بار اخیر و بار موجود در مرکز لوله زهکش را افت بار جریان نزدیک‌شونده می‌نامند (کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۳).

مواد آلی که معمولاً از محصولات کشاورزی به‌دست می‌آید (مثل کاه پوشال، کلش غلات و کلش برنج) می‌توانند به‌عنوان پوشش زهکشی استفاده شوند. در شمال غرب اروپا، عمده‌ترین پوشش‌های آلی از تورب، کاه کتان و الیاف نارگیل ساخته می‌شود. در ژاپن از پوسته برنج به‌عنوان پوشش زهکشی استفاده می‌کنند. مهم‌ترین محدودیت پوشش‌های آلی تجزیه شدن تدریجی آنهاست. ولی با استفاده از مواد آلی به‌جای پوشش‌های معدنی، هزینه سیستم زهکشی تا اندازه زیادی کاهش می‌یابد. در لیتوانی پیش از ایجاد سیستم زهکشی جدید در سال ۱۹۹۴ در نه مزرعه آزمایشی، لوله‌ها و

مواد پوششی مختلف (از جمله لوله سفالی پوشیده شده با کلش ذرت غیر متراکم^۲ به‌ضخامت ۷-۱۰ سانتی‌متر، لوله خرطومی پلی‌اتیلن از قبل کلاف شده^۳ با کلش ذرت به‌ضخامت ۲-۳ سانتی‌متر، لوله سفالی پوشیده شده با لایه‌ای از کلش کتان غیر متراکم به‌ضخامت ۷-۱۰ سانتی‌متر و لوله سفالی پوشیده شده با لایه‌ای به‌ضخامت ۷-۱۰ سانتی‌متر از خاک اره غیر متراکم) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج این تحقیق که بین سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۹۴ صورت گرفت نشان داد که سیستم زهکشی با پوشش خاک اره عملکرد بهتری در پایین آوردن سطح ایستابی داشته است. همچنین کاربرد سه نوع دیگر از ترکیب لوله و پوشش چندان مناسب تشخیص داده نشده است (ریمیدیس و دیریکس، ۲۰۰۳). ریمیدیس و دیریکس (۲۰۰۴) در ادامه این تحقیق (بین سال‌های ۲۰۰۳-۱۹۹۹) برای ارزیابی دقیق‌تر مواد پوششی، این بار علاوه بر اندازه‌گیری دبی زهکش و افت کل سطح ایستابی، افت جریان نزدیک‌شونده (از طریق نصب پیزومتر در چهل سانتی‌متری زهکش) را نیز اندازه‌گیری کردند. این تحقیق در شش مزرعه آزمایشی اجرا شد و با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده، مقادیر مقاومت جریان نزدیک‌شونده (W_{ap})، ثابت جریان نزدیک‌شونده (U_{ap}) و نسبت افت جریان نزدیک‌شونده (F_{ap}) را برای ارزیابی پوشش‌های مختلف محاسبه کردند. نتایج نشان داد که زهکش‌های با پوشش کلش ذرت غیرمتراکم و کلش کتان غیرمتراکم عملکرد بهتری نسبت به سایر پوشش‌ها داشتند، در حالی که بدترین عملکرد برای زهکش‌های بدون پوشش و زهکش‌های با پوشش الیاف شیشه مشاهده شد. مصالح پوششی حجیم نسبت به سایر پوشش‌های مورد مطالعه عملکرد بهتری داشتند و عملکرد ضعیف پوشش‌های آلی به‌دلیل تجزیه شدن این مواد گزارش شد.

در شاخص‌های طراحی معمولاً مقاومت جریان نزدیک‌شونده را در نظر نمی‌گیرند زیرا فرض بر این است که ماده پوششی باعث ایجاد مقاومت جریان نمی‌شود. به هر حال اگر نسبت افت جریان نزدیک‌شونده برابر ۳۰ الی ۵۰ درصد باشد، فاصله زهکش‌ها باید به‌میزان ۲۵ تا ۴۰ درصد کاهش یابد (ریمیدیس و دیریکس، ۲۰۰۴).

2- Loose

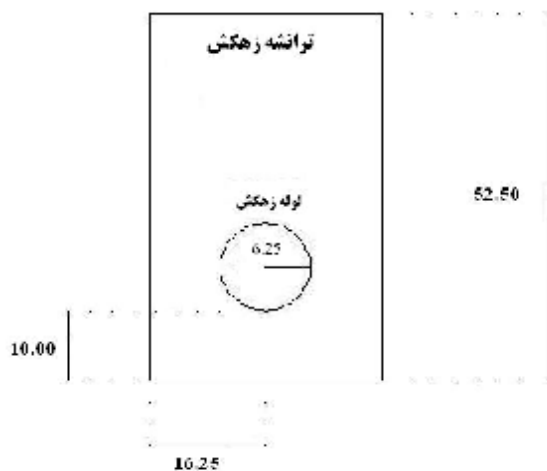
3- Prewrapped

1- Approach-flow resistance

نزدیک‌شونده در اطراف لوله زهکش و در اراضی زهکشی شده شرکت ران بهشهر است.

مواد و روش‌ها

اراضی محل اجرای این تحقیق در شمال شرقی شهرستان بهشهر و در حاشیه جنوبی خلیج گرگان در استان مازندران واقع است. منطقه دارای اقلیم نیمه مدیترانه‌ای با تابستان‌های گرم و مرطوب و بارندگی کم، و زمستان‌های معتدل با بارندگی زیاد است. متوسط بارندگی سالانه ۵۷۷ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه منطقه ۱۶ درجه سانتیگراد است. هدف از اجرای پروژه زهکشی در منطقه، استفاده زراعی از حدود ۸۵۰ هکتار از اراضی بایر، آبگیر، شور و سدیمی نوار ساحلی با عملیات تجهیز و نوسازی و احیای اراضی و توسعه آن برای حدود ۳۰ هزار هکتار از این نوع اراضی واقع در استان بوده است. کشت محصولات (جو و گندم) در این منطقه به صورت دیم است، بنابراین زهکش‌ها فقط در اثر بارش باران فعال خواهند شد. همچنین در این طرح برای اولین بار در ایران (در سطح کلان) از پوسته برنج به عنوان پوشش اطراف لوله زهکش استفاده شده است. پوسته برنج از شالیکوبی‌های اطراف محل طرح تهیه شد و سپس به محل طرح منتقل شد. وضعیت قرارگیری و ضخامت پوشش در اطراف لوله زهکش در شکل ۱ آورده شده است. لازم به ذکر است که ضخامت پوسته برنج در زیر لوله زهکش متراکم‌تر از سایر اطراف لوله نصب شده است (مهندسين مشاور نشتاک، ۱۳۸۱).



شکل ۱- وضعیت قرارگیری و ضخامت پوشش پوسته برنج در اطراف لوله زهکش (سانتی‌متر)

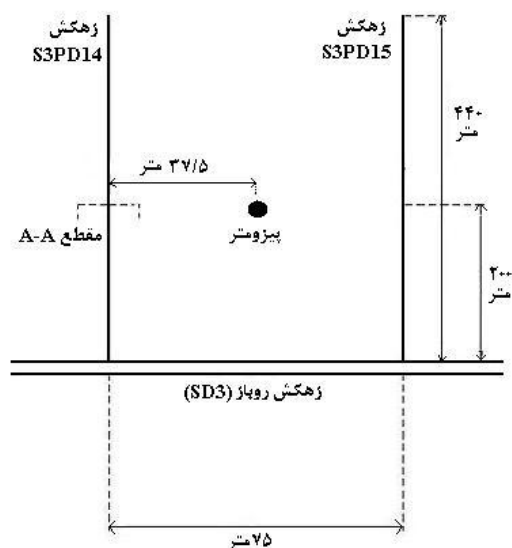
کابوسی (۱۳۸۴) به‌کارگیری پوسته برنج برای پوشش زهکش در شرایط آزمایشگاهی در دو بافت خاک سبک و سنگین را بررسی کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که یکنواخت بودن اندازه ذرات پوسته برنج باعث می‌شود که امکان انسداد آن افزایش یابد و به این دلیل در روش USBR برای طراحی پوشش‌های معدنی، حداقل مقدار ضریب یکنواختی برابر چهار توصیه شده است. وی گفته است که به دلیل قابلیت تراکم پوسته برنج، استفاده از این پوشش به همراه لوله‌های زهکش قابل انعطاف مانند پلی‌اتیلن می‌تواند خطرناک باشد و بهتر است این پوشش به همراه لوله‌های سخت‌تر مانند لوله‌های PVC به‌کار برده شود.

استویت و دیریکس (۲۰۰۶) تحقیقات گذشته را درباره مصالح زهکشی به‌طور گسترده بررسی کردند و اذعان داشتند که امروزه علی‌رغم پیشرفت‌های زیاد، ارزیابی عملکرد مصالح زهکشی با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای بسیار پیچیده است زیرا الگوی جریان نزدیک‌شونده به مقدار زیاد به مصالح زهکشی مورد استفاده، خاک اطراف زهکش و دیگر شرایط محلی بستگی دارد. تفسیر صحیح داده‌های مزرعه‌ای به دانش تخصصی شامل درک کامل الگوی جریان نزدیک‌شونده نیاز دارد.

استان مازندران جزء استان‌هایی است که دارای بیشترین خاک‌های مسأله‌دار (خاک‌های شور و خاک‌های شور باتلاقی) است از این رو احداث زهکش‌های زیرزمینی در این گونه اراضی لازم است (اکرم ۱۳۸۱). از سوی دیگر پوسته برنج به‌عنوان یکی از تولیدات جانبی کارخانه‌های شالیکوبی به‌مقدار فراوان در دسترس است. به‌طوری‌که طبق آمار منتشر شده توسط اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی میزان تولید این ماده در سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰ نزدیک به نیم میلیون تن در کشور است (کابوسی، ۱۳۸۴). با توجه به اینکه در برخی از مناطق از جمله در شمال کشور شن و ماسه لازم برای پوشش دور لوله‌های زهکش در منطقه کم بوده و از طرفی به دلیل وجود اراضی شالیزاری در این مناطق، پوسته برنج به‌مقدار زیاد وجود دارد بنابراین بررسی و در صورت امکان، توسعه استفاده از پوسته برنج به‌عنوان پوشش زهکش ضروری به‌نظر می‌آید.

هدف این تحقیق ارزیابی صحرائی عملکرد هیدرولیکی پوسته برنج به‌عنوان پوشش زهکشی به‌منظور بررسی جریان

است. مساحت اراضی بین دو لاترال ۳/۳ هکتار است. طول لاترال‌ها ۴۴۰ متر، فاصله بین زهکش‌ها ۷۵ متر و قطر لوله‌های زهکش برابر ۱۲۵ میلی‌متر است. عمق زهکش S3PD14 و S3PD15 به ترتیب برابر ۱/۴ و ۱/۵ متر است. یک پیژومتر در وسط فاصله بین دو زهکش S3PD14 و S3PD15 و سایر پیژومترها در کنار دو زهکش مذکور نصب شده است (شکل ۲).



شکل ۲- محل قرارگیری پیژومترها بین دو زهکش S3PD14 و S3PD15

برای نصب دقیق پیژومترها در مجاورت زهکش، شکافی در مسیر زهکش حفر شد و براساس آن یک پیژومتر در داخل لوله، یکی در داخل پوشش (به فاصله ۱۵ سانتی‌متری از لوله) و دیگری در قسمت خارجی پوشش (به فاصله ۴۰ سانتی‌متر از لوله) نصب شد (شکل ۳). عمق پیژومترها تا کف لوله زهکش بود. نصب این سه پیژومتر در مجاورت زهکش بعدی هم انجام شد. پس از تجهیز پیژومترها و فراهم آمدن امکان قرائت سطح ایستابی، نوسانات سطح ایستابی و دبی خروجی زهکش‌ها تقریباً به‌طور روزانه به مدت چهار ماه (آذر، دی، بهمن و اسفند) در سال ۱۳۸۵ ثبت شد.

مطالعات لایه‌بندی خاک نشان داد که بافت خاک در لایه سطحی (شن لومی) سبکتر از لایه‌های عمیق‌تر (رس سیلتی) است. سه نمونه خاک در عمق ۱/۵ متری از سطح زمین برای تعیین نیاز به پوشش در اطراف لوله زهکش برداشته شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از آزمایشات دانه‌بندی و حدود آتبرگ، خاک‌ها در سیستم یونیفاید طبقه‌بندی شد که هر سه نمونه خاک در دسته CL (رس سیلتی) قرار گرفت.

مقدار شوری عصاره اشباع خاک قبل و بعد از فصل بارندگی به ترتیب در محدوده ۳۵/۴-۷۵/۴ و ۸/۸-۶۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر و مقدار نسبت جذب سدیم خاک (SAR) هم به ترتیب در محدوده ۴۵/۸-۷۱/۶ و ۳۵/۹-۷۵/۱ بود که نشان می‌دهد خاک منطقه مورد مطالعه، بیش از حد شور و سدیمی است. میزان شوری خاک بالاتر از حد تحمل گیاهان زراعی از جمله جو است. شوری زه‌آب و نسبت جذب سدیم زه‌آب در طول دوره اندازه‌گیری به ترتیب در محدوده ۱۱۰/۷-۴۷/۶ دسی‌زیمنس بر متر و ۵۸/۶-۸۹/۳ به‌دست آمده است که زیاده‌اشوری و سدیمی بودن پروفیل خاک را تأیید می‌کند.

در طی اجرای این تحقیق، پدیده گل‌آخرا (یکی از مهمترین نوع مشکل گرفتگی پوشش زهکشی) در مزرعه آزمایشی مشاهده نشد. مقدار آهن دو ظرفیتی (Fe^{++}) زه‌آب‌ها در طی دوره اندازه‌گیری هم این مساله را تأیید می‌کند. ممکن است در موقع نصب زهکش‌های لوله‌ای در سال ۱۳۸۱، میزان غلظت Fe^{++} در زه‌آب زیاد بوده و سبب پیدایش رسوب در داخل لوله شده باشد. زیرا شستشوی آهن دو ظرفیتی دو الی سه سال پس از نصب زهکش‌ها به حداکثر می‌رسد و سپس به تدریج کاهش می‌یابد. کم بودن غلظت Fe^{++} در نمونه‌های زه‌آب (کمتر از یک میلی‌گرم در لیتر) به دلیل قلیایی بودن خاک اراضی منطقه طرح است زیرا در خاک‌های قلیایی، آهن دو ظرفیتی نمی‌تواند به‌صورت محلول در آب زیرزمینی وجود داشته باشد به‌عنوان مثال فقدان گل‌آخرا در کشورهای مصر، عراق و پاکستان به دلیل قلیایی بودن محیط خاک‌های آنها گزارش شده است (کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۳).

محل آزمایش تقریباً در مرکز اراضی منطقه طرح بین دو لاترال زهکش S3PD14 و S3PD15 در نظر گرفته شده

$$\alpha_{ap} = W_{ap} \cdot K \quad (۴)$$

و نسبت افت بار جریان نزدیک‌شونده (F_{ap}) از تقسیم افت جریان نزدیک‌شونده به کل افت بار حاصل می‌شود (فائو، ۱۹۷۶):

$$F_{ap} = \frac{h_{ap}}{h_t} \quad (۵)$$

با توجه به داده‌های اندازه‌گیری شده، ضرایب W_{ap} ، α_{ap} و F_{ap} برای دو خط لوله زهکش S3PD14 و S3PD15 محاسبه شده‌اند. مقادیر به‌دست آمده با طبقه‌بندی‌های دیلمن و ترافورد (فائو، ۱۹۷۶) و ریمیدیس و دیریکس (۲۰۰۴) مورد ارزیابی قرار گرفت.

دیلمن و ترافورد (۱۹۷۶) طی تحقیقی، طبقه‌بندی‌هایی را برای «نسبت افت بار جریان نزدیک‌شونده» (جدول ۱) و «مقاومت جریان نزدیک‌شونده» و یا «افت بار جریان نزدیک‌شونده» (جدول ۲) برای ارزیابی عملکرد سیستم زهکشی ارائه کرده‌اند.

جدول ۱- مقادیر نسبت افت بار جریان نزدیک‌شونده به لوله زهکش برای ارزیابی عملکرد سیستم زهکشی (فائو، ۱۹۷۶)

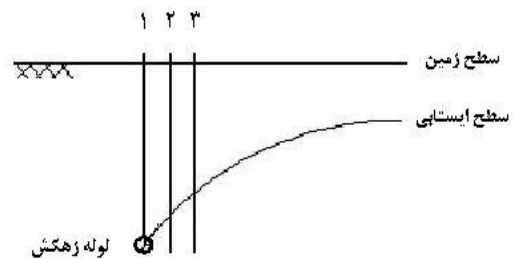
عملکرد خط زهکش	نسبت افت بار جریان نزدیک‌شونده $\frac{h_{ap}}{h_t}$
خوب	کمتر از ۰/۲
متوسط	۰/۲-۰/۴
ضعیف	۰/۴-۰/۶
خیلی ضعیف	بزرگتر از ۰/۶

جدول ۲- مقادیر مقاومت جریان نزدیک‌شونده یا افت بار جریان نزدیک‌شونده به لوله زهکش برای ارزیابی عملکرد سیستم

زهکشی (فائو، ۱۹۷۶)		
عملکرد خط زهکش	مقاومت جریان نزدیک‌شونده	افت بار جریان نزدیک‌شونده
	$W_{ap} (d/m)$	$h_{ap} (m)$
خوب	کمتر از ۰/۷۵	کمتر از ۰/۱۵
متوسط	۰/۷۵-۱/۵	۰/۱۵-۰/۳
ضعیف	۱/۵-۲/۲۵	۰/۳-۰/۴۵
خیلی ضعیف	بزرگتر از ۲/۲۵	بزرگتر از ۰/۴۵

آنها اظهار داشتند که هر دو جدول برای شرایطی که به‌دست آمده معتبر است (عمق زهکش‌ها ۱/۸ متر، فاصله زهکش‌ها

مقطع A-A



- ۱: پیرومتر داخلی زهکش
- ۲: پیرومتر به فاصله ۱۵ سانتیمتری زهکش
- ۳: پیرومتر به فاصله ۴۰ سانتیمتری زهکش

شکل ۳- محل قرارگیری پیرومترها در مجاورت زهکش S3PD14

ارزیابی هیدرولیکی

دبی زهکش همراه با افت جریان نزدیک‌شونده و کل افت بار و سطح آب پیرومترها به‌طور مکرر در دوره اندازه‌گیری ثبت شد. ضرایب هیدرولیکی برای ارزیابی پوشش به قرار زیر است:

کل افت بار (h_t) از اختلاف بار موجود در پیرومتر وسط بین دو زهکش (h_m) با شعاع خارجی لوله زهکش (r_0) تعیین می‌شود:

$$h_t = h_m - r_0 \quad (۱)$$

افت جریان نزدیک‌شونده (h_{ap}) از اختلاف بار موجود در پیرومتر ۴۰ سانتی‌متری از مرکز زهکش (h_v) با شعاع خارجی لوله زهکش تعیین می‌شود (فائو، ۱۹۷۶):

$$h_{ap} = h_v - r_0 \quad (۲)$$

مقاومت جریان نزدیک‌شونده (W_{ap}) برابر نسبت افت جریان نزدیک‌شونده به دبی در واحد طول زهکش (q_i) است (فائو، ۱۹۷۶):

$$W_{ap} = \frac{h_{ap}}{q.L} = \frac{h_{ap}}{q_i} \quad (۳)$$

که L فاصله زهکش‌ها و q ضریب زهکشی است. ثابت جریان نزدیک‌شونده (α_{ap}) از حاصل ضرب مقاومت جریان نزدیک‌شونده در هدایت هیدرولیکی خاک (K) محاسبه می‌شود (ریمیدیس و دیریکس، ۲۰۰۴):

و q_l با توجه به ضریب تعیین (R^2) در ماه‌های مختلف دوره اندازه‌گیری برای دو خط لوله زهکش برازش داده شده است که در جدول‌های ۳ و ۴ آمده است. تعداد داده‌های اندازه‌گیری شده در هر ماه برابر ۲۰ بوده است. رابطه خطی بین h_{ap} و q_l فقط در ماه‌های آذر و بهمن برای زهکش S3PD14 به دست آمده است، اما از تجزیه و تحلیل کل داده‌ها برای هر دو زهکش ملاحظه می‌شود که رابطه نهایی به دست آمده خطی است. معادله لگاریتمی در ماه دی برای زهکش S3PD14 و در ماه‌های آذر و دی برای زهکش S3PD15 حاصل شده است، درحالی‌که معادله توانی در ماه اسفند برای زهکش S3PD14 و در ماه‌های بهمن و اسفند برای زهکش S3PD15 به دست آمده است.

۵۰ متر، عمق سطح ایستابی بعد از یک یا دو روز از آبیاری یک متر و شدت تخلیه در سطح ایستابی ۴ میلی‌متر در روز). برای دیگر شرایط، باید در مقادیر به دست آمده تغییراتی داده شود (فائو، ۱۹۷۶).

نتایج و بحث

بررسی مقاومت جریان نزدیک شونده

مقدار مقاومت جریان نزدیک شونده (W_{ap}) علاوه بر مصالح زهکشی، به شرایط نصب که در واقع نشان‌دهنده هدایت هیدرولیکی ترانشه است هم بستگی دارد. با توجه به معادله ۳، یک رابطه خطی بین دبی و افت بار جریان نزدیک شونده باید وجود داشته باشد و شیب خط برابر با مقاومت جریان نزدیک شونده است. این بدین معنی است که W_{ap} باید ثابت باشد. براساس داده‌های مزرعه‌ای، بهترین معادله بین h_{ap}

جدول ۳- بهترین معادله برازش داده شده بین q_l و h_{ap} و مقادیر محاسبه شده W_{ap} و α_{ap} در زهکش S3PD14

ماه	$q_l - h_{ap}$	R^2	$W_{ap} (day/m)$	α_{ap}
آذر	$h_{ap} = 3.26q_l + 0.66$	۰/۳۹	۳/۲۶	۱/۹۶
دی	$h_{ap} = 0.55 \ln q_l + 2.36$	۰/۵۹	۳/۸۲	۱/۰۹
بهمن	$h_{ap} = 10.02q_l + 0.19$	۰/۳۷	۱۰/۰۲	۶/۰۱
اسفند	$h_{ap} = 25.37q_l^{1.16}$	۰/۵۹	۱۸/۹۲	۱۱/۳۵
کل	$h_{ap} = 7.29q_l + 0.36$	۰/۴۴	۷/۲۹	۴/۳۷

جدول ۴- بهترین معادله برازش داده شده بین q_l و h_{ap} و مقادیر محاسبه شده W_{ap} و α_{ap} در زهکش S3PD15

ماه	$q_l - h_{ap}$	R^2	$W_{ap} (day/m)$	α_{ap}
آذر	$h_{ap} = 0.12 \ln q_l + 0.74$	۰/۵۳	۱/۱۲	۰/۶۷
دی	$h_{ap} = 0.16 \ln q_l + 0.83$	۰/۸۳	۲/۲۲	۱/۳۳
بهمن	$h_{ap} = 0.71q_l^{0.24}$	۰/۳۲	۱/۳۷	۰/۸۲
اسفند	$h_{ap} = 1.17q_l^{0.37}$	۰/۵۱	۲/۵۵	۱/۵۳
کل	$h_{ap} = 2.04q_l + 0.26$	۰/۵۴	۲/۰۴	۱/۲۲

و جایگزین کردن مقدار حداکثر دبی اندازه‌گیری شده (q_{l-max}) تعیین کرد (ریمیدیس و دیریکس، ۲۰۰۴). شیب یا مشتق اول معادلات به دست آمده به قرار زیر است: برای معادله خطی:

$$h_{ap} = aq_l + b \Rightarrow W_{ap} = \frac{dh_{ap}}{dq_l} = a \quad (۶)$$

مقدار W_{ap} برای شرایط جریان نزدیک شونده شعاعی کامل اطراف لوله (یعنی آب از کل محیط لوله زهکش وارد شود) ثابت و حداقل است (ریمیدیس و دیریکس، ۲۰۰۴). تغییرات جریان نزدیک شونده با افزایش دبی کاهش می‌یابد و مقدار W_{ap} در دبی‌های زیاد به مقدار حداقل ثابت میل می‌کند. مقدار W_{ap} را می‌توان از شیب معادله موجود بین q_l و h_{ap}

می‌کند و به این علت پیش‌بینی الگوی جریان مشکل است (استویت، ۲۰۰۷). همچنین الگوی جریان در نزدیکی زهکش در شرایط واقعی کاملاً شعاعی نیست (کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۳).

بررسی ثابت جریان نزدیک شونده

مقادیر بی‌بعد ثابت جریان نزدیک‌شونده (α_{ap}) طبق معادله ۴ از حاصل ضرب هدایت هیدرولیکی خاک در مقاومت جریان نزدیک‌شونده در ماه‌های مختلف محاسبه شد که در جداول ۳ و ۴ به ترتیب برای دو زهکش S3PD14 و S3PD15 ارائه شده است. هدایت هیدرولیکی خاک به روش معکوس (با توجه به داده‌های عمق سطح ایستابی وسط دو زهکش و دبی و رابطه هوخهات) برآورد شد. α_{ap} پارامتر مناسبی برای مقایسه اثر مصالح زهکشی و ترانشه (شرایط نصب) بر عملکرد سیستم زهکشی است. با توجه به تحقیق ریمیدیس و دیریکس (۲۰۰۴)، مقادیر $\alpha_{ap} > 1$ نشانگر ضعیف بودن عملکرد پوشش زهکش است. در این تحقیق برای هر دو زهکش و در همه ماه‌ها مقدار α_{ap} بزرگتر از یک بوده است که نشان از عملکرد ضعیف پوشش پوسته برنج است. براساس این پارامتر عملکرد پوشش پوسته برنج در زهکش S3PD14 ضعیف‌تر از زهکش S3PD15 بوده است.

نسبت افت جریان نزدیک‌شونده

نسبت افت جریان نزدیک‌شونده (F_{ap}) با توجه به معادله ۵ برابر شیب رابطه خطی بین h_{ap} و h_t است. معادلات خطی برازش داده شده بین h_{ap} و h_t برای هر دو زهکش در ماه‌های مختلف در جداول ۵ و ۶ آمده است. اگر مقدار F_{ap} بزرگتر از ۰/۴ باشد نشان از ضعیف بودن عملکرد خط زهکش یا پوشش زهکشی است (فائو، ۱۹۷۶). ریمیدیس و دیریکس (۲۰۰۴)، مقادیر F_{ap} در زهکش S3PD14 در همه ماه‌ها بیشتر از ۰/۴ بوده است که تأکیدی است بر ضعیف بودن عملکرد پوشش، درحالی‌که مقادیر F_{ap} در زهکش S3PD15 در تمامی ماه‌ها کمتر از ۰/۴ بوده است که براساس استانداردها در رده متوسط از لحاظ عملکرد است.

برای معادله لگاریتمی:

$$h_{ap} = a \ln q_l + b \Rightarrow W_{ap} = \frac{dh_{ap}}{dq_l} = \frac{a}{q_l} \quad (7)$$

برای معادله توانی:

$$h_{ap} = a q_l^b \Rightarrow W_{ap} = \frac{dh_{ap}}{dq_l} = a b q_l^{b-1} \quad (8)$$

مقادیر W_{ap} با توجه به معادلات به دست آمده و مشتق‌گیری از آنها و استفاده از جایگزینی مقدار حداکثر دبی در واحد طول زهکش محاسبه شده است که در جدول‌های ۳ و ۴، مقادیر W_{ap} برای هر دو زهکش مورد مطالعه در ماه‌های مختلف آورده شده است. مقدار W_{ap} مربوط به زهکش S3PD14 در همه ماه‌ها بزرگتر از مقدار این پارامتر در زهکش S3PD15 است، به طوری‌که برای کل چهار ماه اندازه‌گیری داده‌ها، مقدار W_{ap} برای زهکش S3PD14 (۷/۲۹) بیش از سه برابر مقدار این پارامتر در زهکش S3PD15 (۲/۰۴) به دست آمده است.

مقادیر ضریب تعیین برای بهترین معادله بین h_{ap} و q_l در محدوده ۰/۳۲-۰/۸۳ است. کم بودن مقدار R^2 به این دلیل است که الگوی جریان در منطقه هم‌جوار زهکش بسیار پیچیده است، زیرا الگوی جریان نزدیک‌شونده به مقدار زیاد به مصالح زهکشی، خاک اطراف زهکش و دیگر شرایط محلی بستگی دارد و این سبب پراکندگی داده‌ها در شرایط مزرعه می‌شود که برای رسیدن به نتایج بهتر باید طی چندین سال اندازه‌گیری شود (دیریکس، ۲۰۰۷).

با توجه به طبقه‌بندی‌های دیلمن و ترافورد (فائو، ۱۹۷۶)، عملکرد خط زهکش S3PD14 به دلیل اینکه $W_{ap} > 2.25$ است، خیلی ضعیف است درحالی‌که عملکرد خط زهکش S3PD15 براساس این طبقه‌بندی بین متوسط تا ضعیف تشخیص داده شده است. بالا بودن مقاومت جریان نزدیک‌شونده در هر دو خط زهکش ممکن است به دلیل نصب نامناسب پوشش زهکش و لوله، نامناسب بودن پوشش، انسداد پوشش، زیاد بودن مقاومت شعاعی و مقاومت ورودی باشد. برای تفسیر درست این عوامل باید جریان نزدیک‌شونده را به خوبی فهمید. الگوی جریان در منطقه مجاور زهکش بسیار پیچیده است زیرا به دلیل دست خوردگی خاک (در هنگام نصب لوله)، ویژگی‌های فیزیکی غیر همگن دارد و این خواص به طور دائم با زمان تغییر

کرد که اختلاف این دو افت بار زیاد است. این در صورتی است که فاصله دو پیژومتر کم و برابر ۲۵ سانتی‌متر است. مثلاً براساس میانگین کل داده‌ها (جدول ۷) مقدار متوسط h_{ap} برابر ۷۹/۴ و ۴۱/۵ سانتی‌متر به ترتیب برای زهکش S3PD14 و S3PD15 به دست آمده در حالی که مقدار متوسط h_e برای همان زهکش‌ها به ترتیب برابر ۱۸/۵ و ۱۴/۶ سانتی‌متر حاصل شده است. اختلاف بین مقادیر h_e و h_{ap} برای زهکش S3PD14 بیشتر است که تأکیدی بر عملکرد بدتر پوشش این زهکش است.

اختلاف قابل توجه بین مقادیر h_{ap} و h_e نشان از گرفتگی قسمت بیرونی پوشش پوسته برنج است و اختلاف کم نشان از عدم گرفتگی در داخل پوشش است که تجزیه و تحلیل از نمونه‌های صحرایی پوسته برنج این موضوع را تأیید می‌کند. گرفتگی قسمت بیرونی پوشش پوسته برنج را می‌توان به دلیل یکنواخت بودن آن (ضریب یکنواختی پوشش پوسته برنج برابر ۲/۲ به دست آمده است (ابراهیمیان، ۱۳۸۶)) دانست، زیرا یکنواخت بودن پوشش باعث جلوگیری از عبور ذرات خاک می‌شود و امکان انسداد پوشش را افزایش می‌دهد و به این دلیل، در روش USBR برای طراحی پوشش‌های معدنی حداقل مقدار ضریب یکنواختی برابر چهار توصیه شده است (کابوسی، ۱۳۸۴).

جدول ۷- متوسط مقادیر h_e و h_{ap} در دو خط زهکش در ماه‌های مختلف دوره اندازه‌گیری

S3PD15		S3PD14		$h_t (cm)$	ماه
$h_e (cm)$	$h_{ap} (cm)$	$h_e (cm)$	$h_{ap} (cm)$		
۱۵/۱	۴۴/۱	۲۰/۶	۹۳/۰	۱۲۷/۶	آذر
۱۵/۰	۴۰/۹	۱۹/۵	۸۰/۱	۱۲۲/۲	دی
۱۳/۷	۳۸/۶	۱۶/۱	۶۶/۹	۱۱۴/۹	بهمن
۱۴/۶	۴۲/۱	۱۷/۹	۷۷/۰	۱۲۱/۳	اسفند
۱۴/۶	۴۱/۵	۱۸/۵	۷۹/۴	۱۲۱/۶	کل

پوشش آلی یکی از علت‌های عملکرد نسبتاً ضعیف زهکش‌های مزرعه مورد مطالعه است. گرفتگی پوشش علاوه بر اینکه سبب افزایش افت بار جریان نزدیک‌شونده شد، موجب کاهش دبی ورودی به لوله زهکش نیز شد. زیرا شدت تخلیه اندازه‌گیری شده تقریباً در طول دوره همواره کمتر از ضریب زهکشی طرح بوده است که در

جدول ۵- بهترین معادله خطی برازش داده شده بین h_t و h_{ap}

و مقادیر محاسبه شده F_{ap} در زهکش S3PD14

ماه	R^2	$h_t - h_{ap}$	F_{ap}
آذر	۰/۶۲	$h_{ap} = 0.717h_t$	۰/۷۲
دی	۰/۳۹	$h_{ap} = 0.643h_t$	۰/۶۴
بهمن	۰/۲۷	$h_{ap} = 0.564h_t$	۰/۵۶
اسفند	۰/۳۲	$h_{ap} = 0.621h_t$	۰/۶۲
کل	۰/۴۱	$h_{ap} = 0.642h_t$	۰/۶۴

جدول ۶- بهترین معادله خطی برازش داده شده بین h_t و h_{ap}

و مقادیر محاسبه شده F_{ap} در زهکش S3PD15

ماه	R^2	$h_t - h_{ap}$	F_{ap}
آذر	۰/۵۷	$h_{ap} = 0.314h_t$	۰/۳۱
دی	۰/۶۹	$h_{ap} = 0.300h_t$	۰/۳۰
بهمن	۰/۵۱	$h_{ap} = 0.298h_t$	۰/۳۰
اسفند	۰/۳۸	$h_{ap} = 0.312h_t$	۰/۳۱
کل	۰/۶۱	$h_{ap} = 0.307h_t$	۰/۳۱

افت بار جریان نزدیک‌شونده و افت بار جریان ورودی از مقایسه افت بار جریان نزدیک‌شونده (h_{ap}) و افت بار جریان ورودی (h_e) (بار موجود در پیژومتری که به فاصله ۱۵ سانتی‌متری از زهکش قرار گرفته بود) می‌توان مشاهده

با اندازه‌گیری‌هایی که از میزان ماده آلی نمونه‌های پوشش پوسته برنج انجام شد مشخص شد که تجزیه پوسته برنج به دلیل هوازی شدن محیط خاک اطراف لوله زهکش (به‌خصوص در فصول گرم) بسیار شدید است به طوری که عمر مفید پوسته برنج در این منطقه حدود ۷/۵ سال تخمین زده شد (ابراهیمیان، ۱۳۸۶). تخریب پوسته برنج به‌عنوان

بهشهر). پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده آب و خاک، دانشگاه تهران.

۲- اکرم م. ۱۳۸۱. مسایل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی زیرزمینی در ایران. مجموعه مقالات نگرشی بر مسائل و مشکلات مطالعات و اجرای زهکشی زیرزمینی در ایران. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، نشریه شماره ۵۹، ۲۳ صفحه.

۳- کابوسی ک. ۱۳۸۴. بررسی پوسته برنج به منظور پوشش زهکشی لوله‌ای زیرزمینی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه تهران، ۹۲ صفحه.

۴- کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳۸۳. مواد و مصالح سامانه‌های زهکشی زیرزمینی. نشریه شماره ۸۱. ۲۵۰ صفحه.

۵- مهندسین مشاور نشتاک. ۱۳۸۱. طرح تجهیز و نوسازی اراضی شرکت ران بهشهر. مطالعات مرحله دوم. گزارش نهایی. ۲۲۴ صفحه.

- 6- Dierickx W. 2007. Personal communication.
- 7- F.A.O. 1976. Drainage testing. FAO. Irrigation and Drainage paper. No. 28. Rome.
- 8- Rimidis A. and Dierickx W. 2003. Evaluation of subsurface drainage performance in Lithuania. *Agricultural Water Management* 59:15-31.
- 9- Rimidis A. and Dierickx W. 2004. Field research on the performance of various drainage materials in Lithuania. *Agricultural Water Management* 68:151-175.
- 10- Stuyt L.C.P.M. and Dierickx W. 2006. Design and performance of materials for subsurface drainage systems in agriculture. *Agricultural Water Management* 86:50-59.
- 11- Stuyt L.C.P.M. 2007. Personal communication.
- 12- Wesseling J. 1973. The entrance resistance of drain as a factor in design. *Proceeding of International Drainage Workshop. Institute of Land Reclamation and Improvement (ILRI). Wageningen. Netherlands.* 354-365.

اثر آن، جریان آب فقط وارد قسمتی از اطراف لوله زهکش می‌شد که براساس معادله ۳ مقدار مقاومت جریان نزدیک‌شونده (W_{ap}) به شدت افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری

با ارزیابی عملکرد هیدرولیکی پوشش پوسته برنج در سیستم زهکشی زیرزمینی شرکت ران بهشهر مشخص شد که مقادیر مقاومت جریان نزدیک‌شونده (W_{ap})، ثابت جریان نزدیک‌شونده (α_{ap}) و نسبت افت جریان نزدیک‌شونده (F_{ap}) برای زهکش S3PD14 در تمامی موارد بیشتر از این مقادیر در زهکش S3PD15 بوده است که نشان از از ضعیف بودن عملکرد خط زهکش S3PD14 نسبت به S3PD15 است. براساس طبقه‌بندی‌ها، عملکرد پوشش زهکش S3PD14 خیلی ضعیف است، درحالی‌که عملکرد پوشش زهکش S3PD15 بین ضعیف تا متوسط تشخیص داده شد. تفاوت عملکرد دو زهکش مورد بررسی می‌تواند ناشی از متفاوت بودن شرایط نصب پوشش و لوله زهکش (کیفیت کار و رطوبت کلی)، گرفتگی پوشش و متغیر بودن خصوصیات فیزیکی خاک اطراف لوله باشد. همچنین شکل معادلات به دلیل تفاوت میزان بارندگی در ماه‌های مختلف متفاوت بوده است. تجزیه شدن پوسته برنج (به‌عنوان پوشش آلی) یکی از علت‌های محتمل بد عمل کردن زهکش‌ها است، زیرا تجزیه شدن پوسته برنج به مرور زمان، سبب کاهش کارایی آن می‌شود. اختلاف قابل توجه بین مقادیر افت بار جریان نزدیک‌شونده (h_{ap}) و افت بار جریان ورودی (h_e) نشان داد که گرفتگی در قسمت بیرونی پوشش پوسته برنج وجود داشته است.

سپاسگزاری

به این‌وسیله از قطب علمی ارزیابی و بهسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، معاونت پژوهشی دانشگاه تهران و شرکت کشاورزی و دامپروری ران بهشهر که امکان انجام این تحقیق را فراهم کردند کمال تشکر را می‌نماید.

منابع

- ۱- ابراهیمیان ح. ۱۳۸۶. ارزیابی عملکرد سیستم زهکشی زیرزمینی با پوشش پوسته برنج (مطالعه موردی):