مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقاله شماره ۴

موضوع :

زهکشی با سیستم قنات

تألیف :

مهندس محمد جعفر پورمختار[۱]

چکیده

بالا بودن سطح آب زیرزمینی در قسمت وسیعی از محدوده شهر شیراز مشکلات روزافزونی را بوجود آورده و نشست ساختمانها و مسئله دفع فاضلاب موجب سلب آسایش شهروندان گردیده است.

آنچه موضوع این مطالعه می‌باشد پایین انداختن سطح آب زیرزمینی با امکانات موجود و اجرای زهکشی با استفاده از سیستم قنات می‌باشد. و همچنین بررسی آثار آن از نقطه نظر نشست آنی و تحکیمی نامتقارن برای سازه‌های بنا شده در منطقه مورد نظر می‌باشد.

در کنار عملیات زهکشی با سیستم قنات یافته‌های جدیدی در مقایسه با زهکش‌های افقی و سطحی ملاحظه گردید و مورد توجه صاحب نظران قرار گرفته است، از جمله آنکه:

از آب قنات زهکش برای توسعه کشاورزی منطقه استفاده گردیده و افزایش تولید دربرداشته است.

با پایین افتادن سطح آب زیرزمینی حدود ۱۰ متر منطقه وسیعی از زمینهای غیر قابل کشت احیا گردیده و در ارتقاءِ سطح بهداشت منطقه زهکشی شده، نقش مهمی را در پی داشته است.

عدم وابستگی به انرژی الکتریکی، نداشتن وابستگی ارزی و تجهیزات خارجی، استفاده از وسایل ساده و نیروی کار محلی، طولانی بودن عمر مفید قنات نسبت به موتور پمپ و چاه و پایین بودن هزینه قابل ملاحظه نسبت به سایر گزینه‌ها بسیار قابل توجه بوده است.

انجام آزمایشهای آب و خاک در این پروژه‌ها، سیستم قنات زهکش را با اصول مهندسی نوین سازگار ساخته است. گمانه‌های اکتشافی و تعیین مقطع خاک، آزمایشهای شاخص فشردگی C و شاخص تورم C، طبقه بندی خاک، آزمایش سه محوری، آزمایش تحکیم، نمونه برداری آب و انجام آزمایشهای EC، TDC، PH، Na،

۱- مدیر آبهای زیرزمینی و زهکشی شهرداری شیراز - دانشجوی کارشناسی ارشد شهرسازی دانشگاه شیراز

Ca، Mg و .... از جمله بررسی‌های مهندسی در این پروژه بوده است.

مقدمه

یکی از مسایل عمده شهر شیراز که قسمت وسیعی از شهر گریبانگیر آن می‌باشد، بالا بودن سطح آب زیرزمینی و افزایش روزافزون آن می‌باشد. این مشکل خصوصاً در مناطق جنوب، شرق و جنوب شرقی شهر حادتر می‌باشد. از جمله عوامل متعدد آن توسعه گسترده شهر و تبدیل اراضی زراعی و باغها به مناطق مسکونی و بالنتیجه افزایش مصارف خانگی و تزریق آن به آب زیرزمینی بوده و از طرفی کاهش برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی این را باعث گردیده است. ورود آب از حوضه‌های دیگر (سد درودزن) به حوضه شیراز نیز از دیگر دلایل بالا آمدن سطح آب زیرزمینی می‌باشد بدلیل ساختار ویژه زمین شناسی از نقطه نظر لایه‌بندی خاک و نفوذپذیری کم آن و همچنین نبود شرایط مناسب زهکشی طبیعی، آبهای حاصل از مصارف شهری و بارندگی از مناطق غرب و شمال شهر به سمت جنوب و شرق هدایت شده و در آنجا به علت عدم وجود زهکش طبیعی، مشکل بالا آمدن سطح آب زیرزمینی را بوجود آورده است و با توجه به روند کنونی این مشکل روز به روز افزونتر خواهد شد. لذا ضرورت اقدامی اساسی و جامع برای حل این معضل احساس می‌گردد.

آنچه در این مقاله می‌آید پایین انداختن سطح آبهای زیرزمینی با در نظر گرفتن امکانات موجود و اجرای زهکشی منطقه مورد نظر با استفاده از سیستم قنات در مسیر بهینه می‌باشد که درکنار این امر مهم از آب قنات برای کشاورزی استفاده شده و در افزایش تولیدات منطقه نقش قابل توجهی را داشته است.

تعریف قنات

۱- مجموعه‌ای از چند میله و یک کوره (یاکوره‌های) زیرزمینی که با شیبی کمتر از شیب سطح زمین آب موجود در لایه آبدار مناطق مرتفع زمین یا رودخانه‌ها یا مردابها و برکه‌ها را به کمک نیروی ثقل و بدون کاربرد نیروی کشش و هیچ نوع انرژی الکتریکی یا حرارتی جمع آوری می‌کند و به نقاط پست‌تر می‌رساند، به عبارت دیگر قنات را می‌توان نوعی زهکشی زیرزمینی دانست که آب جمع‌آوری شده توسط این زهکش به سطح زمین آورده می‌شود و به مصرف آبیاری یا شرب می‌رسد. [۲]

۲- قنات تکنیکی است دارای ویژگیهای استخراج معادن و عبارت است از بهره برداری از سفره آبهای زیرزمینی به کمک دهلیزهای زهکشی آب. [۳]

وضعیت آب زیرزمینی و چگونگی انتخاب سیستم قنات برای زهکشی در شیراز

همانگونه که در تصویر و نمودار شماره یک ملاحظه می‌گردد روند افزایش سطح آب زیرزمینی شیراز در جهت مثبت می‌باشد به ویژه آنکه این افزایش در سالهای آبی ۷۴-۷۱ آنچنان شدت گرفت که در بعضی از مناطق مثل منطقه دارالرحمه و عادل‌آباد سطح آب زیرزمینی به روی زمین رسید و مسئله چگونگی دفن

مردگان مطرح گردید و همچنین خطرات بهداشتی و محیطی حاصل از پدیده بالا بودن آب در قبرستان، شهر شیراز را بطور جدی تهدید می‌کرد و یا آنکه در بعضی مناطق که منازل مسکونی در سطح پایین‌تر از زمین طبیعی واقع شده بودند مشکلات چندین برابر گردید از یک طرف مسئله دفع آبهای سطحی این محلات و از طرف دیگر بالا آمدن آب زیرزمینی موجب گردید که ساکنین نتوانند در آن محلات زندگی کنند و کوچ کردن آغاز گردید و در این زمان بود که در پی آن شدیم تا چاره‌ای اساسی بکار گرفته و مسئله را به نحوی حل کنیم، یا آنکه می‌بایست در مناطق مسکونی نسبت به خرید منازل اقدام می‌کردیم. برای مثال در یک محله می‌بایست ۳۰۰ منزل را خریداری می‌کردیم و هزینه آن حداقل ۴ میلیون تومان برای هر واحد تخمین زده شد که جمعاً برای ۳۰۰ خانه حدود یک میلیارد و دویست میلیون تومان بودجه نیاز بود و تنها این در یک محل بود باضافه آنکه مشکل به قوت خود باقی می‌ماند بنابراین برای زهکشی این مناطق سه گزینه مطرح گردید.

- خرید دستگاههای حفار زیرزمینی از خارج
- زهکشی از طریق ترانشه باز و لوله گذاری
- سیستم قنات

گزینه یک

۱ - هزینه این دستگاه و متعلقات جانبی آن به لحاظ تهیه ارز و مشکلات آن برای شهرداری مقدور نبود.

۲ - چنانچه می‌توانستیم مشکلات تهیه ارز و گرفتن مجوز را حل نماییم زمان را از دست می‌دادیم و برای مردمی که خانه‌هایشان به زیر آب رفته بود نمی‌توانستیم با بوروکراسی اداری قضیه را پاسخ دهیم.

گزینه دوم

در مورد این گزینه نیز مشکلات عدیده‌ای وجود داشت.

۱ - هزینه تهیه لوله و مشبک کردن آنها:لوله مشبک با قطر بالا در بازار موجود نبود و نیست.

۲ - حفاری در خیابانهای کم عرض و با عمق زیاد در مجاورت ساختمانهای موجود غیر ممکن بود.

۳ - هزینه حفاری و کارگذاری حداقل ۶ برابر تونل زیرزمینی محاسبه گردید.

گزینه سوم

انتخاب سیستم قنات با توجه به این موارد بوده است:

۱ - استفاده از وسایل ساده و نیروی کار محلی

۲ - نداشتن وابستگی ارزی و تجهیزات خارجی

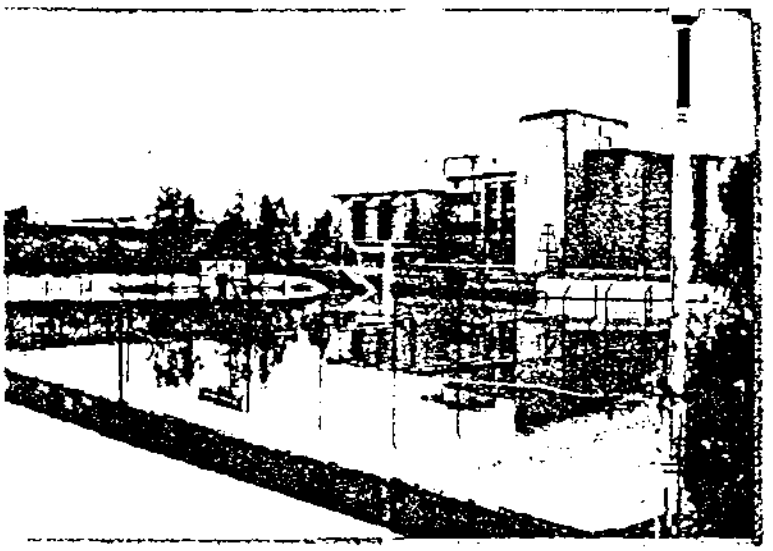
۳ - طولانی بودن عمر مفید قنات نسبت به موتور پمپ و چاه

۴ - عدم وابستگی به انرژی الکتریکی

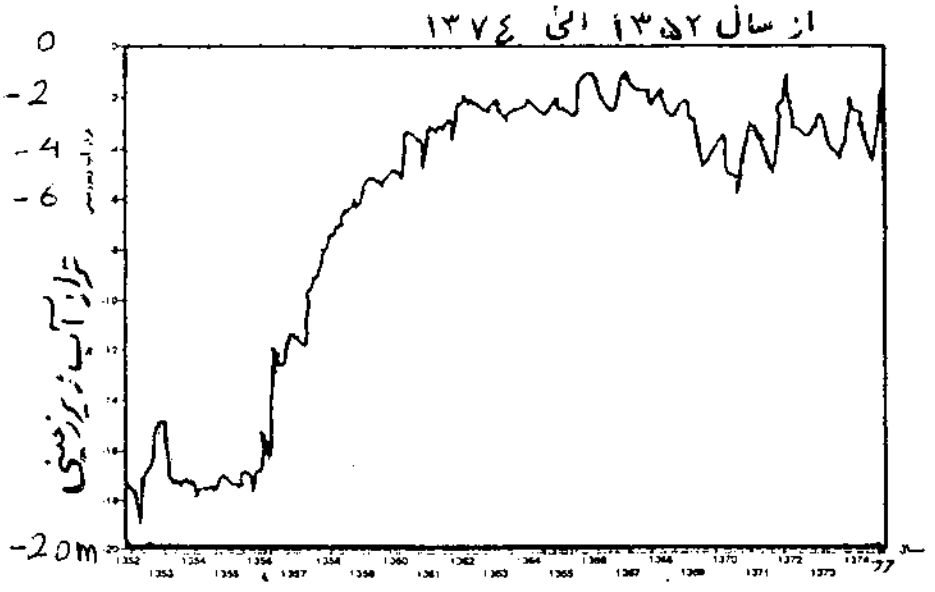
۵ - پایین بودن هزینه قابل ملاحظه نسبت به ۲ گزینه دیگر

۶ - قنات نقش زهکشی را بخوبی ایفا می‌نماید با توجه به شواهد امر از بالا آمدن سطح آب زیرزمینی جلوگیری می‌کند.

۷ - هزینه جابجایی تأسیسات ندارد و در زمان اجرا اختلال ترافیکی ایجاد نمی‌کند.



نمونه‌ای از مشکلات حاصل از بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در شهر شیراز



نمودار تغییرات سطح آب زیرزمینی جنوب شرقی شهر شیراز

نمودار و تصویر شماره (۱) - مأخذ: مهندسین مشاور پاراب فارس

آزمایشهای لازم

در حین انجام کار زهکشی آزمایشهای آب و خاک لازم بر روی پروژه‌ها انجام گردید و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که خلاصه‌ای از آنها در این مقاله آمده است.

هدف آزمایش

پایین آوردن سطح آب زیرزمینی به هر علتی که باشد و یا به هر طریقی که صورت پذیرد باعث فشردگی خاک و فرونشست سطح زمین می‌گردد. این پدیده که براثر تغییرات منافذ خاک، تغییرات تنش مؤثر در خاک و... صورت می‌پذیرد بستگی به نوع خاک داشته و برای خاکهای مختلف متفاوت است.

شستگی لایه‌های خاک در اثر پایین انداختن سفره آب زیرزمینی از طریق مکش می‌تواند تابع جنس، دانه‌بندی، پارامترهای C و Q خاک و سرعت مکش پمپ می‌باشد. این موضوع می‌تواند بر نشست خاک تأثیر بسزایی داشته باشد. چون در اثر مکش پمپ و خروج مواد ریزدانه معلق در آب، حفرات و تخلخل در خاک ایجاد شده و به مرور مقدار تخلخل اضافه شده و موجبات نشستهای ناگهانی و رمبیدن Collapse آن را فراهم می‌سازد از این رو بررسی دقیق و علمی این موضوع از ضروریات این مطالعه می‌باشد.همچنین تأثیر پایین افتادن سطح آب زیرزمین بر مقاومت مجاز خاک می‌بایست مورد نظر باشدو تأثیر آن بر روی پی‌های ساختمانهای احداث شده بررسی گردد.

نتایج آزمایش تحکیم

با توجه به آنکه نمونه‌های دست نخورده تهیه شده در محل دارای درصد زیادی مواد ریزدانه یا (رس) بود اقدام به انجام آزمایش تحکیم خاک گردید که نتایج آن در آنالیز نشست به کار گرفته شده است.

مقاومت تک محوری

از نظر مقاومت تک محوری آزمایشهای انجام شده نشان دهنده مقاومت کم خاک در منطقه نمونه برداری شده می‌باشد که این خاک را جزء خاکهای ضعیف قرار می‌دهد.

تأثیر کلی احداث سیستم قنات زهکش بر سطح سفره آب زیرزمینی منطقه

- بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی پس از حفر قنات زهکش

برای تعیین چگونگی تغییرات سطح آب زیرزمینی بر اثر حفر قنات زهکش، اقدام به تعیین پارامترهای خاک و استفاده از برنامه کامپیوتری MSEEP گردید. این برنامه که با روش عناصر محدود، خاک را مدل می‌کند با دادن شرایط مرزی مناسب و تعیین تعداد المان، پایین افتادن سطح آب را مشخص می‌نماید.

در این آنالیز دو حالت در نظر گرفته شده است:

حالت اول: حفر یک قنات زهکش در عمقهای متوسط شش، ده و پانزده متری.

حالت دوم: حفر دو قنات زهکش به فاصله پانصد متری از هم و در عمقهای متوسط فوق‌الذکر.

نتایج آنالیزهای فوق به تفصیل در گزارشها ارایه گردیده و در اینجا به صورت خلاصه به تشریح نتایج می‌پردازیم.

پارامترهای خاک

در این برنامه احتیاج به دانستن ضریب نفوذ پذیری خاک می‌باشد که با توجه به نتایج آزمایشهای انجام شده پارامتر نفوذ پذیری در جهت قائم خاک برابر $7.7*10^{-5}$ متر بر ثانیه در نظر گرفته شد. البته ضریب نفوذ پذیری در جهت افقی به خاطر رسوبی بودن خاک منطقه و تجارب موجود در منطقه دو برابر ضریب نفوذ پذیری قائم منظور گردیده است.

حالت اول: یک قنات زهکش در عمق ده متری

برای تخمین نوسانات سطح آب زیرزمینی براثر حفر یک قنات زهکش در عمقهای مختلف ابتدا لایه خاک به صورت همگن و با ضریب نفوذ پذیری متوسط ذکر شده در فوق به عمق پنجاه متری در نظر گرفته شد. انتخاب عمق پنجاه متر با توجه به حفاریهای انجام شده توسط سازمان آب در منطقه بوده است.

در ابتدا قنات مذکور به صورت کانال زهکش که نهایتاً سطح آب را به تراز خود می‌رساند فرض گردید در دوطرف قنات به فاصله ۵۰۰ متر از هر طرف فرض شده است که سطح آب به تراز قبل از حفاری قنات یعنی سطح زمین برسد.

آنچنانکه از نتایج مشخص می‌گردد با حفر یک قنات زهکش در عمق ده متری در منطقه مورد نظر با توجه به شرایط تا شعاع حدود سیصد متری از محور قنات تراز آب زیرزمینی در عمق سه متر یا بیشتر قرار خواهد گرفت. از آنجاکه در دو طرف قنات شرایط یکسان می‌باشد برای کاهش میزان خطا در این آنالیز اقدام به کاهش حجم عملیات محاسباتی با حذف نیمی از محیط گردید بنابراین با قرار دادن محور قنات به عنوان محور تقارن و اعمال شرایط مرزی مربوطه برای همان قنات زهکش در عمق ده متری مسئله مجدداً تحلیل و نتایج در جدول شماره ۱ آورده شده است. مقایسه نتایج آنالیز نشان می‌دهد که شرایط اعمال شده همخوانی داشته و تأثیر قنات در پایین انداختن سطح آب زیرزمینی تقریباً یکسان است.

حالت دوم : دو قنات زهکش به فاصله پانصد متری از هم و در اعماق متفاوت

برای اینکه تأثیر نوسانات تراز سطح آب زیرزمینی برای حالتی که دو قنات زهکش بر هم تأثیر می‌گذارند مشخص شود، اقدام به آنالیز این حالت گرفته شد. در این حالت نیز مسئله به دو نیمه متقارن تقسیم شده که فقط یک نیمه تحلیل گشته است. خلاصه نتایج در جدول شماره ۲ آورده شده است و برای این حالت نیز قناتها در اعماق ده متری، شش متری و پانزده متری در نظر گرفته شده‌اند.

چنانکه مشاهده می‌شود استفاده از دو قنات به فاصله پانصد متری از هم باعث پایین افتادن سطح آب به

مقدار تقریباً یکنواختی در بین دو قنات می‌گردد که نتایج آنالیز نشان‌دهنده این است که مقدار پایین افتادن سطح آب در بین دو قنات تقریباً نزدیک به عمق قناتها می‌باشد. با توجه به این مطلب به نظر می‌رسد که در مناطقی که وسعت ساختمانها زیاد می‌باشد استفاده از این سیستم با عمق قنات کم مناسبتر می‌باشد از آنجا که با حفر مثلاً دو قنات زهکش در عمق حدود سه متری می‌توان سطح آب در منطقه بین دو قنات را تقریباً به همین عمق پایین انداخت.

بنابراین نتایج مرحله اول طرح پایین انداختن سطح آب زیرزمینی که به صورت تخمین نوسانات تراز آب زیرزمینی نسبت به سطح زمین در محدوده قنات زهکشهای حفر شده با اعماق مختلف می‌باشد ارایه گردیده است. با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که استفاده از سیستم تک قنات در محدوده حدود سیصد متر و عمق متوسط قنات به اندازه ده متر می‌تواند سطح آب زیرزمینی را به اندازه سه متر پایین ببرد و برای ساختمانهای منطقه که عمدتاً یک طبقه یا حداکثر دو طبقه بدون زیرزمین باشد مناسب است در عین حال برای محدوده بیش از سیصد متر پایین‌تر بردن عمق قنات و یا استفاده از دو قنات در مجاور هم می‌تواند مفید باشد. در عین حال پایین بردن زیاد سطح آب اگر چه به ظاهر مسئله منطقه را از این نظر حل می‌نماید ولی دارای عواقب جنبی که مهمترین آن مسئله نشست خاک می‌باشد خواهد بود که این مطلب نیز بررسی گردیده که خلاصه نتایج این بررسی‌ها در زیر ارایه شده است.

بررسی نشست خاک ناشی از پایین انداختن سطح آب زیرزمینی

- نتایج محاسبات

براساس محاسبات انجام شده میزان نشست خاک و در نتیجه فرونشست سطح زمین به دو صورت نشست کل و نشست در زمان معین محاسبه گردیده است. ابتدا میزان کل نشست خاک بدون درنظر گرفتن زمان وقوع آن محاسبه گردیده است. وقوع این نشست ممکن است طی ده‌ها سال وگاهی صدها سال به طول بیانجامد. نشست کل خاک با توجه به پارامترهای ارایه شده به صورت تابعی از تغییرات سطح آب زیرزمینی بیان شده و سپس برای ترازهای متفاوت سطح آب زیرزمینی میزان نشست کل مترادف با آن محاسبه شده است.

براساس محاسبات فوق نمودار شماره ۲ جهت به دست آوردن میزان فرونشست سطح زمین بر حسب تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی برای منطقه مورد نظر ارایه گردیده است.

با توجه به نمودار فوق با داشتن میزان پایین افتادن سطح سفره آب زیرزمینی می‌توان فرونشست کلی سطح زمین را تخمین زد چنانکه از نمودار شماره ۲ مشاهده می‌شود میزان فرونشست سطح زمین حتی برای تغییرات کم سطح آب زیرزمینی (پایین افتادن سطح آب) قابل توجه بوده و از میزان قابل تحمل برای پی ساختمانهای یک طبقه که حدود ۲/۵ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود به مراتب بیشتر است. این پدیده در صورتیکه به صورت نشستهای غیرمتجانس عمل نماید خطرناکتر و مخرب‌تر خواهد بود. بنابراین باید توجه نمود که با حفر قناتها به صورت شبکه حتی‌الامکان سطح آب زیرزمینی در محل ساختمانها به صورت یک نواخت پایین برده شود و از حفر یک سیستم قنات با عمق زیاد خودداری گردد. اگر چه توجه به این نکته الزامی است که نشستهای نشان داده شده در نمودار شماره ۲ نشستهای نهایی می‌باشند که همانطور که ذکر گردید ممکن است با توجه به نفوذ پذیری کم خاک در مدت طولانی انجام گردد و بنابراین با توجه به عمر مفید

ساختمانهای موجود در منطقه بهتر است نشست در زمانهای متفاوت نیز محاسبه گردد تا بتوان تصویر روشن‌تری از چگونگی وقوع نشست به دست آورد.

تغییرات زمانمند فرونشست زمین

با توجه به ضریب نفوذپذیری نسبتاً کم خاک میزان نشست محاسبه شده در قسمتهای قبل به صورت تدریجی اتفاق خواهد افتاد و این موضوع از این نظر که نشست به صورت ناگهانی نیست یک پدیده مطلوب می‌باشد برای محاسبه زمان اتفاق افتادن میزان نشست اقدام به مدل کردن خاک با استفاده از روش تفاضل محدود گردید و از تئوری تحکیم خاک برای این منظور استفاده شده است. شرایط مرزی خاک برای هر کدام از لایه‌ها جداگانه درنظر گرفته شده است و برنامه کامپیوتری مناسب برای این منظور نوشته شده و مورد استفاده واقع گردیده است. نتایج آنالیزهای انجام شده با استفاده از برنامه مزبور در نمودارهای ۳ و ۴ آورده شده است. آنچنان که در نمودارهای مزبور مشاهده می‌شود میزان نشست در سالهای اول عمدتاً ناچیز بوده ولی با گذشت زمان افزایش می‌یابد. مقادیر نشست برای پنجاه سال پس از اجرای سیستم قنات زهکش محاسبه شده است.

نتیجه آزمایش

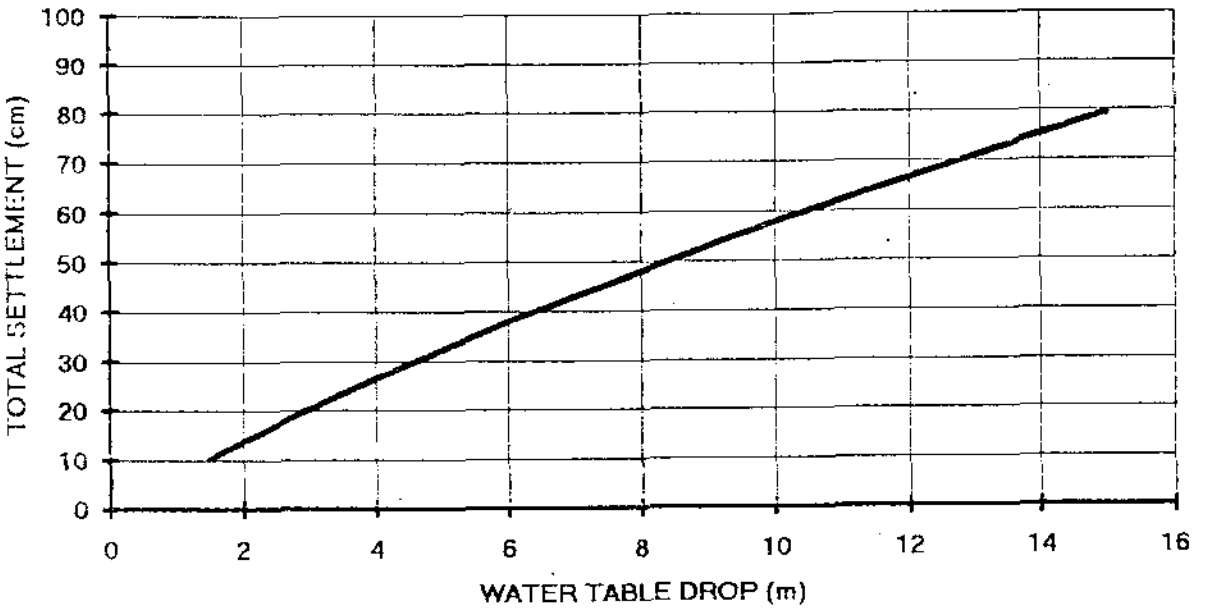
با توجه به نتایج آزمایشها چنین نتیجه گیری می‌شود که پایین انداختن سطح آب زیرزمینی در منطقه عادل‌آباد شیراز با استفاده از سیستم قنات زهکش به نظر مناسب می‌آید و نسبت به سیستمهای مشابه که علاوه بر ایجاد عوارض جانبی از قبیل آب شستگی، نشست موضعی و . . . احتیاج به تأمین هزینه نسبتاً بالای نگهداری تأسیسات مربوطه را دارد این سیستم دارای این مزیت است که پس از اجرا به صورت خودکار عمل نموده و تنها هزینه نگهداری، لایروبی‌های احتمالی سالانه آن می‌باشد و چون جریان آب به صورت ثقلی عمل نموده هر گاه سطح آب از تراز کف قنات پایین رود، سیستم زهکشی از عمل خارج شده و در نتیجه عوارض جنبی زهکشی نیز مترادفاً متوقف می‌گردد.

جدول شماره (۱): یک قنات زهکش در عمق ۱۰ متری آنالیز اول (فایل ADELS01)

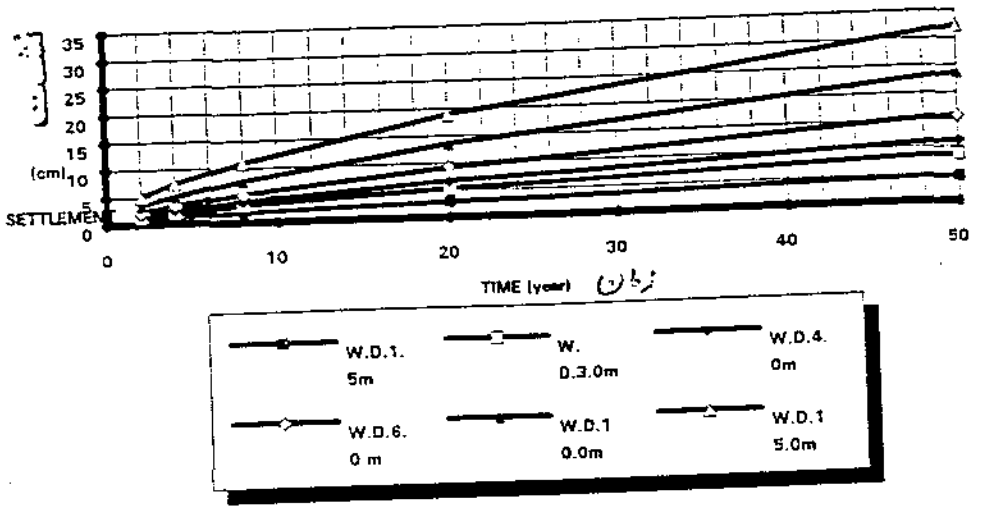
Node Number	فاصله از محور قنات (m)	میزان پایین افتادن تراز آب نسبت به سطح زمین (m)
2	500.00	0.00
4	416.75	1.45
6	333.50	2.95
8	250.25	4.51
11	208.63	5.31
25	156.59	6.32
137	104.57	7.37
273	47.33	8.60
289	0.00	9.99

جدول شماره (۴) : دو قنات زهکش در عمق ۱۰ متری (فایل ADEL002B)

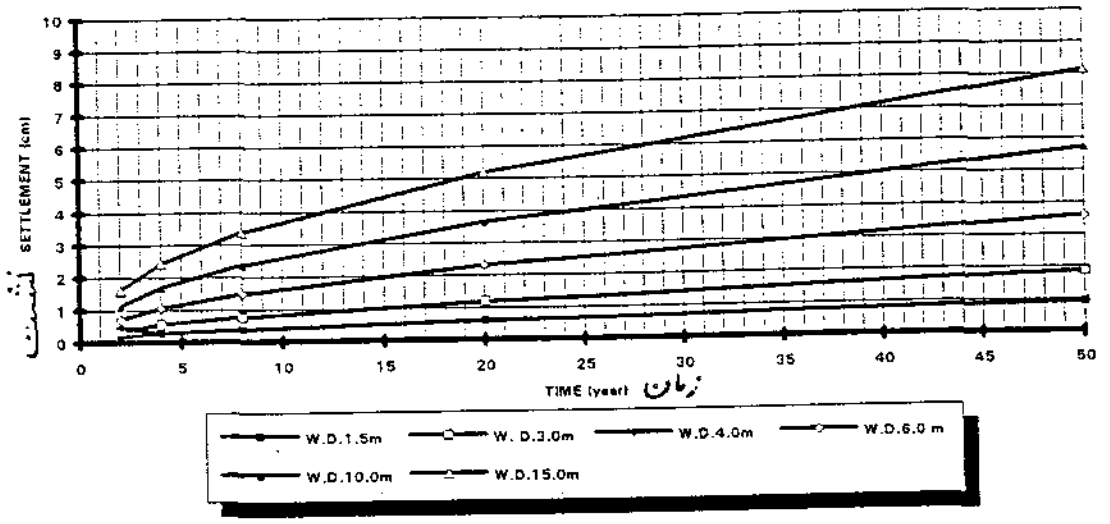
Node Number	فاصله از محور قنات (m)	میزان پایین افتادن تراز آب نسبت به سطح زمین (m)
6	500.00	0.16
54	420.08	1.39
108	330.17	2.97
156	250.25	4.42
186	200.30	5.35
246	100.40	7.27
356	50.45	8.28
504	0.00	10.00
614	-49.9	9.32
719	-99.8	9.29
779	-199.6	9.29
809	-249.50	9.29



نمودار ۲



نمودار ۳



نمودار ۴

اسامی قنات زهکش‌های اجرا شده و احیاءِ شده در شیراز

۱ – قنات زهکش عادل آباد	۵۰۰۰ متر طول	آبدهی ۴۰ لیتر در ثانیه
۲ – قنات زهکش خیابان کارگر و قیام	۳۰۰۰ متر طول	آبدهی ۵۰ لیتر در ثانیه
۳ – قنات زهکش بلوار رحمت و ده‌پیاله	۲۰۰۰ متر طول	آبدهی ۶۰ لیتر در ثانیه
۴ – قنات زهکش دارالرحمه شیراز	۳۰۰۰ متر طول	آبدهی ۵۰ لیتر در ثانیه
۵ – قنات زهکش شهرک امام رضا	۳۰۰۰ متر طول	آبدهی ۲۰ لیتر در ثانیه
۶ – قنات قدیمی جیروه	۳۰۰۰ متر طول	آبدهی ۵۰ لیتر در ثانیه
۷ – قنات قدیمی کنس بس	۲۰۰۰ متر طول	آبدهی ۴۰ لیتر در ثانیه

نتیجه گیری

نبودن دستگاههای مکانیزه حفاری در اعماق زمین در کشور، نتوانست کوچکترین خللی در روند حرکت انقلابی متخصصین ایرانی در امر کمک به محرومین در محلات فقیر نشین ایجاد کند.

برای مبارزه با مشکلات ارزی و عدم وابستگی به خارج از فن قنات به همراه سایر فنون مهندسی استفاده گردید و این مایه افتخار برای ایرانیان است که می توانند با حداقل هزینه و امکانات این چنین مسئله‌ای را حل و از ضرر و زیان چند میلیارد تومانی جلوگیری کنند.

در کنار عملیات زهکشی باسیستم قنات و با پایین افتادن سطح سفره آب زیرزمینی حدود ده متر ایمنی و استحکام ساختمانها افزایش یافته و منطقه وسیعی از زمینهای غیر قابل ساخت و ساز و همچنین غیر قابل کشت مورد استفاده قرار گرفته و با استفاده از آب قنات برای کشاورزی منطقه افزایش تولید داشته‌ایم. ارتقاءِ سطح بهداشت و کاهش اثرات منفی اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی از جمله یافته‌های زهکشی با سیستم قنات بوده است .

فهرست منابع

۱ – قنات سازی و قنات داری – دکتر عبدالکریم بهنیا (مرکز نشر دانشگاهی، تهران)

۲ – قنات فنی برای دستیابی به آب – هانری گویلو ترجمه ابوالحسن سروقدمقدم – دکتر محمدحسین پابلی‌یزدی (معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی)

۳ – گفتاری درباره آبدهی قناتها (دانشکده فنی دانشگاه تهران) یادداشت شخصی

۴ – شرکت مهندسین مشاور پاراب فارس

۵ – مقاله شماره ۱۴ هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران – مرحوم پرهام جواهری

۶ – تجزیه و تحلیل آب و خاک منطقه زهکشی شده عادل‌آباد – آقای دکتر بیدختی و آقای دکتر هاتف مهرماه ۷۶ (دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز)

۷ – اداره آبهای زیرزمینی و زهکشی شهرداری شیراز (معاونت فنی و شهرسازی)

ABSTRACT

The high groundwater table in wide areas of SHIRAZ has caused many problems such as building settlements , mixing of sewage with groundwater and stormwater.

The objective of this paper is to lower the groundwater table with existing facilities and implementing drainage with use of ghanat system. The other objective is to investigate the effects of lowering groundwater table on sudden settlement and differential consolidation for structures.

The advantages of drainage with ghanat system in comparison with horizontal and surface drainage systems are:

- Use of drained water for agriculture development.
- Reclamation of wide area due to around 10 m. of groundwater table lowering.
- The improved environment in the area.

This system does not regvire electricity , it doesn´t need equipments and therefore doesn´t depend on foreign currency. It can be used with simple equipments and simple local workforce. The economic life of ghanat in comparison to pump is very high and the cost of this system is very low.

To see how effective this system is working , many tests and experiments on water and soil in the area have been performed. Bore holes to determine the compression , cohesion , Atterberg limits , triaxial tests , and consolidation tests have been done. EC, TDC , PH , Na , Ca , Mg of water samples have been measured.