



دانشگاه بین‌المللی امام خمینی



IMAM KHOMEINI
INTERNATIONAL UNIVERSITY

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی آب

پایش و مدل‌سازی زهکش حایل شوره‌زار مرکزی قزوین به منظور کنترل شوری

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی

محدثه جعفری

استاد راهنما

دکتر عباس ستوده نیا

اساتید مشاور

دکتر علی مهدوی مزده

مهندس مجتبی اکرم

اسفند ۱۳۹۰

تقدیم بہ روح بلند مادرم،

معلم ہر آنچہ خوبی کہ آموختہ ام.

چکیده:

ایران از جمله کشورهای خشک دنیا است و سطح گسترده‌ای از اراضی آن در معرض شوری قرار دارد؛ به طوری که چهارمین کشور شور در آسیا است. از سوی دیگر؛ برداشت بی‌رویه از منابع زیرزمینی سبب افت سطح آب آن‌ها شده است. یکی از عواقب این مسئله می‌تواند خشک شدن تالاب‌ها و شور شدن اراضی اطراف آن‌ها باشد.

تحقیق پیش‌رو مربوط به طرح پایش و مدل‌سازی زهکش حایلی است که در حاشیه شورزار مرکزی دشت قزوین و به‌منظور کنترل و جلوگیری از پیشروی شوری به سمت اراضی بالادست آن احداث شده است. برای پایش اثر این زهکش، تعداد ۹۹ حلقه چاهک مشاهده‌ای در ۹ مقطع عمود بر زهکش (I تا A) حفر شده است. در هر مقطع تعداد ۷ چاهک در بالادست و به فواصل ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر و ۴ چاهک در پایین دست و به فواصل ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۲۵۰ متری از خط زهکش حفر شده است.

هر ماه یک بار سطح آب این چاهک‌ها قرائت شده و یک نمونه آب از هر یک تهیه شده است. با انجام آنالیز شیمیایی این نمونه‌ها، تغییرات شیمیایی سفره آب زیرزمینی در اثر وجود زهکش مشخص می‌شود.

همچنین شرایط منطقه تحت تاثیر زهکش با استفاده از بسته نرم‌افزاری ژئواستودیو^۱ شبیه‌سازی شده است. مدل مورد استفاده در دو بخش، شرایط هیدرولیکی منطقه (توسط مدل Seep/w) و شرایط شیمیایی منطقه (توسط مدل Ctran/w) را شبیه‌سازی نموده است. مدل عددی مورد استفاده با استفاده از مشاهدات مرداد ماه ۸۹ در مقطع B کالیبره و سپس با استفاده از آمار برداشت شده در چهار ماه بعد از آن صحت سنجی شده است. نتایج کالیبراسیون در بخش هیدرولیکی ۹۶٪ و در بخش شیمیایی ۸۸٪ بر مشاهدات منطبق شده است. همچنین در بخش صحت‌سنجی نتایج این شبیه‌سازی در Seep/w بیش از ۹۰٪ و در Ctran/w حدود ۸۰٪ به نتایج مشاهدات صحرایی نزدیک است.

بر اساس نتایج مشاهدات صحرایی و مدل مورد استفاده، عملکرد زهکش مورد نظر در سال اول احداث آن، با خارج ساختن آبی با شوری بیش از 200 dS/m از منطقه، موثر ارزیابی می‌شود. همچنین با بررسی طرح‌های توسعه در منطقه مشخص شد، اجرای طرح زهکشی زیستی در منطقه می‌تواند بر اصلاح شرایط شیمیایی منطقه موثر باشد؛ اما احداث سد زیرزمینی با اعماق $3/7$ و $7/7$ متر در فاصله 1000 متری بالادست تاثیر معنی‌داری بر شوری منطقه نخواهد داشت.

کلید واژه: دشت قزوین، شوره‌زار، زهکش حایل، شوری، مدل‌سازی، ژئواستودیو

بانشکر از اساتید بزرگوارم که مراد انجام این تحقیق

یاری فرمودند.

باشکر از زحمات بی دریغ همسر من که در تمامی مراحل،

یاری ام نمود.

فهرست:

۱	۱ کلیات
۲	۱.۱ مقدمه:
۶	۲.۱ تدوین پایان نامه:
۷	۲ سابقه مطالعات
۸	۱.۲ مقدمه:
۹	۲.۲ رابطه بین افت سطح آب زیرزمینی و کیفیت آن:
۱۱	۳.۲ آبشویی: (Leaching)
۱۶	۴.۲ زهکشی زیستی: (Bio Drainage)
۱۹	۵.۲ تالابها: (Marshes)
۲۳	۶.۲ مدل سازی:
۲۴	۱.۶.۲ مادفلو:
۲۹	۲.۶.۲ مدل Saltmod:
۳۰	۳.۶.۲ مدل Drainmod:
۳۲	۴.۶.۲ هایدروس:
۳۳	۵.۶.۲ مدل Seawat:
۳۴	۶.۶.۲ ژئواستودیو:
۳۵	۷.۲ نتیجه گیری:
۳۵	۱.۷.۲ روش حل عددی مورد استفاده در مدل:
۳۶	۲.۷.۲ حل کاملاً ریاضی و عدم انطباق بر یک منطقه یا اقلیم خاص:
۳۶	۳.۷.۲ عدم وجود پیش فرض کشاورزی در منطقه:

۳۷	۴.۷.۲ مقیاس مناسب مدل سازی:
۳۷	۵.۷.۲ مدل سازی توام شرایط هیدرولیکی و شیمیایی:
۳۸	۳ مواد و روشها
۳۹	۱.۳ مقدمه:
۳۹	۲.۳ اطلاعات اولیه و طرح پایش:
۴۰	۱.۲.۳ حفر و تجهیز چاهک ها:
۴۲	۲.۲.۳ نمونه برداری از چاهک ها:
۴۳	۳.۳ ضریب آبگذری منطقه:
۴۴	۴.۳ حجم رطوبت خاک منطقه:
۴۵	۵.۳ تعریف مسئله در مدل Seep/w:
۴۵	۱.۵.۳ مشخصه های مدل:
۴۶	۲.۵.۳ مولفه های ورودی مدل:
۴۷	۳.۵.۳ شرایط مرزی مدل:
۴۹	۴.۵.۳ ترسیم شبکه طرح:
۴۹	۶.۳ تعریف مسئله در مدل Ctran/w:
۴۹	۱.۶.۳ مشخصه های مدل Ctran/w:
۴۹	۲.۶.۳ مولفه های ورودی مدل Ctran/w:
۵۲	۳.۶.۳ شرایط مرزی مدل Ctran/w:
۵۳	۴ نتایج
۵۴	۱.۴ مقدمه:
۵۴	۲.۴ بررسی مشاهدات صحرایی:

۵۶	۳.۴ پایش و مدل سازی سطح ایستابی و جریان آب:
۵۶	۱.۳.۴ انتخاب مقطع مناسب برای مدل سازی:
۵۷	۲.۳.۴ مشخصات خاک منطقه:
۵۸	۳.۳.۴ کالیبره کردن مدل با استفاده از عمق موثر و نسبت k_x به k_y :
۶۷	۴.۳.۴ صحت سنجی مدل هیدرولیکی:
۷۰	۴.۴ پایش و مدل سازی شوری منطقه:
۷۰	۱.۴.۴ رابطه بین EC و TDS:
۷۳	۲.۴.۴ کالیبره کردن مدل شیمیایی با استفاده از ضریب دیفیوژن منطقه:
۷۹	۳.۴.۴ صحت سنجی مدل شیمیایی:
۸۰	۴.۴.۴ تفسیر نتایج پایش و مدل سازی شوری:
۸۱	۵.۴ بررسی سناریوهای تحقیقاتی با استفاده از مدل:
۸۱	۱.۵.۴ اجرای طرح زهکشی زیستی در بالادست زهکش:
۸۲	۲.۵.۴ احداث دایک یا سد زیرزمینی در بالادست زهکش:
۸۵	۵ بحث و نتیجه گیری
۸۶	۱.۵ مقدمه:
۸۶	۲.۵ بحث بر روی نتایج پایش و مدل سازی:
۸۷	۳.۵ مشکلات و محدودیت های موجود:
۸۸	۴.۵ پیشنهادها:
۹۰	۶ منابع مورد استفاده:

فهرست جداول

- جدول ۱-۲- پارامترهای مورد استفاده در مدل وانگ و همکاران ... ۲۱
- جدول ۱-۴- مشخصات نمونه‌های خاک مقطع B ۵۸
- جدول ۲-۴- نتایج مدل Seep/w و مشاهدات صحرایی برای سطح ایستابی ... ۶۶
- جدول ۳-۴- رابطه بین EC و TDS (رضی، ۱۳۹۰) ۷۱
- جدول ۴-۴- نتایج مدل Ctran/w و مشاهدات صحرایی برای شوری در ... ۷۷
- جدول ۵-۴- نتایج برنامه ژئواستودیو برای شبیه سازی شوری و سطح آب ... ۷۸
- جدول ۶-۴- مقادیر TDS منطقه با اجرای طرح زهکشی زیستی و بدون آن ۸۲
- جدول ۷-۴- مقایسه بین نتایج مدل و مشاهدات مرداد ۸۹ در حالات بدون ... ۸۳

فهرست نمودارها

- نمودار ۳-۱- نمودار هدایت هیدرولیکی به دست آمده برای خاک کل منطقه ۴۴
- نمودار ۳-۲- نمودار حجم رطوبت خاک منطقه ۴۵
- نمودار ۳-۳- نمودار حداکثر موینگی از سطح آب زیرزمینی در اعماق ... ۴۸
- نمودار ۳-۴- تابع دیفیوژن یک مورد استفاده در مدل سازی ۵۱
- نمودار ۴-۱- مشاهدات عمق آب زیرزمینی مرداد ماه ۸۹ در مقطع B ۵۴
- نمودار ۴-۲- مشاهدات عمق آب زیرزمینی مرداد ماه ۸۹ در فاصله ۱۰ متر ۵۵
- نمودار ۴-۳- مشاهدات TDS آب زیرزمینی چاهک های مقطع B در ... ۵۵
- نمودار ۴-۴- مشاهدات TDS آب زیرزمینی چاهک های موازی با زهکش ... ۵۶
- نمودار ۴-۵- مقایسه نتایج مدل Seep/w با مشاهدات مرداد ماه ۸۹ با ... ۶۳
- نمودار ۴-۶- مقایسه بین نتایج مدل Seep/w و مشاهدات صحرایی با ... ۶۴
- نمودار ۴-۷- مقایسه بین نتایج مدل Seep/w و مشاهدات صحرایی با ... ۶۴
- نمودار ۴-۸- مقایسه بین نتایج مدل Seep/w و مشاهدات صحرایی با ... ۶۵
- نمودار ۴-۹- رگرسیون بین نتایج مدل Seep/w در مقایسه با نتایج ... ۶۶
- نمودار ۴-۱۰- مقایسه بین نتایج مدل Seep/w و مشاهدات صحرایی ... ۶۸
- نمودار ۴-۱۱- رگرسیون بین نتایج مدل Seep/w در مقایسه با نتایج مشاهدات ... ۶۸
- نمودار ۴-۱۲- نمودارهای a، b و c روابط به دست آمده بین مقادیر TDS ... ۷۲
- نمودار ۴-۱۳- مقایسه نتایج مدل شوری Ctran/w با مشاهدات صحرایی با ... ۷۴
- نمودار ۴-۱۴- مقایسه نتایج مدل شوری Ctran/w با مشاهدات صحرایی با ... ۷۵
- نمودار ۴-۱۵- مقایسه نتایج مدل شوری Ctran/w با مشاهدات صحرایی با ... ۷۶

- ۷۶ نمودار ۴-۱۶- همبستگی بین نتایج غلظت در مدل Ctran/w با نتایج ...
- ۷۷ نمودار ۴-۱۷- (a) نمودار ضریب دیفیوژن یک و (b) نمودار ضریب دیفیوژن ...
- ۷۹ نمودار ۴-۱۸- مقایسه نتایج مدل شوری Ctran/w با مشاهدات صحرایی با ...
- ۸۰ نمودار ۴-۱۹- همبستگی بین نتایج غلظت در مدل Ctran/w با نتایج مشاهداتی ...
- ۸۳ نمودار ۴-۲۰- مقایسه بین نتایج مدل Seep/w و مشاهدات مرداد ۸۹ ...

فهرست شکل‌ها:

- شکل ۱-۱- مسیر زهکش حائل شوره زار قزوین و مقاطع ... ۴
- شکل ۱-۲- سطح آب زیرزمینی دشت رشتخوار (لشگری پور و همکاران (۱۳۸۸) ۱۰
- شکل ۲-۲- هدایت الکتریکی خاک در سالهای ۱۹۷۵، ۱۹۸۵/۸۶ و ۱۹۹۹ ... ۱۴
- شکل ۳-۲- باکس پلات SAR و EC در سالهای ۱۹۷۵، ۱۹۸۵/۸۶ و ۱۹۹۹ ... ۱۵
- شکل ۴-۲- نحوه عملکرد و روش طراحی زهکشی زیستی (کاپور، ۲۰۰۳) ۱۷
- شکل ۵-۲- نمای شماتیک عملکرد مدل وانگ و همکاران برای توزیع شوری ... ۲۱
- شکل ۶-۲- نمای شماتیک روش SBC (رانا و ندیم، ۲۰۰۸) ۲۳
- شکل ۷-۲- نمونه خروجی مدل Seawat برای توزیع شوری (پست، ۲۰۱۱) ۲۶
- شکل ۱-۳- ابزارهای مورد استفاده در منطقه شوره زار برای حفر ... ۴۱
- شکل ۲-۳- چاهک FU5 در پایان مرحله ساخت ۴۲
- شکل ۳-۳- نقشه هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در محدوده شوره زار مرکزی ... ۴۳
- شکل ۴-۳- رسوب نمک در سطح خاک منطقه شوره زار مرکزی قزوین ۵۱
- شکل ۱-۴- خطوط هم‌پتانسیل و سطح ایستابی در مدل Seep/w برای مرداد ... ۵۹
- شکل ۲-۴- خطوط جریان و سطح ایستابی در مدل Seep/w برای مرداد ... ۶۰
- شکل ۳-۴- خطوط هم‌پتانسیل و سطح ایستابی در مدل Seep/w برای ... ۶۰
- شکل ۴-۴- خطوط جریان و سطح ایستابی در مدل Seep/w برای ... ۶۰
- شکل ۵-۴- خطوط هم‌پتانسیل و سطح ایستابی در مدل Seep/w برای ... ۶۱
- شکل ۶-۴- خطوط جریان و سطح ایستابی در مدل Seep/w برای ... ۶۱
- شکل ۷-۴- خطوط هم‌پتانسیل و سطح ایستابی در مدل Seep/w ... ۶۱
- شکل ۸-۴- خطوط جریان و سطح ایستابی در مدل Seep/w ... ۶۲

- شکل ۹-۴- مقطع زمین شناسی دشت قزوین و موقعیت لایه محدود کننده مارنی ۶۲
- شکل ۱۰-۴- نتایج مدل Seep/w با نسبت k_x به k_y ۲۰۰ برای مرداد ۸۹ ۶۴
- شکل ۱۱-۴- خروجی مدل Seep/w برای توزیع فشار در طول مقطع B ۶۵
- شکل ۱۲-۴- نتایج مدل Seep/w برای مهر ۸۹ ۶۸
- شکل ۱۳-۴- نتایج مدل شوری Ctran/w با ضریب دیفیوژن اولیه برای مرداد ۸۹ ۷۳
- شکل ۱۴-۴- نتایج مدل شوری Ctran/w با ضریب دیفیوژن تعدیل شده ... ۷۴
- شکل ۱۵-۴- تفکیک منطقه ۵۰۰ متری اطراف زهکش به دو منطقه مجزا ۷۵
- شکل ۱۶-۴- نتایج مدل شوری Ctran/w با ضریب دیفیوژن نهایی برای مرداد ۸۹ ۷۵
- شکل ۱۷-۴- نتایج مربوط به شبیه سازی حرکت شوری توسط مدل ... ۷۹
- شکل ۱۸-۴- توزیع شوری با وجود سد زیرزمینی به عمق حدود ۷ متر ۸۳

فصل اول

۱ کلیات

۱.۱ مقدمه:

ایران از جمله کشورهایی است که سطح بزرگی از اراضی آن متأثر از املاح می‌باشد. آمار دقیق و روزآمدی در مورد گستره زمین‌های شور و ماندابی در ایران وجود ندارد. اما زابلکس^۱ در سال ۱۹۸۵ برآورد کرده است که حدود ۲۳/۵ میلیون هکتار (۱۴/۲٪ مساحت کل و ۳۰٪ مساحت دشت‌ها) از اراضی کشور به نوعی متأثر از فرآیند شوری هستند. استان‌های خراسان، خوزستان و مازندران دارای بیشترین خاک‌های تحت تأثیر املاح هستند. بیشترین وسعت خاک‌های باتلاقی شور در مازندران، خراسان، خوزستان و سیستان و بلوچستان وجود دارد. از کل ۲۳/۵ میلیون هکتار، ۷/۷ میلیون هکتار آن غیرقابل اصلاح تشخیص داده شده است. شیعی^۲ و اسمیدما^۳ (۱۳۷۹) اراضی زهدار بحرانی کشور را ۱/۵ تا ۲ میلیون هکتار و اراضی زهدار تحت شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی را حدود ۷۰۰ هزار هکتار برآورد نموده است (خبرنامه کمیته آبیاری و زهکشی، ۱۳۸۷). بر این اساس ایران چهارمین کشور دارای اراضی شور، در آسیاست (آذری و همکاران، ۱۳۸۱).

از سوی دیگر، رشد جمعیت و نیاز به تامین منابع غذایی برای آن را نیز نمی‌توان نادیده گرفت. به همین دلیل استفاده از منابع آب زیرزمینی در کشور روز به روز در حال افزایش است. در نتیجه میزان برداشت از آبخوان‌ها بیشتر از تغذیه و سطح جایگزینی سفره شده، سطح آب در سفره زیرزمینی دچار افت خواهد شد.

افت سفره آب زیرزمینی مشکلات بسیاری به همراه خواهد داشت که از آن جمله می‌توان به این موارد اشاره نمود: خشک شدن چاه‌های نیمه عمیق و نیاز به حفر چاه‌های عمیق‌تر برای دسترسی به آب، فشردگی خاک و کاهش ضریب ذخیره سفره در اثر نشست خاک در دشت و در نهایت کاهش میزان جریان آب زیرزمینی و کاهش میزان خروجی دشت‌ها.

جریان آب زیرزمینی در برخی دشت‌ها، به دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و گاه تالاب‌ها می‌ریزد. در نتیجه، افت سطح آب سفره، می‌تواند بر میزان آب ورودی به این تخلیه‌گاه‌های نهایی اثرگذار باشد. این موضوع

1 Zablex
2 Shiati
3 Esmedema

در مورد تالاب‌ها اهمیت بیشتری می‌یابد؛ چرا که میزان آب موجود در آن‌ها اغلب کمتر از دریاچه‌ها و دریاهاست. به علاوه، تالاب نقش بسیار مهمی در محیط زیست هر منطقه دارد.

با خشک شدن تالاب آنچه برجا می‌ماند شوره‌زاری خواهد بود که تجمع چندین ساله نمک را در خود انباشته است که با وجود آب در آن‌ها، باد نمی‌تواند نمک‌ها را جابجا نماید. کاهش میزان آب ورودی به تالاب و کاهش فشار آب بالادست آن در اثر افت سطح آب سفره، می‌تواند سبب از بین رفتن سرریز زیرزمینی طبیعی دشت شده، بیلان آب و نمک موجود را بر هم بزند.

این، به عقیده بسیاری متخصصین همان اتفاقی است که در منطقه شوره‌زار دشت قزوین افتاده است. برای کنترل این شرایط زهکش حایلی در منطقه طراحی و اجرا شده است.

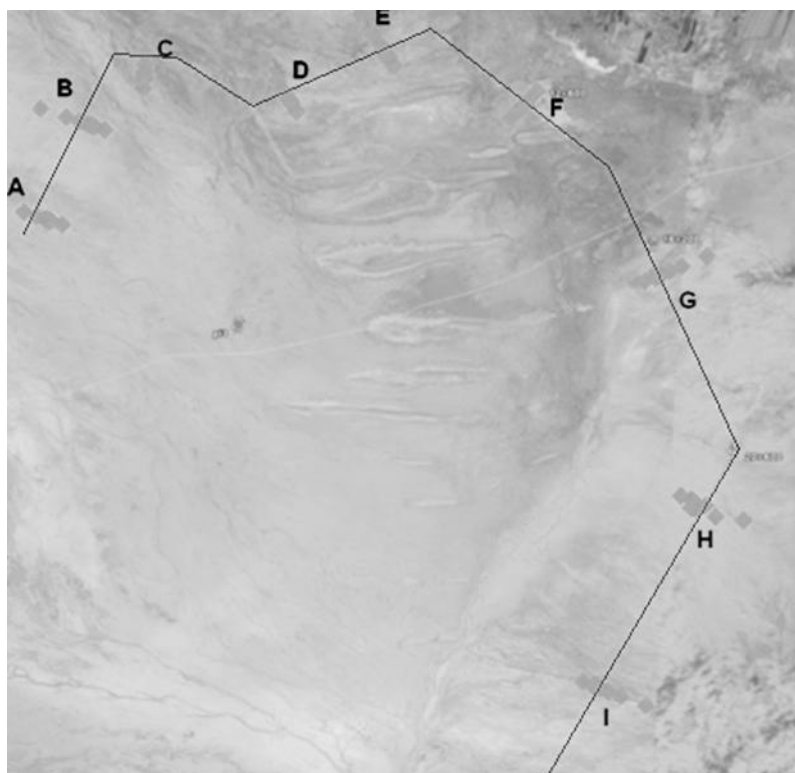
مطالعات پیش رو مربوط به طرح پایش و مدل‌سازی این زهکش حایل، در منطقه شوره‌زار مرکزی قزوین برای کنترل شوری و جلوگیری از پیشروی آب شور به منطقه بالادست آن است. منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیمات کشوری در بخشی از استان قزوین و در حدود ۱۵۰ کیلومتری شمال غرب تهران قرار دارد که شامل حاشیه شوره‌زار قزوین با محدوده جغرافیایی طول شرقی ۳۸۰۰۰۰ تا ۴۲۰۰۰۰ و عرض شمالی ۳۹۲۰۰۰۰ تا ۳۹۸۰۰۰۰ (برحسب UTM) است.

شوره‌زار مرکزی قزوین قسمتی از جنوب شرقی دشت قزوین به مساحت ۶۴۴۰۰ هکتار است که در ۹۵٪ از اراضی آن شوری عصاره اشباع خاک بیش از ۲۰ dS/m و عمق آب زیر زمینی در ۷۵٪ از اراضی آن نزدیک تر از ۱/۵m سطح خاک است. توسعه شوری از شوره‌زار به سمت بالادست آن، مشکلاتی به وجود آورده و امکان کشاورزی در برخی از این مناطق را از بین برده است.

برای بررسی تغییرات شوری، نقشه شوری خاک منطقه در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۸۵ مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه این دو نقشه نشان داد که در این فاصله زمانی، شوری از سمت شوره‌زار به سمت خارج از آن در حال پیشروی بوده و در هر نقطه نیز بر غلظت آن افزوده شده است.

طبق مطالعات ۴۰ سال اخیر، سطح آب سفره زیرزمینی دشت قزوین به علت برداشت بی رویه و کاهش نزولات جوی سال‌های اخیر دچار افت شدید (حدود ۳۰ متر) شده است؛ تا جایی که دشت قزوین جزء دشت‌های ممنوعه بحرانی قرار گرفته است. دشت، کاسه‌ای شکل و شیب آن در انتها ناچیز است. افت سطح آب در دشت در حالی اتفاق افتاده است که افت سطح آب در داخل شوره‌زار ناچیز می‌باشد. در نتیجه شور شدن دشت نمی‌تواند به دلیل بالابودن سطح ایستابی باشد بلکه علت، افت سفره و قطع جریان سرریز انتهایی دشت و عدم تخلیه نمک است که در انتهای حوضه و اکوسیستم باتلاقی شوره‌زار بیشتر نمایان شده است. همبستگی افت آب و شیب شوری منطقه نیز این نظریه را تایید می‌کند.

با اجرای این زهکش حایل انتظار می‌رود پیشروی شوری متوقف شده، اراضی بالادست زهکش با آبشویی خاک در اثر بارش و جریان آب زیرزمینی و در نتیجه خروج این زهاب توسط زهکش به تدریج اصلاح شوند. زهکش مورد نظر تقریباً موازی خطوط کنتور زمین به طول حدود ۳۰ km احداث شده است. برای پایش اثر زهکش حایل حفر شده در حاشیه شوره زار، تعداد ۹۹ حلقه چاهک مشاهده‌ای در ۹ مقطع عمود بر زهکش (A تا I) حفر شده است. در هر مقطع تعداد ۷ چاهک در بالادست و به فواصل ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر و در پایین دست ۴ چاهک به فواصل ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۲۵۰ متری از خط زهکش حفر شده است. هر یک از این چاهک‌ها به وسیله لوله مشبک PVC تجهیز شده و بر روی زمین با یک پایه بتنی محکم شده است. چاهک‌های بالادست مقطع A با علامت AU و از شماره ۱ تا ۷ و چاهک‌های پایین دست با علامت AD و از شماره ۱ تا ۴ مشخص شده‌اند. عمق چاهک‌های شماره ۶ و ۷ بالادست ۵ متر و بقیه چاهک‌ها ۳ متر است. علت عمیق‌تر بودن این دو چاهک نیز این است که با فاصله گرفتن از زهکش در بالادست، عمق آب بیشتر شده و برای نمونه‌گیری از سفره باید تا عمق بیشتری پایین رفت. هر ماه یک بار سطح آب این چاهک‌ها قرائت می‌شود و از هر یک از چاهک‌ها یک نمونه آب تهیه می‌شود. با انجام آنالیز شیمیایی این نمونه‌ها، تغییرات شیمیایی سفره آب زیرزمینی در اثر وجود زهکش مشخص می‌شود. برداشت نتایج از تیر ماه ۱۳۸۹ به مدت ۱۳ ماه نمونه‌برداری انجام شده است. شکل ۱-۱ مسیر زهکش و مقاطع چاهک‌ها را بر روی آن نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱- مسیر زهکش حائل شوره زار قزوین و مقاطع چاهک‌های مشاهده‌ای عمود بر آن