نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد۸، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۳، ص. ۱۹۶-۱۸۷

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 8, Mar-Apr 2014, p. 187-196

بررسی آزمایشگاهی اثر کاهش عمق نصب زهکش بر بهبود شوری زهاب و مقایسه نتایج با ستاده‌های SEEP/W

عباس ستوده نیا[1*]، فهیمه رضی[2]، و پیمان دانش کار آراسته[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۱

چکیده

اصلاح اراضی شور و سدیمی به دلیل عدم زهکشی طبیعی نیازمند توسعه سامانه زهکش های مصنوعی زیرزمینی است. عمق نصب زهکش‌ها یکی از چالش های مهم در طراحی و اجرای شبکه های زهکشی است. نصب زهکش‌های عمیق موجب افزایش حجم آب ورودی به داخل آن‌ها و کاهش کیفیت زهاب خروجی می‌گردد. از طرفی زهکش‌های عمیق نیمرخ بزرگتری از خاک را شسته و نمک‌های محبوس در اعماق خاک را همراه با زهاب وارد تخلیه گاه نهایی می‌نمایند. در این مطالعه یافتن عمق بهینه نصب زهکش‌ها برای کاهش حجم زهاب و بهبود شوری آن مدنظر بوده است. برای این منظور از یک مدل آزمایشگاهی و یک مدل عددی بهره گرفته شد. زهکش‌ها در اعماق ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۸۵ متری در یک تانک شن حاوی سه لایه خاک رس سیلتی با شوری اولیه به ترتیب از بالا ۱۲/۷، ۳۱/۲ و ۶۷/۵ دسی زیمنس بر متر نصب شده و کمیت و شوری آب خروجی مورد بررسی قرار گرفت. مدل آزمایشگاهی ساخته شده، توسط نرم‌افزار SEEP/W شبیه‌سازی شد و نتایج نشان داد که با افزایش عمق نصب زهکش‌ها، نیمرخ بزرگتری از خاک شسته شده و خطوط جریان تا عمق بیشتری در خاک پایین رفته و سپس به سمت زهکش‌ها جریان می‌یابند. علاوه بر آن دبی خروجی از لوله‌های زهکش نیز توسط نرم‌افزار محاسبه شد. بیشترین شوری خارج شده از سه عمق به ترتیب برابر با ۴۳/۱، ۵۵/۶ و ۱۳۱/۸ دسی زیمنس بر متر و دبی خروجی از سه عمق نیز برابر با ۲۴، ۴۶ و ۵۴ میلی متر بر روز به دست آمد. نتایج نشان داد که با افزایش عمق، دبی خروجی نیز افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاهش عمق نصب زهکش‌ها موجب بهبود شوری آب خروجی و کاهش حجم آن می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: زهکشی زیرزمینی، شوری زهاب، عمق نصب زهکش، مدل آزمایشگاهی، SEEP/W

مقدمه

شبکه‌های زهکشی موجب کنترل شوری و احیای اراضی می‌شوند اما اثرات ناخواسته زیست‌محیطی که به همراه دارند در سال‌های اخیر تبدیل به چالشی بزرگ در مناطق دارای شبکه‌های زهکشی شده است. زهاب، املاح و عناصر محلولی که درخاک یافت می‌شود را همراه خود به خارج منطقه ریشه منتقل می‌کنند. به بیان دیگر، حرکت جبهه رطوبتی در خاک علاوه بر انتقال آب،املاح محلول را نیز با خود حمل می‌کند. جمع‌آوری زهاب حاصل از نفوذ عمقی آب آبیاری، بارندگی و یا آبشویی جزء مقدماتی یک طرح زهکشی به شمار می‌آید(آذری و همکاران،۱۳۸۱). مسئله مهم دیگر، رهایی از زهابی است که غلظت املاح در آن می‌تواند تا چندین برابر غلظت آب آبیاری باشد. از آنجا که تخلیه گاه نهایی زهکش‌ها معمولا رودخانه‌ها، تالاب‌ها، حوضچه‌های تبخیری و یا دریاها هستند که تعدادی از آنها زیستگاه موجودات زنده بسیاری به شمار می‌آیند، تأثیر کیفیت زهاب تخلیه شده بر حیات این موجودات زنده می‌باید مورد توجه قرار گیرد. حال اگر این رودخانه‌ها تأمین کننده آب شرب و یا کشاورزی باشند مسائل اجتماعی نیز طرح های زهکشی را تحت تأثیر قرار خواهد داد. بنابراین، کشاورزی پایدار جز با رعایت مسائل زیست‌محیطی در پروژه های زهکشی امکان پذیر نمی‌باشد.

مشکلات ذکر شده زمانی تشدید خواهند شد که زهکش‌های عمیق در شبکه‌های زهکشی به کار روند. علت این امر را می‌توان اینگونه بیان داشت: در نواحی خشک که کیفیت آب زیرزمینی کم عمق با افزایش عمق کاهش می‌یابد نصب زهکش‌های عمیق موجب کاهش کیفیت زهاب خروجی می‌گردد. از طرفی لایه‌های زیرین خاک به دلیل آبشویی طبیعی و انتقال املاح طی سالیان دراز، در بسیاری

۱- استادیار دانشگاه بین‌المللی امام‌خمینی(ره)، قزوین، بلوار دانشگاه امام‌خمینی (ره)
۲- کارشناس‌ارشد آبیاری و زهکشی، قزوین، بلوار دانشگاه امام‌خمینی (ره)،
۳- استادیار دانشگاه بین‌المللی امام‌خمینی(ره)، قزوین، بلوار دانشگاه امام‌خمینی (ره)،
(* - نویسنده مسئول: Email: absotoodehniako@yahoo.com)

موارد شورتر از لایه‌های بالایی می‌باشند وغلظت املاح در آن‌ها به مراتب بیشتر از لایه‌های بالایی است. حال با نصب زهکش‌های عمیق نیمرخ بزرگتری از خاک شسته شده و نمک‌های محبوس در اعماق خاک همراه با زهاب خارج شده و وارد منابع آب پایین دست می‌گردند. طراحی و مدیریت شبکه‌های زهکشی باید به گونه‌ای باشد که حجم زهاب و غلظت آلاینده‌ها و بویژه نمک‌ها در آن به حداقل برسد. کاهش عمق و فاصله زهکش‌ها، مدیریت سطح ایستابی، جلوگیری از خروج زهاب در دوره‌های زمانی مشخص و تعیین مناطقی که بیشترین سهم آلودگی را دارند، از جمله اقداماتی است که می‌تواند اهداف گفته شده را تا اندازه‌ای برآورده ساخته و اصول مربوط به حفاظت از محیط زیست را رعایت نماید. از بین راه حل های ارائه شده، در این مطالعه به بررسی تأثیر کاهش عمق نصب زهکش‌ها در بهبود کیفیت آب خروجی پرداخته شده است. چرا که با نصب زهکش‌های عمیق، طول و عمق مسیر خطوط جریان افزایش یافته و این زهکش‌ها املاحی را که برای سالیان طولانی در لایه‌های آبدار باقی مانده است و یا مربوط به نواحی خارج از مرزهای مزرعه درحال زهکشی می‌باشد جمع‌آوری می‌کنند. اسمیدما به بررسی اثر زهکش‌های عمیق بر کنترل شوری و ماندابی در مناطق خشک و نیمه خشک پرداخت و اثرات منفی زهکش‌های عمیق نسبت به زهکش‌های کم عمق را مورد بررسی قرار داد. نتایج حاکی از آن است که نصب زهکش‌های عمیق نه تنها کمکی به کنترل شوری و ماندابی بودن اراضی نکرده بلکه اثرات مضر زیست‌محیطی هم به دنبال داشته است. در واقع وی در این مطالعه معیارهای طراحی (عمق نصب زیاد نسبت به عمق کم) را با هم مقایسه کرد. بررسی عمق متوسط نصب زهکش‌ها برای مناطق مرطوب، نیمه خشک و خشک و برای کشورهای مختلف نشان داد عمق نصب از یک متر در مناطق مرطوب تا بیش از ۳ متر در مناطق خشک متغیر است. در مناطق خشک، عمق زهکش‌ها از ۱/۵ متر در مصر تا ۲/۵-۳ متر در آسیای مرکزی متغیر می‌باشد. از دیگر نتایج این تحقیق، می‌توان به تأثیر مثبت زهکش های کم عمق نسبت به زهکش های عمیق در شرایط خشکسالی اشاره نمود. برای حالت زهکشی آزاد(معمولی) زهکشی تا زمانی که سطح آب به عمق نصب زهکش برسد متوقف نمی‌شود بنابراین مدت زمانی که زهکش عمیق زهاب را از خاک خارج می کند بیش از زمانی است که زهکش کم عمق کار می کند و همچنین زهکش عمیق بیش از حد مورد نیاز زهکشی انجام می‌دهد(عمیق تر از منطقه توسعه ریشه) و در صورتی که خطر بازگشت شوری وجود نداشته باشد این نفعی برای گیاه نخواهد داشت (بیش زهکشی). زهکش‌های عمیق نمک بیشتری را هم در خاک جا به جا می‌کنند (از اعماق بیشتر). این نه تنها نفعی برای گیاه ندارد بلکه منابع آب پایین دست (رودخانه ها و دریاچه ها و ...) را هم آلوده می‌کند و امکان استفاده مجدد از زهاب را هم کاهش می‌دهد.(Smedema, 2007)

نتایج بررسی اسمیدما با استفاده از مدل درین مود [1] در پاکستان نشان داد که افزایش عمق زهکش از ۱ تا ۱/۵ متر در حالتی که فاصله زهکش‌ها در حد استاندارد باشد، موجب افزایش محصول شده و افزایش بیشترعمق، تاثیری در افزایش محصول ندارد. همچنین هزینه نصب زهکش‌های عمیق بیشتر از زهکش‌های کم عمق بوده است(Smedema, 2007). اسمیدما دراین بررسی مشاهده نمود که ۳۰ درصد اختلاف قیمت برای عمق ۱/۵ و ۲ متر وجود دارد. از طرفی زهکش‌های کم عمق در خروجی نهایی، زهاب را با نیروی ثقل تخلیه می‌کنند در حالیکه برای تخلیه زهاب از زهکش‌های عمیق نیاز به پمپاژ آن وجود دارد. ساین و همکاران با استفاده از مدل درین مود اعماق مختلف زهکش را شبیه‌سازی کرده و تاثیر آن را بر شدت زهکشی بررسی نمودند. آنها معتقدند که علاوه بر عمق و فاصله زهکش‌ها عوامل دیگری از قبیل هدایت هیدرولیکی خاک، عمق لایه غیر قابل نفوذ زیر زهکش، شعاع مؤثر زهکشی، اندازه و نوع زهکش‌ها و پوشش دور لوله نیز در شدت زهکشی مؤثر می‌باشد. آنها دریافتند که کاهش عمق زهکش‌ها تعداد روزهایی را که سطح ایستابی در عمقی کمتر از ۰/۳ متر قرار دارد افزایش می‌دهد(Singh, et al., 2007). نظری و همکاران(۱۳۸۷) در مطالعه‌ای که در اراضی کشت و صنعت نیشکر واحد امیر کبیر در خوزستان انجام شد با استفاده از مدل درین مود-اس [2] به بررسی اثر عمق نصب زهکش بر عملکرد محصول نیشکر و نیز کیفیت آب خروجی و مسائل زیست‌محیطی ناشی از دفع زهاب پرداختند. آن‌ها با تلفیق پیامدهای اقتصادی و زیست محیطی، عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی را در قالب مفهوم بهره وری زیست‌محیطی آب، به صورت بهینه تعیین نمودند. نتایج شبیه‌سازی با مدل نشان داد که از عمق ۱ تا ۱/۵ متر با افزایش عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی، عملکرد نیشکر افزایش یافته در حالیکه با افزایش عمق از ۱/۵ تا ۱/۷۵ متر عملکرد نیشکر تغییر چندانی نداشته است. از عمق ۱/۸ تا ۲/۱ متری هم باعث افزایش عملکرد شده است. در این مطالعه رابطه بین عمق نصب زهکش و بهره وری آب نیز به دست آمد. با افزایش عمق از ۱ تا ۱/۵ متر، بهره وری آب افزایش و پس از آن کاهش یافته است. طبق نتایج مدل، با افزایش عمق از ۱ تا ۲/۱ متر، تخلیه سالانه نمک از زهکش‌ها از ۶۷/۴ تن بر هکتار به ۱۰۲/۵ تن بر هکتار افزایش یافت. نتیجه نهایی حاکی از آن بود که عمق بهینه نصب زهکش‌ها از لحاظ اقتصادی(عملکرد نیشکر) و زیست‌محیطی(بار نمک زهاب) برابر با ۱/۵ مترمی‌باشد. اوستربان و ابوسنا در مطالعه‌ای که در مصر انجام دادند از مدل سلت مود [3] برای بررسی اثرات زهکش‌های عمیق و سطح ایستابی عمیق (درحدود

1- Drainmod
2- Drainmod-S
3- Saltmod

متوسط فصلی ۰/۸ متر) برای کنترل شوری استفاده کردند. نتایج تحقیق آن ها نشان داد که سطح ایستابی از سیستم‌های زهکشی عمیق تر تاثیر می‌پذیرد چرا که هدایت هیدرولیکی با عمق متغیر است. با افزایش عمق سطح ایستابی، اثرات جانبی منفی زهکشی افزایش و راندمان آبیاری کاهش می‌یابد(Oosterbaan. 1990). وسولو و همکاران در مطالعه‌ای که در منطقه‌ای درهندوستان انجام شد با استفاده از مدل سلت مود و واسنجی مدل با داده‌های جمع آوری شده از منطقه مورد مطالعه طی ۲ سال، شوری و سطح ایستابی را مورد بررسی قراردادند. در این بررسی آنالیز حساسیت با مطالعه بر روی تاثیر اعماق مختلف نصب زهکش، فواصل مختلف و مقدار آب آبیاری بر شوری منطقه ریشه و رقوم سطح ایستابی انجام گرفت. نتایج نشان داد که افزایش عمق زهکش از ۱ تا ۱/۴ متر تاثیر مثبتی در کاهش شوری منطقه ریشه نداشته است. علاوه بر آن ۸۰ درصد آب آبیاری برای کاهش میزان شوری و رفع مشکل ماندابی کافی بوده است و مقدار شوری از ۱۱ به ۴ تا ۵ دسی‌زیمنس بر متر در طی ۲ تا ۴ سال کاهش خواهد یافت(Vasulu, et al., 2004). نتایج شبیه‌سازی با مدل و نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری های صحرایی مطابقت خوبی نشان دادند. زهکش‌ها در این مطالعه در عمق ۱ متری بود و با مدل اعماق ۰/۶، ۰/۸ ، ۱/۲ و ۱/۴ متر نیز شبیه‌سازی شد. با افزایش عمق زهکش‌ها شوری منطقه ریشه کاهش یافت اما افزایش عمق به بیش از یک متر تاثیر مثبتی بر جای نگذاشت. بهسسی و همکاران مدل سلت مود را برای دلتای رود نیل به کار بردند. آنها در ارزیابی خود دریافتند که افزایش عمق زهکش به بیش از ۱/۲ متر تأثیری در کاهش نمک های منطقه ریشه ندارد. علاوه بر آن کاهش عمق زهکش موجب راحتی نصب و کاهش هزینه، ذخیره آب آبیاری، کاهش دبی زهکش، کاهش قطر زهکش و نیز کاهش طول آن می‌شود (Bahceci, 2006). مندز و همکاران از مدل اداپت [1] برای تعیین تاثیر طراحی زهکش ها بر تعادل آب در خاک طی دو سال در منطقه ای در جنوب مینه سوتا استفاده نمودند. زهکش ها در سه عمق و با ۴ ضریب زهکشی به کار برده شدند. رواناب سطحی فصلی، دبی زهکشی، EC و عمق سطح ایستابی برای ۲ سال و ۱۲ سناریوی مختلف زهکشی با سه عمق و ۴ ضریب زهکشی موجود شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد در یک ضریب زهکشی ثابت، زهکش کم عمق تر حجم زهاب کمتر، رواناب و EC زهاب کمتری نسبت به زهکش عمیق‌تر تولید می‌کند. الگوی رواناب سطحی فصلی، دبی زهکشی و EC برای هر ۱۲ سناریو تقریبا شبیه به هم بود. زهکش کم عمق نسبت به زهکش عمیق دبی زهکش را ۲۱ درصد در فصل بهار کاهش داد. اما میزان رواناب سطحی بهاره ۳۱ درصد افزایش داشت. نتایج شبیه‌سازی در ۲ سال حاکی از آن است که نصب زهکش‌ها در عمق ۱/۵ متر و با فاصله ۲۳/۷ متر کمترین حجم زهاب را تولید کرده و خطر استرس آب اضافی هم ریشه گیاه را تهدید نمی‌کند (Mendez, 2004).اصلانی و همکاران (۱۳۸۹)در مطالعه‌ای اثر نصب لوله‌های زهکشی در اعماق مختلف و با فواصل مختلف بر کیفیت زهاب در شرایط ماندگار و غیر ماندگار را با استفاده از مدل آزمایشگاهی و مدل عددی ویژوال مادفلو[2] بررسی نمودند. برای انجام آزمایش‌ها از ۱۸ موقعیت استقرار لوله‌های زهکش که ترکیبی از ۶ عمق و ۳ فاصله بود استفاده کردند. پس از انجام آزمایش‌ها و شبیه‌سازی با مدل عددی و واسنجی مدل توانستند رابطه ای بین پارامترهای طراحی و EC آب آبیاری یا بارندگی و آب خروجی به دست آورند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که با افزایش عمق نصب زهکش‌ها بر مقدار هدایت الکتریکی زهاب، مقدار TDS، ضریب زهکشی و مقدار نیتروژن خارج شده افزوده می‌شود. بدین ترتیب تحقیقات حاکی از تأثیر مثبت کاهش عمق زهکش بر حجم و کیفیت آب خروجی است. در مطالعه حاضر برای بررسی تأثیر کاهش عمق زهکش‌ها بر حجم زهاب و نحوه حرکت نمک ها با بررسی خطوط جریان، از مدل عددی سیپ-دبلیو[3] برای شبیه سازی سه عمق مختلف نصب زهکش و مقایسه آن ها، توام با مدلسازی آزمایشگاهی استفاده شده است.

مواد و روش ها

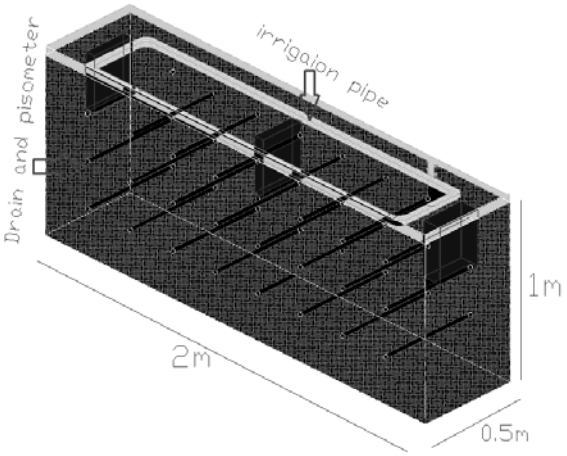
در تحقیق حاضر برای شبیه سازی جریان در واحد عرض مزرعه به صورت آزمایشگاهی در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) از یک محفظه مکعب مستطیلی شکل به طول دو متر، عرض نیم متر و ارتفاع یک متر استفاده شد. در دیواره پشتی محفظه سه ردیف دوتایی سوراخ در اعماق ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۸۵ متری و با فواصل یک متری از هم ایجاد گردید. این سوراخ ها محل نصب لوله های زهکش می‌باشد. خاک مورد استفاده با توجه به نوع خاک موجود در منطقه مورد مطالعه(خوزستان) از جنس رس لایدار انتخاب شد. با توجه به ابعاد محفظه به صورت عملی تنها استفاده از سه لایه خاک امکان‌پذیر بود. بنابراین، از سه لایه، هر یک به ارتفاع تقریبی ۰/۳ متر با ضریب تراکم به ترتیب از بالا برابر با ۰/۹۷، ۰/۹۶ و ۰/۹۵ استفاده شد به طوری که لوله‌های زهکشی در مرکز لایه‌های خاک قرار گیرند. سه لایه خاک به ترتیب از بالا دارای شوری‌هایی برابر با ۱۲/۷، ۳۱/۲ و ۶۷/۵ دسی زیمنس بر متر بودند. به دلیل تفاوت در تراکم و مقدار شوری، هدایت هیدرولیکی سه لایه متفاوت و به ترتیب از بالا برابر با ۰/۱۶، ۰/۱۸ و ۰/۲ متر بر روز بود. از لوله‌هایی گالوانیزه سوراخدار، به قطر ۰/۰۲۱ متر و به طول ۰/۴۵ متر به عنوان زهکش

1- ADAPT

2- Visual Modflow

3- SEEP/W

استفاده شد. برای جلوگیری از گرفتگی سوراخ‌های لوله، از یک تـوری پارچه‌ای که درون آن با یک سانتی متر ماسه پر شده بود به عنـوان پوشش دور لوله استفاده گردید. به این ترتیب مجموع قطر لوله و فیلتر به سه سانتی‌متر رسید. برای تعیین موقعیت سطح ایستابی بـه منظـور بررسی عملکرد زهکش‌ها از مجموعه ای از پیزومترها استفاده شد که روی تابلویی در پشت محفظـه نـصب شـده بودنـد. متوسـط هـدایت الکتریکی آب آبیاری برابر با یک و نیم دسـی زیمـنس بـر متـر بـود. مخازن آب در ارتفاع ۰/۷ متری از سطح خاک و در نزدیکـی محفظـه قرار داده شد. برای بررسی تـاثیر عمـق بـر کمیـت و کیفیـت زهـاب خروجی، سه آزمایش در سه عمق انجام شد. قبـل از شـروع آزمـایش، لایه‌های خاک موجود در محفظه به صورت جداگانه و به آرامی از کف هر لایه با استفاده از آب آبیاری اشـباع شـدند. پـس از اشـباع کـردن لایه‌های خاک اثر عمق نصب زهکش بر کیفیـت آب خروجـی مـورد بررسی قرار گرفت. در هر آزمایش دو زهکش که به فاصله یک متر از هم قرار داشتند شروع به تخلیه زهـاب نمـوده و دبـی آب خروجـی از زهکش‌ها اندازه‌گیری شد. زمانی که دبی به حد ثابتی رسید و دبی آب ورودی با دبی خروجی برابر گردید، جریان ماندگار در نظر گرفته شـد. با ماندگار شدن جریان، نمونه‌گیری از آب خروجی از زهکش‌هـا آغـاز شد. قرائت همزمانEC به ایـن منظـور انجـام شـد کـه زمـان پایـان آزمایش مشخص گردد چرا که زمـان پایـان آزمـایش زمـانی در نظـر گرفته شده بود که مقدارEC به بیشترین مقـدار خـود رسـیده و در آن حد ثابت شود.



شکل۱- شمایی از مدل آزمایشگاهی

فاصله زمانی بین دو نمونه گیری یک ساعت بود. فـرض بـر ایـن بود که زمانی که اختلاف EC دو نمونه پیاپی به کمتر از پـنج درصـد رسید مقدار EC ثابت شده و به عنوان پایان آزمایش تلقی گردد. ورود آب به جعبه، از بالا و از طریق لوله آبیاری سوراخ دار کـه روی خـاک قرار گرفته بود به صورت یکنواخت صورت گرفت. شکل (۱) مجموعه مدل آزمایشگاهی و طرح نمادین آن را نشان می دهد.

مدل عددی مورد استفاده در این مطالعه برای شبیه سـازی مـدل آزمایشگاهی، نرم افزارSEEP/W بود. مدل SEEP/W نـرم‌افـزاری برای شبیه سازی مسائل دو بعدی نشت است که برای آنالیز نشت آب زیرزمینی، فشار آب منفذی اضافی و مشکلات مربوط به آن در محیط های متخلخل مثـل خـاک و سـنگ از روش المـان محـدود اسـتفاده می‌کند. این نرم‌افزار بـرای آنـالیز و طراحـی در ژئوتکنیـک، عمـران، هیدروژئولوژی و مهندسی معدن استفاده می‌شود. البته می‌توان از ایـن نرم‌افزار برای شبیه‌سازی نفوذ آب آبیاری و بارندگی در خاک و حرکت آن به سمت زهکش‌ها برای بررسی مسیرحرکت آب درنیمرخ خاک یا هر جریانی در محیط متخلخل از نوع دارسی نیز استفاده کرد. نرم افزار این امکان را فراهم کرده که مـدل مفهـومی بـا دقـت مناسـب و بـه سادگی تعریف شود و شرایط اولیه و مرزی در مکان خود قـرار گیرنـد. علاوه بر آن می‌باید مواد سازنده مسئله مـورد نظـر بـه طـور کامـل معرفی شده و خصوصیات و ویژگی‌های آن بـه نـرم افـزار داده شـود. اطلاعات موردنیاز برای استفاده از این مـدل؛ شـکل هندسـی مـسئله، مواد تشکیل دهنده خاک(شن، سیلت، رس)، شرایط مرزی و اولیه(بـار آبی، فشارو...)می‌باشد. آنالیز مسائل نشت در این مدل می‌تواند در هـر دو حالت اشباع و غیر اشباع انجـام شـود. ایـن مـدل جریـان را در دو حالت مانـدگار و غیرمانـدگار شـبیه سـازی و آنـالیز مـی‌کنـد. مـدل SEEP/W از روش‌های تکراری برای حل معادلات خطی وغیر خطی المان محدود نوع گالرکین در شـرایط مانـدگار و غیـر مانـدگار و نیـز جریان آزاد و تحت فشار استفاده مـی‌کنـد. مـدل SEEP/W خطـوط جریان را در طول شبکه‌بندی که انجام می‌دهد ترسیم می‌کند. پس از تعریف مدل مفهومی، شـبکه بنـدی انجـام شـده و بـا انتخـاب روش مناسب، آنالیز انجام می‌گیرد. مدل پس از شبکه بندی و آنالیز، نتایج را در قالب شکل ها، گراف ها و جدول ها به نمـایش مـی‌گـذارد. نتـایج حاصل از آنالیز شامل: بارآبی، فشار، گرادیان سرعت، خطـوط جریـان، خطوط تراز سطحی، قابلیت هدایت هیدرولیکی و دبی نشت می‌باشـد. معادله دیفرانسیل حاکم در آنالیز نشت در ایـن نـرم افـزار کـه همـان معادله ریچاردز می باشد به شکل معادله (۱) است:

$$H = \frac{u_w}{\gamma_w} + y \qquad (۱)$$

اجزای این معادله بار آبـی کـل(H)، هـدایت هیـدرولیکی در دو جهت(K_x,K_y)، دبـی (Q)، ظرفیـت رطوبـت حجمـی(Θ) و زمـان(t) می‌باشند. این معادله نشان می‌دهد مقدار آبی کـه در یـک نقطـه و در طول زمان وارد المان شده و از آن خارج مـی‌شـود برابـر بـا تغییـرات ظرفیت رطوبت حجمی می‌باشد. در شرایط ماندگار مقدار جریـان وارد شده و خارج شده از المان در همه‌ی زمان‌ها برابر است بنابراین طـرف راست معادله صفر شده و به شکل معادله (۲) تبدیل می شود.

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x\frac{\partial H}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(k_y\frac{\partial H}{\partial y}\right)+Q=0 \qquad (۲)$$

تغییرات ظرفیت رطوبت حجمی بستگی به خصوصیات خاک و تغییرات مکش در خاک دارد. مدل برای شرایط تنش ثابت طراحی شده و در آن جرم خاک اضافه یا کم نمی شود. در طول فرآیند آنالیز غیر ماندگار، فشار هوای منفذی برابر با فشار اتمسفر و مقداری ثابت است. به این معنا که این مقدار تأثیری بر ظرفیت رطوبت حجمی ندارد. بار کل هیدرولیکی نیز از معادله (۳) به دست می‌آید:

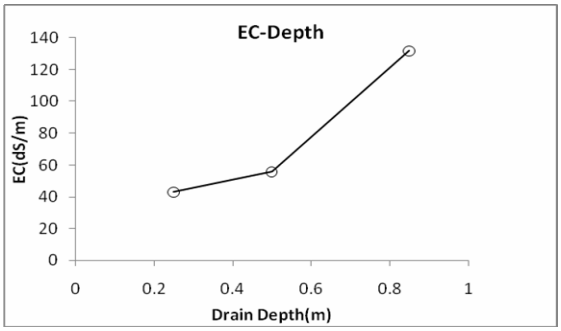
$$\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x\frac{\partial H}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(k_y\frac{\partial H}{\partial y}\right)+Q=\frac{\partial \theta}{\partial t} \qquad (۳)$$

که در آن u_w فشار آب منفذی(گرم بر سانتی متر مکعب)، yارتفاع(متر)، γ_w وزن واحد آب است که در سیستم متریک برابر با ۹/۸۰۷ گرم در سانتی‌متر مکعب می‌باشد.

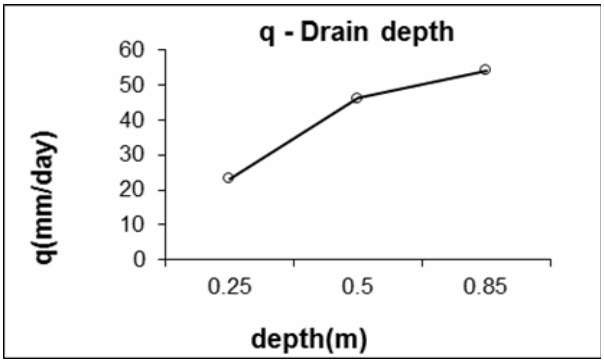
برای شبیه‌سازی عددی مدل آزمایشگاهی، ابعاد مدل در مقیاس واقعی برای نرم‌افزار تعریف شده و شکل کامل مسئله ترسیم شد. شرایط مسئله ماندگار فرض شد و سپس تابع هدایت هیدرولیکی با استفاده از دو نقطه برای نرم‌افزار تعریف شد. مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع با استفاده از مشخصات بافت خاک و منحنی مشخصه رطوبتی از طریق نرم‌افزار رتسی[1] تعیین و برای هر لایه ثابت و برای لایه های مختلف متفاوت تعیین شد. در مرحله بعد شبکه‌بندی مدل انجام شده و در نهایت شرایط مرزی برای مسئله تعریف شد. بار آبی روی خاک برابر با ۰/۱ متر، شرایط جریان صفر برای دیواره ها و کف و شرایط پتانسیل صفر برای لوله های زهکش در حال تخلیه به عنوان شرایط مرزی تعریف گردید.

نتایج و بحث

بیشترین مقدار شوری زهاب خارج شده از زهکش نصب شده در عمق ۰/۲۵ متری برابر با ۴۳/۱ دسی زیمنس بر متر است در حالیکه این مقدار برای زهکش نصب شده در عمق ۰/۵ متری برابر با ۵۵/۶ دسی زیمنس بر متر و برای زهکش ۰/۸۵ متری برابر با ۱۳۱/۸ دسی زیمنس بر متر می باشد.(شکل ۲) بنابراین نتایج حاکی از آن است که با افزایش عمق مقدار هدایت الکتریکی زهاب خروجی از زهکش ها افزایش یافته است. دلیل این امر را می توان اینگونه بیان کرد که با افزایش عمق نصب زهکش‌ها، خطوط جریان تا عمق بیشتری در خاک نفوذ کرده و لایه‌های پایینی را که شوری بیشتری دارند شسته و سپس به سمت زهکش حرکت می‌کنند به همین دلیل شوری آب خروجی از زهکش‌های عمیق بیشتر از زهکش‌های کم عمق می باشد. با توجه به شکل (۳) با افزایش عمق نصب زهکش مقدار دبی خروجی نیز افزایش یافته و از ۲۴ میلی متر بر روز برای عمق ۰/۲۵ متر به ۴۶ میلی متر بر روز برای عمق ۰/۵ متر و ۵۴ میلی متر بر روز برای عمق ۰/۸۵ متر رسیده است. علتی که برای این امر می‌توان ذکر کرد این است که گرچه با افزایش عمق نصب زهکش‌ها، فاصله زهکش‌ها تا لایه غیر قابل نفوذ و به تبع آن عمق معادل کاهش می‌یابد اما از آنجا که بر اساس اندازه‌گیری‌ها بار آبی بین زهکش‌ها افزایش می‌یابد و در معادله هوخهات بار آبی دارای توان دو است با ثابت بودن فاصله زهکش‌ها، مقدار ضریب زهکشی و نیز دبی خروجی از زهکش‌ها افزایش خواهد یافت. بنابراین با توجه به شکل های (۲) و (۳) با افزایش عمق نصب زهکش حجم زهاب خروجی افزایش یافته و از کیفیت آن کاسته می شود.



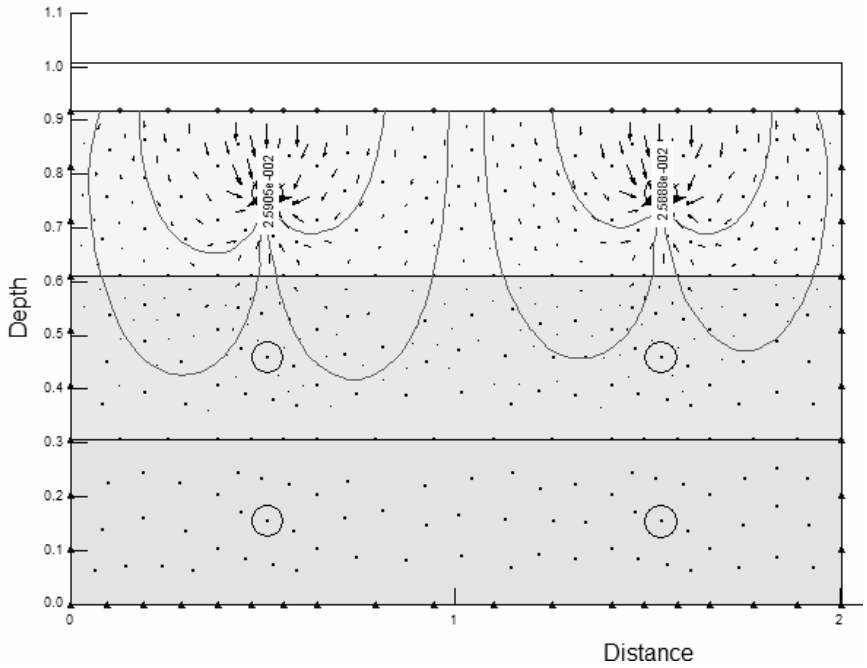
شکل۲- تغییرات EC زهاب با افزایش عمق نصب زهکش



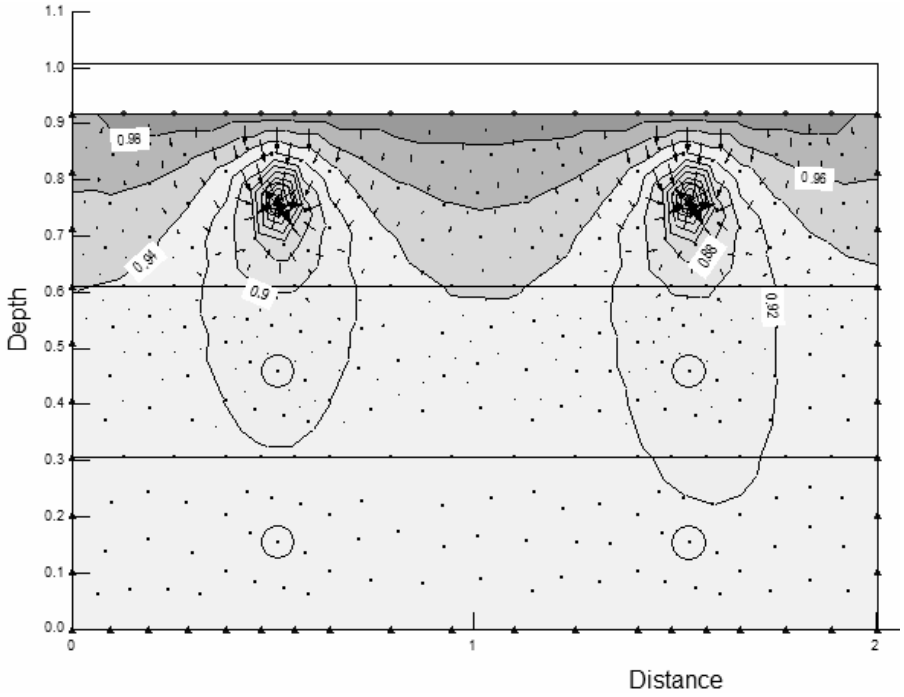
شکل۳-تغییرات دبی خروجی با افزایش عمق نصب زهکش

نتایج مدل عددی شامل مسیر جریان به سمت لوله‌های زهکش، بردارهای سرعت، مقدار دبی خروجی از زهکش‌ها بر حسب مترمکعب بر روز، خطوط تراز هم پتانسیل در نقاط مختلف، شکل های (۴، ۶ و ۸) و منحنی‌های مربوط به تغییرات بار هیدرولیکی نسبت به فاصله از زهکش‌ها و نیز تغییرات گرادیان هیدرولیکی به سمت زهکش‌ها، شکل های (۵، ۷و ۹) می‌باشد.

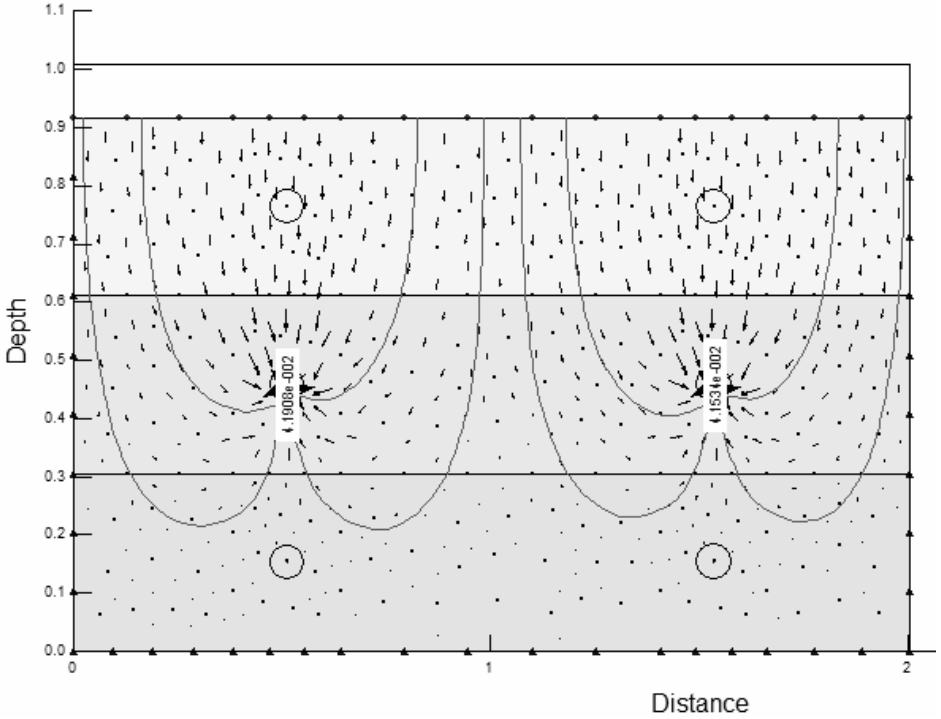
1- RETC



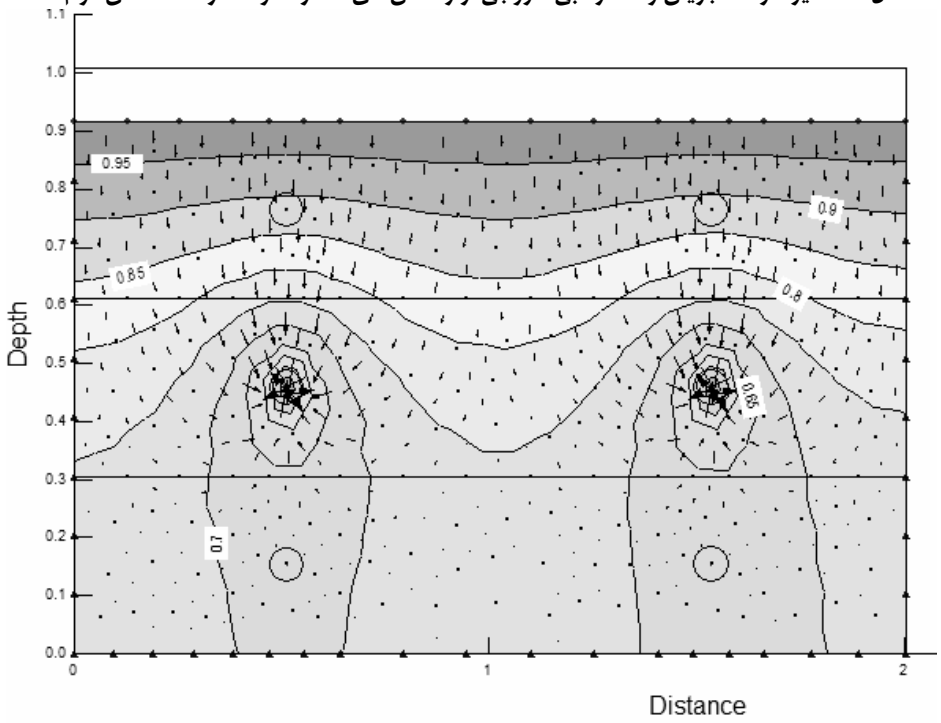
شکل٤- مسیر حرکت جریان و مقدار دبی خروجی از زهکش‌های شماره۱ و ۲، در حالت عمق اول



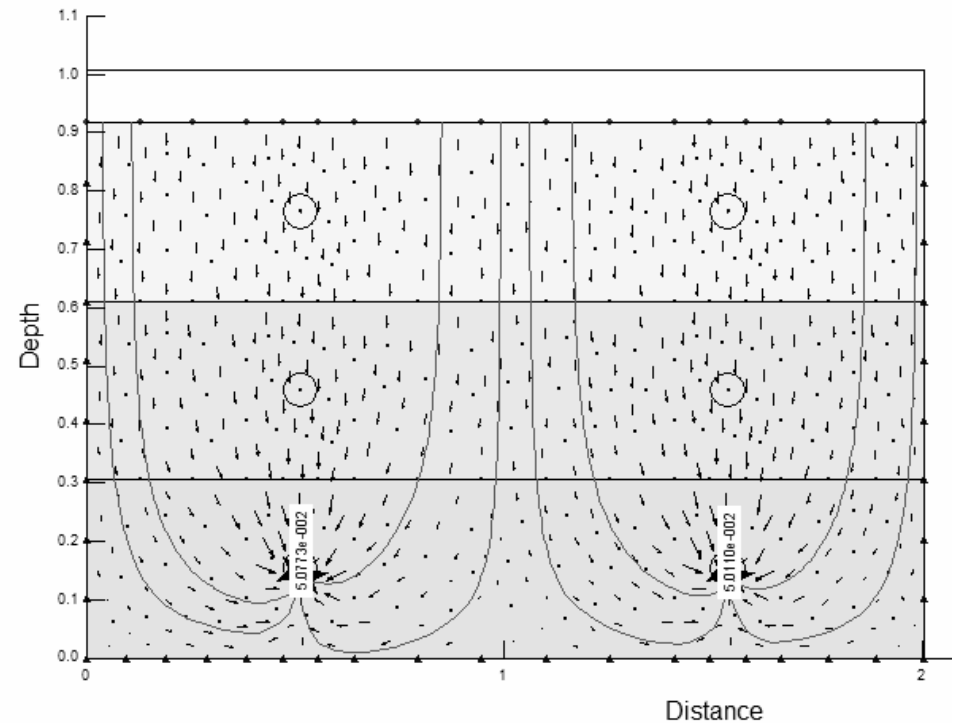
شکل٥- خطوط تراز مربوط به بارآبی برای زهکش های شماره۱ و۲، در حالت عمق اول



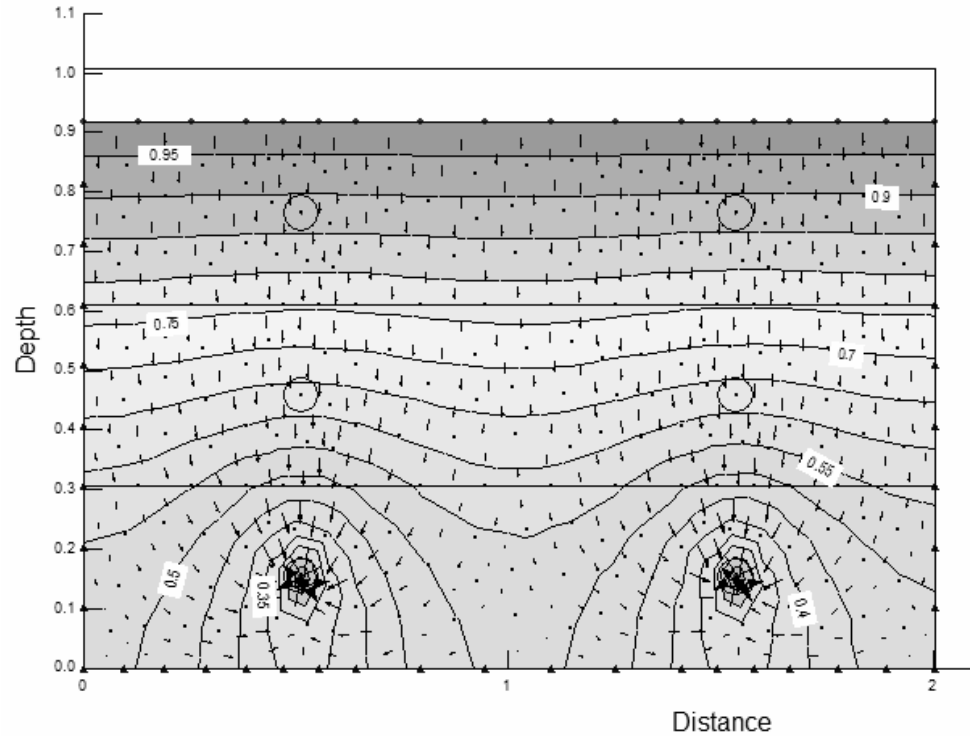
شکل٦- مسیر حرکت جریان و مقدار دبی خروجی از زهکش‌های شماره۳ و ٤، در حالت عمق دوم



شکل۷- خطوط تراز مربوط به بارآبی برای زهکش های شماره۳ و ٤، در حالت عمق دوم



شکل۸- مسیر حرکت جریان و مقدار دبی خروجی از زهکش‌های شماره۵ و ٦، در حالت عمق سوم



شکل۹- خطوط تراز مربوط به بارآبی برای زهکش های شماره۵ و ٦، در حالت عمق سوم

همان گونه که شکل‌های (۴و ۶ و ۸) نشان می‌دهند با افزایش عمق خطوط جریان مسیر طولانی‌تری را به سمت زهکش‌ها طی کرده و نیمرخ بزرگتری از خاک را می‌شویند. از آنجا که لایه‌های زیرین شوری بیشتری دارند بنابراین با افزایش عمق نصب زهکش‌ها، شوری آب خروجی نیز بیشتر شده و کیفیت نامناسب‌تری خواهد داشت. مقدار دبی خروجی شبیه‌سازی شده با مدل عددی از زهکش‌ها

در هر سه عمق اختلاف بسیار ناچیزی با دبی متوسط اندازه‌گیری شده از مدل آزمایشگاهی دارد. مقدار متوسط دبی اندازه‌گیری شده برای زهکش‌های نصب شده در عمق ۰/۲۵ متری برابر با ۲۴، برای عمق ۰/۵ متری برابر با ۴۶ و برای عمق ۰/۸۵ متری برابر با ۵۴ میلی متر بر روز بود. این مقادیر در مدل عددی به ترتیب برابر با ۲۶، ۴۳ و ۵۱ میلی متر بر روز به دست آمد. بنابر نتایج به دست آمده از مدل عددی می‌توان گفت مدل عددی مورد استفاده در این تحقیق با خطایی بین ۵/۵ تا ۷/۵ درصد برای دبی خروجی، مطابقت خوبی با مدل آزمایشگاهی داشته و نتایج آن قابل اعتماد می‌باشد. شکل های (۵و ۷و ۹) نیز خطوط کنتور مربوط به بار آبی لایه های مختلف در نیمرخ خاک را نشان می دهند. چنانچه ملاحظه می شود، با افزایش عمق زهکش، گرادیان هیدرولیکی کاهش یافته، نرخ تخلیه کاهش می یابد. بدین معنی که فرصت انحلال افزایش یافته و در نتیجه غلظت زهاب تخلیه شده افزایش می یابد که به نوبه خود منجر به تخریب بیشتر کیفیت تخلیه گاه نسبت به عمق نصب کم عمق تر می شود.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که کاهش عمق نصب زهکش ها، موجب بهبود کیفیت زهاب از نظر میزان شوری و نیز کاهش حجم زهاب می گردد. نتایج بررسی آزمایشگاهی نشان داد بیشترین شوری خارج شده از زهکش های نصب شده در اعماق ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۸۵ متری به ترتیب برابر با ۴۳/۱، ۵۵/۶ و ۱۳۱/۸ دسی زیمنس بر متر می باشد مدل عددی SEEP/W که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت نیز نشان داد با افزایش عمق نصب، خطوط جریان برای رسیدن به زهکش، نیمرخ بزرگتری از خاک را شسته و با توجه به شوری بیشتر لایه های زیرین، نمک بیشتری را همراه با زهاب تخلیه می نمایند. علاوه بر آن دبی زهاب خروجی با افزایش عمق نصب زهکش ها در مدل آزمایشگاهی، افزایش یافت به طوریکه مقدار دبی به ترتیب با افزایش عمق برابر با ۲۴، ۴۶ و ۵۴ میلی متر بر روز به دست آمد. خطوط تراز مربوط به بار آبی لایه های مختلف خاک نیز که با استفاده از مدل عددی به دست آمد نشان داد که با افزایش عمق زهکش، گرادیان هیدرولیکی کاهش یافته و فرصت انحلال افزایش می یابد و این امر موجب افزایش غلظت زهاب می گردد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که افزایش عمق نصب زهکش ها، موجب کاهش کیفیت زهاب و نیز افزایش حجم آب خروجی شده و تهدید بزرگتری برای محیط زیست تخلیه گاه نهایی به حساب خواهد آمد.

منابع

آذری، ا. اکرم، م. و پذیرا، ا. (۱۳۸۱). نگرشی بر مسائل و مشکلات مطالعات و اجرای زهکش زیرزمینی در ایران. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. نشریه شماره ۵۹.

اصلانی، ف. ناظمی، ا. صدرالدینی، ع ا. فاخری فرد، ا. و قربانی، م ع. (۱۳۸۹). برآورد عمق و فاصله مناسب زهکش‌های زیرزمینی بر اساس کیفیت زهاب. مجله تحقیقات آب و خاک. شماره ۴۱، صص ۱۳۹-۱۴۶.

نظری، ب. ع. لیاقت، م. پارسی نژاد، ع.ع. ناصری، (۱۳۸۷). بهینه‌سازی عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی با ملاحظات اقتصادی و زیست‌محیطی. پنجمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست. صص ۱۰۷-۱۲۲.

Bahceci, I. N., Dinc, A. F. Tari, A. I. and Agar, B. Sonmez. 2006. Water and salt balance studies, using SaltMod to improve subsurface drainage design in the Konya-Gumra plain. Agricultural water management 85, Elsevier B.V, 261-271.

Mendez, A., G. Sands B. Basin. Ch. Xing Jin.and P. Wotzka. 2004. Simulating the impact of drainage design in a cold climate with ADAPT. American water resources association, 385-400.

Oosterbaan., Abusenna. 1990. Subsurface drainage for water-logging and salinity control in the Nile delta, Egypt. Agricultural land drainage, 10-13

Singh, R., M. J. Helmers. W. G. Crumpton. And D. W. Lemke. 2007. Predicting effects of drainage water management in lowa's subsurface drained land scapes. Agricultural water management 92. Elsevier B.V, 162-170.

Smedema, L. K. 2007. Revising currently applied drain depths for water logging and salinity control of irrigated land in the (semi) arid zone. Irrigation and drainage 56, 379–387

Seepage modeling with Seep/w. 2007. An Engineering Methodology Third Edition, March 2008. Geo slope International Ltd. Calgary, Alberta, Canada T2P 2Y5

Vasulu, A. S. Ch. Sujanicao. and G.V. Lakshemi. 2004. Model studies on salt and water balances at Konaki pilot area, Andhra Pradesh, India. Irrigation and Drainage Systems18. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands, 1–17.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 8, Mar-Apr 2014, p. 187-196

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد۸، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۳، ص. ۱۹۶-۱۸۷

Using SEEP / W Numerical Model to Simulate Drain Installation Depth Effects on Drain Water Salinity Improvement

A. Sotoodehnia[1*], F. Razi[2], P. Daneshkar Arasteh[3]
Received: Dec.16,2013 Accepted: Mar.12,2014

Abstract

Drian installation depth is one of the most important challenges in drainage network design and construction. Deep drain installation leads to increase inflow volume to the drain and causes to decrease drain water quality. In the other hand, deep drains washes deeper soil profile and discharges traped salts in lower layers to final outlet. The objective of this study was to find the optimum drain installation depth to reduce drain volume and improve drain water quality. To do this, a laboratory investigation was carried out as well as numerical simulation. Drainage pipes were installed in 0.25, 0.5 and 0.85 m depth within a sand box filled with three silty clay soil layers with initial salinity of 12.7, 31.2 and 67.5 dS/m, respectively from top to bottom. Drain outflow volume and water quality from the sand tank were measured. The laboratory test was simulated using SEEP/W software and the results showed that a deeper soil profile has been leached by increasing drain installation depth, and streamlines flew to a deeper layer and then moved back to the drain pipes. In addition, drain outflow rate was computed using the software. The results showed that the outflow rate increases with drain depth. So, it could be concluded that reduction in drain depth leads to inprove drain water quality and decrease in drainage volume.

Keywords: Drain Pipe Installation Depth, Drain Water Salinity, Subsurface Drainage, Laboratory Test, SEEP/W

1- Assistant Professor of Water Engineering Department, Imam Khomeini International University Qazvin, Iran (IKIU)
2- Master of Irrigation and Drainage Water Engineering Department, (IKIU)
3 –Assistant Professor of Water Engineering Department (IKIU)
(* - Corresponding Author Email: absotoodehniako@yahoo.com)