بهره‌بگیری از سامانه‌ی آب‌رسانی سنتی با مدیریت ساخت متناسب با رویکرد پدافند غیرعامل

فصلنامه علمی تخصصی
مهندسی و مدیریت ساخت
سال دوم، شماره دوم
شماره پیاپی ششم
تابستان ۱۳۹۶

غلامرضا جلالی فراهانی
دکتری مدیریت راهبردی پدافند غیرعامل، استادیار دانشگاه دفاع ملی، ریاست سازمان پدافند غیرعامل کشور
حسن پیری‌حور
دانشجوی پدافند غیرعامل، گرایش طراحی، عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان
محمدعلی نکوئی
استادیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر

نویسنده مسئول: **پیری‌حور، حسن**
آدرس ایمیل:
hassanpiri71@yahoo.com

چکیده:

با توجه به اینکه استان‌های کویری در طول تاریخ با مشکلات کمبود و یا حتی نبود آب مواجه بوده‌اند ازاین‌رو آب در این مناطق از ارزش دوچندانی برخوردار است. تاریخ آب‌رسانی در استان کویری یزد، حاکی از سختی‌های فراوانی است که مردمان این استان در طول تاریخ برای تأمین آب تجربه کرده‌اند. پیشینیان استان یزد با مدیریت آب‌های رودخانه‌های فصلی، چشمه‌ها، آب‌های زیرزمینی و آب‌های جمع‌آوری‌شده از نزولات جوی، آب موردنیاز مصارف کشاورزی و شرب شهروندان را با ایجاد سازه‌های سنتی تأمین می‌نمودند. با مرسوم شدن سامانه‌ی مدرن آب‌رسانی سازه‌های تاریخی آبی که فرآیند آب‌رسانی را در استان تشکیل می‌دادند از بهره‌برداری خارج‌شده‌اند. ازآنجایی‌که بخش قابل‌توجهی از این سازه‌ها همچنان قابلیت بهره‌برداری دارند. در همین راستا این مقاله به روش توصیفی تحلیلی و با اتکا به برداشت‌های صورت گرفته از بازدیدهای میدانی و مصاحبه‌هایی که با صاحب‌نظران بومی استان یزد انجام‌شده است. در این مقاله ضمن پرداختن به ضعف‌های ناشی از مدرن شدن سامانه‌های آب‌رسانی به‌ضرورت آب‌رسانی سنتی پرداخته شده است با توجه به پژوهش انجام شده استفاده از ظرفیت‌های سازه‌های سنتی موجود در سطح استان را به منظور مدیریت ساخت سامانه‌های آب‌رسانی ضرورتی متناسب با اهداف پدافند غیرعامل به‌حساب می‌آید. ازجمله راه‌کارهای کاربردی و عملیاتی که می‌توان برای مطالعات پدافند غیرعامل سامانه‌ی آب‌رسانی، استان یزد متصور شد، استفاده از ظرفیت سازه‌های سنتی است که در سطح شهر موجود هستند. به همین منظور مقاله پیش رو بهره‌گیری از سامانه سنتی آب‌رسانی را در آب‌رسانی مدرن شهری ضرورتی متناسب با مبانی و اصول پدافند غیرعامل دانسته و موردبررسی قرار داده است.

کلید واژگان: آب‌رسانی سنتی، آب‌رسانی مدرن، پدافند غیرعامل

The utilization of a traditional water supply system with construction management in accordance with the passive defense approach

piri, hassan
jalalai, gholamreza
Nekooie, Mohammad Ali

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
Volume 2 , Issue 2,
Summer 2017

Corresponding author:
hassan pirihoor

Email address:
hassanpiri71@yahoo.com

۱- مقدمه

آب به‌عنوان یکی از نیازهای فیزیولوژیکی بشر، نقش اصلی در تشکیل جوامع انسانی داشته است. از طرفی نیز به دلیل ضرورتی که برای حیات دارد به‌صورت مستمر از سوی کشورهای مهاجم مورد هدف قرارگرفته و متحمل تهدیدات اعم از تهدیدات مؤثر بر کمیت و کیفیت آب بوده است [۱].

در سال‌های اخیر جنگ‌های داخلی و درگیری‌هایی که در منطقه خاورمیانه به وقوع پیوسته نشانگر موردتهاجم قرار گرفتن زیرساخت‌ها و شریان‌های حیاتی کشورها و شهرها است زیرساخت آب‌رسانی نیز به دلیل تأمین نمودن یکی از نیازهای اولیه انسان از اهمیت والایی برخوردار می‌باشد، طوری که وجود اختلال در سامانه‌ی آب‌رسانی در کمترین زمان ممکن پیامدهای منفی به دنبال خواهد داشت. این در حالی است استان‌های کویری و که منابع آب آن‌ها عمدتاً از اطراف تأمین می‌گردد و به دلیل نبود منبع آب جایگزین، حساسیت بالاتری به خود اختصاص می‌دهند. از این منظر، طراحی و اجرای سامانه‌های آب‌رسانی در استان‌های کویری اهمیت داشته و مستلزم انجام مطالعات پدافند غیرعامل برای تأسیسات سامانه آب‌رسانی است.

وجود اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک در قسمت اعظم و قریب به‌اتفاق کشور ایران موجب شده است که محدودیت منابع آب ازنقطه‌نظر توزیع زمانی و مکانی عامل اصلی برنامه‌ریزی در توسعه اقتصادی و به‌ویژه کشاورزی کشور باشد. در چنین شرایطی ارزش اقتصادی آب و علاوه بر آن ارزش حیاتی آن بسیار چشمگیر است و لذا توجه خاص به بحث استحصال آب و توسعه و تطبیق آن با شرایط اقلیمی، اقتصادی، اجتماعی و محلی را در مناطق مختلف کشور طلب می‌نماید. به همین دلیل از دیرباز در بیشتر دشت‌های ایران برای دسترسی به آب، تلاش چشمگیری صورت گرفته و ایرانیان با بهره‌جستن از تمام توانایی‌های خود، ده‌ها کیلومتر قنات حفر کرده‌اند. آن‌ها در کنار ساخت قنات‌ها و سدها، به ذخیره‌سازی آب‌های فراوان زمستان برای به مصرف رساندن در فصل‌های گرم سال نیز توجه داشته‌اند و برای این مسئله آب‌انبار را بنیان گذاشته‌اند [۲]. البته برخی از آب‌انبارها به‌طور مداوم در طول سال در حال بهره‌برداری بوده‌اند. علاوه بر آب‌انبارها سازه‌هایی به‌عنوان یخچال‌های خشتی طراحی و احداث می‌کرده‌اند که آب را در فصل زمستان به‌صورت یخ در آن ذخیره می‌کرده‌اند و در فصول گرم به مصرف برسانند.

۲-سامانه آب‌رسانی مدرن

سامانه آب‌رسانی شامل تأسیسات و اجزای زیر است که یک طرح آب‌رسانی بسته به نوع و محل منابع آب ممکن است شامل تمامی و یا بخشی از این تأسیسات باشد [۳]. به‌طورکلی سامانه آب‌رسانی از چهار مرحله تأمین آب، انتقال آب، ذخیره آب و توزیع آب تشکیل‌شده است. سامانه آب‌رسانی عبارت است از کلیه تأسیساتی که آب را از منبع تأمین به تصفیه‌خانه یا مخازن ذخیره یا مخازن تأمین فشار و سپس به مصرف‌کننده منتقل می‌کند.

۲-۱-گلوگاه‌ها و چالش‌های سامانه‌ی مدرن آب‌رسانی شهری

با توجه به کمبود آب، روش‌های نوین آب‌رسانی می‌توانند تا حد قابل‌توجهی در مدیریت بهره‌برداری از منابع آب، انتقال اصولی آب، تصفیه مناسب و ذخیره و توزیع با حداقل پرتی آب مؤثر واقع گردد. اما مدرن‌سازی زیرساخت آب‌رسانی بستر وقوع برخی از وقایع و تهدیدات را فراهم می‌نماید. ازآنجایی‌که مشترکین آب در سامانه‌ی مدرن آب‌رسانی وابستگی کامل به کارکرد مناسب زیرساخت آب خواهند داشت ازاین‌رو در صورت بروز اختلال در عملکرد و کارکرد شبکه مشترکین را با معضل بی‌آبی مواجه خواهد ساخت. نظر به اینکه سامانه‌ی آب‌رسانی مدرن تأثیر مستقیمی در زندگی روزمره‌ی شهروندان می‌گذارد، شناخت گلوگاه‌ها و چالش‌ها آن به‌منظور به‌کارگیری تمهیدات بازدارنده ضروری و غیرقابل‌انکار می‌باشد، در ادامه به معرفی و تشریح برخی از این موارد اشاره می‌گردد.

شکل ۱. گلوگاه‌های شبکه‌ی مدرن آب‌رسانی

۲-۲-تهدیدات سامانه‌ی مدرن آب‌رسانی شهری

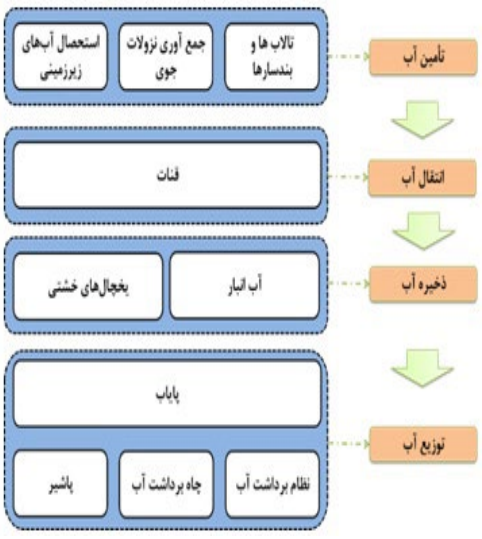
به‌منظور پرهیز از افزایش حجم مطالعات مورد اول از جدول زیر تشریح می‌گردد: نظر به اینکه افزایش جمعیت و رشد روزافزون شهرنشینی تقاضای استفاده از آب پاک و باکیفیت قابل‌قبول برای شرب را افزایش داده است، سامانه‌ی مدرن آب‌رسانی به‌مراتب سهل‌تر از آب‌رسانی سنتی می‌تواند افزایش تقاضای آب را مدیریت نماید اما تجهیز سامانه‌ی نوین آب‌رسانی به سیستم تله‌متری از طرفی کنترل و مدیریت تأمین، انتقال، ذخیره و توزیع آب را تسهیل می‌نماید. از طرف دیگر امکان دسترسی دشمن به سامانه‌ی هوشمند تله‌متری و ایجاد خرابکاری در فرآیند آب‌رسانی جذابیت اعمال حملات سایبری را علیه سامانه‌ی آب‌رسانی بالا می‌برد. در ادامه به تهدیدات پیشروی شبکه‌ی آب‌رسانی شهری اشاره می‌شود.

تهدیدات	1	ایجاد جذابیت جهت انجام عملیات سایبری علیه سیستم آب‌رسانی هوشمند
	2	آسیب‌پذیری با وسعت زیاد به دلیل یکپارچگی سیستم
	3	آسیب‌پذیری دیگر زیرساخت‌های مرتبط با سیستم آب‌رسانی
	4	عدم تطابق با تهدیدات با ماهیت مختلف از سوی دشمن
	5	امکان ایجاد بحران در شبکه‌ی آب‌رسانی هوشمند از سوی دشمن
	6	وابستگی به دیگر کشورها جهت تأمین تجهیزات هوشمند سازی شبکه آب‌رسانی
	7	امکان کنترل و شناسایی نحوه‌ی آب‌رسانی به مشترکین خاص
	8	امکان تسلط گروه‌های تروریستی به نقاط مهم و حساس شبکه‌ی آب‌رسانی
	9	تحریم تجهیزات موردنیاز شبکه‌ی آب‌رسانی هوشمند از سوی دشمن
	10	نظارت مستمر توسط دشمن بافوذ به سامانه‌ی تله‌متری
	11	گستردگی بسیار شدید در سطح شهر
	12	تداخل اجرای شبکه آب‌رسانی با سایر زیرساخت‌های خدماتی (خصوصاً حامل‌های انرژی)
	13	وابستگی شدید به برق برای پمپاژ آب
	14	وجود مصرف‌کنندگان خاص و بعضاً پُرمصرف
	15	تأثیرپذیری از تحولات شهر اعم از رشد بی‌رویه شهر، نیازهای صنعتی و گسترش افقی شهر
	16	امکان آلوده‌سازی برخی از تأسیسات شبکه‌ی آب‌رسانی
	17	احتمال وقوع اقدامات خرابکارانه روی تأسیسات در معرض دید (حوضچه شیرهای فشارشکن و ...)
	18	احتمال وقوع حملات تروریستی مانند بمب‌گذاری در ایستگاه‌های پمپاژ و ...
	19	ایجاد شایعات آلودگی آب در مخازن و شبکه‌ی توزیع

جدول ۱. تهدیدات شبکه‌ی مدرن آب‌رسانی شهری

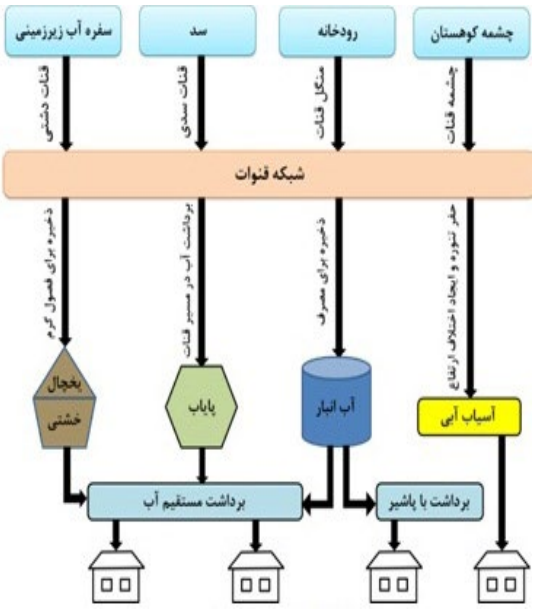
۳- سامانه آب‌رسانی سنتی

قبل از اختراع دستگاه پمپاژ آب‌رسانیبراساس شرایط طبیعی جغرافیا صورت می‌گرفته است. به‌طورکلی در سامانه آب‌رسانی سنتی که در استان‌های کویری همانند استان یزد وجود داشته است، آب را از منابع زیرزمینی و یا رودخانه‌های دائمی و یا فصلی از طریق کانال‌های روباز و یا قنوات به آبادی‌ها می‌رساندند. آب در محلی به نام آب‌انبار ذخیره می‌شده است تا درنهایت برداشت آب از طریق سازه‌هایی به نام پایاب برای مصرف مردم امکان‌پذیر می‌شد.



شکل۲. مراحل اصلی سامانه سنتی آب‌رسانی و جزئیات آن

سامانه آب‌رسانی سنتی تابع شرایط محیطی و جغرافیای منطقه بوده است. طوری که در محیط‌ها و مناطق مختلف از سازه‌های مختص آن منطقه استفاده می‌شده است در این راستا می‌توان انواع مختلف قنات را که متناسب با شرایط زمین احداث می‌گردیدند اشاره نمود. شکل زیر اجزای مختلف سامانه‌ی آب‌رسانی سنتی را به نگاه فرآیندی نشان می‌دهد.

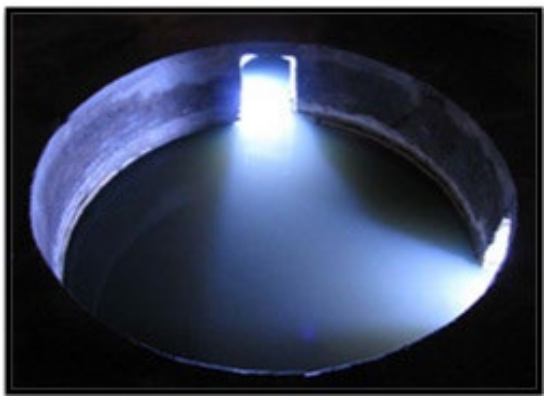


شکل۳. فرآیند آب‌رسانی سنتی

۳-۱-قنات

با افزایش جمعیت و پیشرفت تمدن در ایران باستان، ایرانیان برای اینکه دیگر فقط در محیط تنگ و محدود دره‌ها و پای رودها و چشمه‌ها نمانند، به امید باران‌های اتفاقی زراعت نکنند و با کشیدن آب از چاه‌ها بازور بازوهایشان یا با استفاده از نیروی حیوانی زندگی پرمشقت و کشاورزی و دامداری محدودی نداشته باشند در چندین هزار سال قبل دست به ابتکار جدیدی زده که آن را قنات یا کهریز نام گذارده‌اند[۴]. با این اختراع که در نوع خود در جهان تاکنون بی‌نظیر است، می‌توان مقدار قابل‌توجهی از آب‌های زیرزمینی را جمع‌آوری کرده و به سطح زمین رساند که همانند چشمه، آب آن در تمام طول سال بدون هیچ کمکی از درون زمین به سطح آن جاری گردد [۵].

قنات زارچ در استان یزد، عنوان طولانی‌ترین قنات دنیا را دارد. طول این قنات ۱۰۰ کیلومتر است.بعد از ورود اسلام به ایران، مسجد تاریخی شهر یزد در حریم این قنات ساخته شد تا هم برای پر کردن آب‌انبار زیر مسجدو هم برای وضو گرفتن نمازگزاران از آن استفاده شود. مبدأ قنات در حوالی روستای فهرج است که پس از طی روستاهایی مانند خویدک، دهنو و اکرمیه وارد شهر یزد شده از محلات مختلف شهر ازجمله میدان امیر چخماق عبور کرده و پس از گذر از مسجد جامع، از شهر یزد خارج و به‌طرف زارچ حرکت می‌کند. مسیر دقیق قنات بر اساس مندرجات ثبت‌شده در حدود و مشخصات قنات در سند مالکیت آن آمده است.



شکل۴. قنات زارچ

شاخه شیرین و ابراهیم خویدکی، شاخه‌های خشک‌شده قنات زارچ هستند و هم‌اکنون تنها شاخه شور به طول ۷۲ کیلومتر آبدهی دارد که آبدهی این شاخه در بالادست قنات ۶۰ لیتر در ثانیه بوده، اما در مظهر قنات ۲۸ لیتر در ثانیه است. از آب قنات زارچ ۸۰۰ خانوار کشاورزی استفاده می‌کنند. تعداد مالکان این قنات ۱۰ نفر و اراضی تحت کشت آن ۴۰ هکتار است. از ویژگی‌های دیگر قنات زارچ می‌توان به مربعی بودن مقطع چاه‌های آن در مقایسه با همتایان دیگر اشاره کرد که مقطعی بیضوی یا دایره‌وار دارند. پیشینه حفر چنین چاه‌هایی به زمان زرتشتیان برمی‌گردد.

شکل۵. نحوه‌ی قرارگیری چاه‌های قنات در کنار همدیگر

تا نیم‌قرن پیش آبدهی قنات زارچ بیش از ۱۵۰ لیتر در ثانیه بود، اما به دلیل حفر بی‌رویه چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در حریم آبی قنات، آبدهی آن به‌شدت کاهش‌یافته است. توسعه شهر یزد طی چند قرن گذشته، ساختمان‌سازی در حریم قنات، ریزشی بودن سقف و دیواره مجرای قنات و میله چاه‌ها، نشست فاضلاب‌ها به درون قنات و قرار دادن لوله‌های فاضلاب در برخی مناطق در دالان قنات مشکلات بسیاری را برای این قنات کهن به وجود آورده و درنهایت به مرگ خاموش آن منجر شده است. حتی در حال حاضر ۳۰ کیلومتری از قنات زارچ که از زیر شهر یزد عبور می‌کند در دونقطه در بافت قدیم قرار دارد که این مناطق فاقد فاضلاب هستند و برخی از منازل مسکونی فاضلاب خود را به داخل قنات هدایت کرده‌اند، گرچه با تمهیداتی این معضل به حداقل رسیده، اما همچنان ادامه دارد.

هدایت فاضلاب‌ها به قنات حتی سبب ایجاد گاز دی‌اکسید کربن در قنات شده که این امر لایروبی را برای مقنیان مشکل و خطرآفرین کرده است.

۳-۲-پایاب

پایاب دالانی است شیب‌دار، که در دل زمین حفر می‌گردد تا سطح زمین را به راهرو قنات متصل نماید. به‌این‌ترتیب امکان استفاده از آب جاری در قنات را فراهم می‌آورد. درگذشته پایاب‌ها عمدتاً دارای حوض بوده و محلی برای شستشوی لباس و استحمام محسوب می‌گردیدند. از خنکای پایاب نیز برای نگهداری انواع میوه استفاده می‌شده است. حتی در بعضی پایاب‌ها سکوهایی به‌منظور استراحت در روزهای گرم تابستان در نظر گرفته می‌شده است، بعضی از پایاب‌ها دارای معماری بسیار زیبایی هستند[۶]. پایاب در بناهای مختلف ساخته می‌شده است مساجد، مدارس، کاروانسراها، قلعه‌ها و بالاخره خانه‌ها، مکان‌هایی برای ساخت آن بوده است البته پایاب می‌توانسته بنایی مستقل از بناهای دیگر باشد و ورودی مجزا از دیگر بناها داشته باشد [۷].

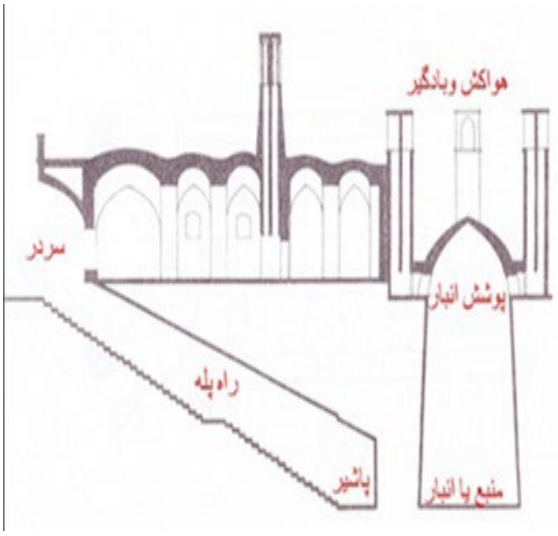
۳-۳-آسیاب

آسیاب عبارت است از مجموعه تأسیساتی که در دل زمین و یا در سطح آن قرار داشته، از اختلاف ارتفاع آب بهره جسته و به کمک پره‌های چوبی، صفحه سنگی مدور و سایر تجهیزات جانبی دیگر، گندم را به آرد تبدیل می‌نموده است. درگذشته آرد موردنیاز اهالی فلات مرکزی کشور عمدتاً از این طریق فراهم می‌شده است مطالعه تاریخچه ظهور و شکل‌گیری آسیاب‌ها نشان می‌دهد غالباً گونه‌بندی انواع آسیاب‌ها، بنا بر نیروهایی می‌باشد که برای کار انداختن آن‌ها استفاده می‌شده است. . ولی آسیاب‌ها درگذشته چنانچه از نامشان پیداست با آب‌کار می‌کردند [۸]. لذا در یک دسته‌بندی اجمالی می‌توان به سه نوع از آسیاب‌های دستی، بادی و آبی اشاره داشت. ظهور اولین آسیاب‌های آبی در ایران (در سال ۹۰ میلادی) متعلق به دوران اشکانی بوده است که در آن زمان از دستگاهی به شکل آسیاب‌های آبی امروزی به نام آسیاب تورس (آسیاب تنوره و یا آسیاب پره) استفاده می‌شده است [۹]. در میان انواع متفاوت آسیاب‌ها، آسیاب‌های آبی در مناطق کویری به‌عنوان رگ حیات نظام شهرهای گذشته می‌باشد و ازلحاظ فنّاورانه و جامعه‌شناختی قابل‌بررسی است [۱۰]. آسیاب‌های آبی ازجمله آثار تاریخی استان یزد محسوب می‌شود که معمولاً در کنار آبادی‌ها و بر سر راه قنات‌ها ساخته‌شده‌اند. آسیاب دستی آن در خانه‌های قدیمی یزد ، با دو سنگ مسطح وجود دارد که روی‌هم قرار می‌گیرند. دسته‌ای به سنگ رویین متّصل است که با ا دست چرخانده می‌شوند و نام این نوع آسیاب، دستاس است که بدان «آردچی» و «آرچی» نیز می‌گویند. ساختمان داخلی آسیاب دارای چند اتاق به‌منظور

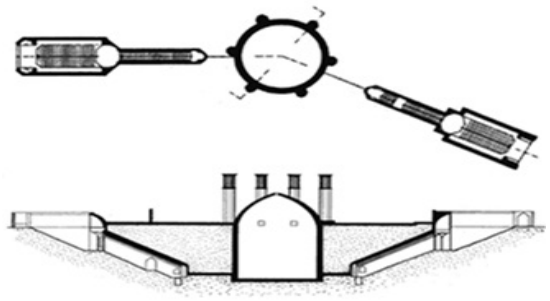
استراحت آسیابان و انبار گندم‌هایی است که باید آرد شود. هر آسیاب دارای قسمت‌های مختلفی است که عمده‌ترین قسمت آن «تنوره» است که به‌صورت مخروطی وارونه طراحی می‌شد، به‌گونه‌ای که آب ذخیره‌شده در آن از روزنه‌ای کوچک با فشار پره‌ها ،سنگ آسیاب را حرکت می‌داد. فضای اصلی آسیاب‌ها در دل زمین جای دارد و بخش نمایان آن شامل نورگیرها و ورودی آسیاب است . از دیگر قسمت‌های آسیاب می‌توان سنگ زیرین و زبرین را نام برد که سنگ زیرین آن بسیار مقاوم‌تر است. از میان آسیاب‌های معروف استان می‌توان آسیاب‌های سنگ سیاه ده آباد، بیده، باغستان، گرمسیر تفت، دو سنگی محمدآباد میبد، تفت، ندوشن و علی‌آباد را نام برد. قدیمی‌ترین آسیاب این استان، آسیاب آبی اشکذر است که قدمت آن مربوط به دوران ایلخانی است.

۳-۴-آب‌انبار

آب‌انبار عبارت است از محلی که آب شرب مردم را تأمین می‌نموده و به‌منظور بهره‌برداری مطلوب از آب و نگهداری آن در شرایط مناسب از تمهیدات و تجهیزات مختلفی بهره می‌جسته‌اند [۱۱]. آب‌انبارها، عمدتاً از قنوات تأمین می‌شده است. آب‌انبار در زیرزمین واقع‌شده و راه دخول به آن‌یک ردیف پلکان طولانی و تاریک است. این رشته پلکان شبیه پلکان مدخل ایستگاه راه‌آهن‌های زیرزمینی است. بادگیرهایی برای خنک کردن آب در آب‌انبارها تعبیه می‌شود. شکل زیر قسمت‌های مختلف آب‌انبار را نشان می‌دهد



شکل۶. قسمت‌های مختلف آب‌انبارها



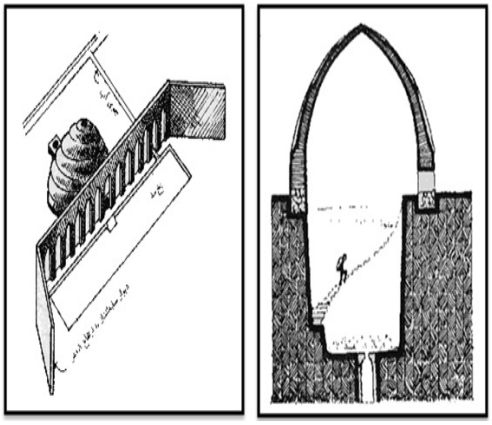
شکل ۷. پلان و مقطع آب‌انبار شش بادگیر یزد

۳-۵-یخدان یا یخچال‌های خشتی آب

یخدان به‌صورت حفره‌ای در درون زمین و در کنار استخر معمولاً پشت دیوار شرقی حفر می‌شده و دارای سقفی گنبدی و دیوارهای گلی بوده و کف آن چاهی قرار داشته که آب‌های حاصل از ذوب یخ به درون آن هدایت می‌شده (البته پلکان‌هایی با سنگ یا آجر و ملاط ماسه آهک یا گچ نیز در ورودی یخدان تا کف آن با شیب بسیار تند ساخته می‌شده تا امکان رفتن به کف گودال فراهم باشد) یخی که در استخرها ایجاد می‌شد پس از شکستن به داخل یخدان‌ها منتقل می‌گردید، کف یخدان‌ها با کاه و در بعضی نواحی با (نی) پوشیده می‌شد تا یخ تماس مستقیم با کف یخدان نداشته باشد در بین لایه‌های یخ نیز از کاه یا پوشال قرار می‌دادنداتا یخها به هم بچسبند و جدا کردن آن‌ها از هم آسان باشد. عملیات یخ‌سازی در فصل سرد سال با پر شدن یخدان چند بار تکرار می‌شد و پس از پرشدن در ورودی آن را با آجر و خشت و گل می‌بستند [۱۲].

۳-۵-۱-یخچال‌های گنبدی

یخچال‌های گنبدی که روی مخزن یخ آن‌ها یک گنبد بزرگ خشتی قرار می‌دادند بیشتر در مناطق خشک خصوصاً حاشیه کویر و شمال شرق کشور دیده می‌شوند. معمولاً طاق و گنبد آن‌ها با خشت خام و به شکل مخروطی پلکانی ساخته می‌شوند و به جهت افزایش مقاومت این گنبدها و کاهش هزینه ساخت آن‌ها ضخامت پوسته گنبد از پائین به بالا کاهش‌یافته و درنتیجه از وزن گنبد کاسته می‌شود از بیرون گنبد این یخچال‌ها به‌صورت پله‌ای هست که تعمیر و نگهداری آسان‌تر و به‌واسطه وجود این پلکان‌ها بسیار راحت انجام می‌شد و از طرفی سقف .بلند آن‌ها باعث کاهش نفوذ گرما به آن‌ها میشده است



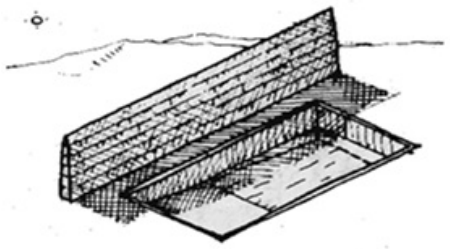
شکل۸. گنبد یخچال، دیوار سایه‌انداز و محل یخبند (سمت راست) نحوه حمل یخ از داخل یخچال به خارج (سمت چپ)

۳-۲-۵یخچال‌های زیرزمینی

یخچال‌های زیرزمینی متعلق به نواحی شمالی مرکزی ایران همچون تهران، ساوه، زنجان و ... است و بخش عمده‌ای از این یخچال‌ها در داخل زمین قرار داشته‌اند و سقف آن‌ها غالباً آجری از نوع طاق و تویزه (طاق‌های شبیه به نیمه استوانه که با آجر یا خشت ساخته می‌شده و دارای دنده‌های قوسی شکل در داخل خود به نام تویزه معروف بوده است) و طاق آهنگ (هرگاه چهار تویزه دنده‌های قوسی شکل را روی چهارپایه طاق بزنند و سپس مابین تویزه‌ها را با آجر خشت پر کنند اصطلاح طاق کلنبه به کار می‌رود) بوده و نوع دیگر یخچال‌ها بدون طاق بوده که شامل یک دیوار سایه‌انداز و بلند و یک استخر بزرگ بوده که نمونه‌های آن بیشتر در اصفهان بناشده است

.۳-۵-۳یخچال‌های بدون طاق

این نوع یخچال دارای دیواری به ارتفاع چهارتا پنج‌متر و به طول دوازده متر بوده است. در سمت نسار (شمالی) این دیوار یک استخر به عمق پنج الی شش متر و طول و .عرض دوازده در پنج‌متر می‌ساختند



شکل۹. دیوار سایه‌انداز و استخر یخچال‌های بدون طاق

۴-تحلیل وضع موجود آب‌رسانی شهر یزد

به دلیل اقلیم گرم و خشک و بیابانی شهر یزد، آب‌رسانی دراین شهر از گذشته تاکنون بامشکلات جدی مواجه بوده است. تاریخ آب‌رسانی در یزد نشان می‌دهدکه برای رفع این مشکل روش‌های حفر قنات وانتقال آب از مناطق پرآب به داخل شهر،روش مناسبی بوده است. باگذشت زمان سامانه ی آب‌رسانی سنتی دست‌خوش تغییروتحولات سیاسی و اجتماعی زیادی قرارگرفته است. گسترش بی‌رویه شهرنیز در استفاده از قنوات به ارث رسیده از نیاکان،سیاست‌های متناسب با روش‌های نوین آب‌رسانی رایج در دنیا راپذیرفته است. درحال حاضر منابع آب شهر یزد از دو بخش کلی آب‌های انتقالی از اطراف شهر که با خط انتقالی آب زاینده‌رود مطرح‌شده است و همچنین منابع آب‌های زیرزمینی موجود در میادین بهره‌برداری چرخاب، یزدگرد و خاتون‌آباد تأمین می‌گردد. نسبت استفاده از آب انتقالی و آب منابع داخلی در فصول مختلف سال متفاوت می‌باشد به‌طوری‌که درفصل‌های گرم سال درصد ااستفاده از منابع داخلی بالاتراست (باتوجه به اطلاعات به دست‌آمده از مسئولین مربوطه به‌طور میانگین آب‌های انتقالی بیش از ۵۵ درصد آب مصرفی شهر را تأمین می‌کند). ازآنجایی‌که آب‌رسانی در گذشته بااستفاده از قنوات موجود، پایاب و آب‌انبارها صورت می‌گرفته و با گذر زمان استفاده از این سازه‌ها به فراموشی سپرده‌شده است، اکثر این سازه‌ها درسطح شهر موجود هستند و می‌توانند به عنوان یک ظرفیت مورد توجه قرارگیرند این در حالی است که برخی از منابع داخلی شهر به سرعت در حال خشک شدن هستند وسطح آب‌های زیرزمینی در این شهر با کاهش قابل‌توجهی مواجه است. درصورتی‌که با امکان احیا کردن مجدد سازه‌های آبی سنتی می‌توان در استفاده کمتر از آب‌های منابع داخل شهر (به‌خصوص در بافت قدیم شهر) بهره گرفت. همان‌طوری که مشخص است شهر یزد دارای دو بافت قدیم و جدید هست که در حال حاضرسیستم آب‌رسانی کل شهر با شبکه آب متناسب با استانداردهای به‌روز صورت می‌گیرد. ازنظرمحیط عملیاتی در حوزه آب‌رسانی می‌تواند و محیط آب‌رسانی بافت قدیم شهر یزد و آب‌رسانی بافت جدید شهر یزد را برای این شهر متصور شد. بدیهی است که آب‌رسانی کل شهرازمنظرسازمانی درحوزه فعالیت آب و فاضلاب خواهد بود و از این‌رو تفکیک کردن خدمات دهی به این دو بافت منطقی نیست.

۴-۱-عوامل منفی و تأثیرگذار بر سامانه ی آب‌رسانی شهر یزد

به منظور بهبود وضعیت کنونی آب‌رسانی شهر یزد و ممانعت از پیامدهای سیاسی، اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی حاصل از این وضعیت به خصوص در آینده ۵۰ ساله،عمده مشخصه منفی حاکم برسامانه آب‌رسانی یزدبه شرح ذیل مشخص گردید. و هم برای وضو گرفتن نمازگزاران از آن استفاده شود. مبدأ قنات در حوالی روستای فهرج است که پس از طی روستاهایی مانند خویدک، دهنو و اکرمیه وارد شهر یزد شده از محلات مختلف شهر ازجمله میدان امیر چخماق عبور کرده و پس از گذر از مسجد جامع، از شهر یزد خارج و به‌طرف زارچ حرکت می‌کند. مسیر دقیق قنات بر اساس مندرجات ثبت‌شده در حدود و مشخصات قنات در سند مالکیت آن آمده است.

۴-۱-۱-کمبود منابع تأمین آب

استان یزد همانند دیگر استان‌های کویری در طول تاریخ به‌طور مستمر با مشکل کمبود منابع تأمین آب مواجه بوده است. بدیهی است که کمبود و یا نبود منابع تأمین آب، فرآیند سامانه‌یآب‌رسانی را مختل می‌نماید. بنابراین یافتن راهکاری برای تأمین آب و مدیریت مصرف از منابع در دسترس ضرورتی انکارناپذیر به نظر می‌رسد.

۴-۱-۲-استفاده بی‌رویه از منابع زیرزمینی

همان‌طوری که بیان گردید استان یزد و به‌تبع آن شهر یزد از کمبود منابع آب رنج می‌برد. این امر سبب می‌گردد تا استفاده از منابع زیرزمینی موجود در داخل شهر یزد

به‌صورت بی‌رویه انجام گیرد. این در حالی است که منابع آب زیرزمینی در این شهر به‌شدت رو به نابودی و حتی خشک شدن و آلوده شدن هستند لذا چاره‌اندیشی برای وضعیت موجود، لازم و ضروری است .

۴-۱-۳-وابستگی به آب انتقالی از زاینده رود

با توجه به کویری بودن استان یزد و کمبود منابع آبی در این استان و علی‌الخصوص شهر یزد، به‌ناچار بخش قابل‌توجهی از آب مصرفی این شهر از طریق خط انتقالی از زاینده‌رود به یزد تأمین می‌گردد . مسئله‌ای که وجود دارد وابستگی مصرف آب شهر یزد به خط انتقالی مذکور است، طوری که درصورتی‌که بروز هرگونه مشکل(کالبدی، اجتماعی، سیاسی و ....) و اختلالی در آب‌رسانی از طریق این خط انتقال، شهروندان یزدی را با مشکلات فجیعی روبه‌رو خواهد ساخت.

۴-۱-۴-وجود تجربه‌های خشک‌سالی

استان یزد خشک‌سالی‌های متوالی و متعددی را تجربه نموده است و ازآنجایی‌که وجود خشک‌سالی به صورت تأثیر مستقیمی بر روش سامانه آب‌رسانی دارد لذا حساسیت آب‌رسانی در شهرهای این استان و به‌خصوص شهر یزد را افزایش می‌دهد.

۴-۱-۵-مصرف آب به‌صورت آب‌های مجازی

وجود صنایعی که مصرف آب زیادی دارند و همچنین مزارعی که وابستگی خاصی به مصرف آب‌دارند با شرایط و وضعیت موجود منابع آبی و نحوه سامانه آب‌رسانی شهر یزد متناسب نیستند. یافتن رویه‌ای متناسب با وضعیت موجود ازجمله استراتژی‌های مدیریت بهینه آب در این شهر تلقی می‌گردد

۴-۱-۶-گسترش بی‌رویه شهر

بدیهی است تعداد مشترکین با میزان مصرف آب رابطه‌ی مستقیمی دارد و افزایش جمعیت نیز باعث افزایش مشترکین تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب می‌باشد. شهر یزد در دهه‌های اخیر افزایش جمعیت چشمگیری داشته است. باافزایش جمعیت، شهر از اطراف گسترش‌یافته و آب‌رسانی را با سختی مواجه ساخته است.

۴-۱-۷-توسعه افقی شهر

افزایش جمعیت شهر یزد در دهه‌های اخیر باعث گردید تا شهر به‌صورتبی‌رویه گسترش یابد . از طرفی نیز این توسعه به‌صورت افقی صورت گرفته و مساحت تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب را بیشتر نموده است. بدیهی است که با بیشتر شدن مساحت، آب‌رسانی را با صعوبت روبه می‌سازد.

۴-۱-۸-تراکم پایین جمعیت نسبت به تراکم مطلوب

گسترش بی‌رویه و توسعه افقی شهر یزد عملکرد زیرساخت‌های شهری را حساس‌تر نموده اما ازآن‌جایی‌که تراکم جمعیت در این شهر نسبت به دیگر شهرهای کشور و به‌خصوص دیگر شهرهای کویری که جمعیت بالایی دارند، هزینه‌ی بالایی را به طراحی، احداث و بهره‌برداری از زیرساخت‌های شهری می‌گردد. از بین زیرساخت‌های شهری نیز زیرساختآب‌رسانی به دلیل برخی از مشکلات فنی همانند نشتی، شکست و ... با وضعیت حاکم بر سامانه‌یآب‌رسانی شهر یزد (با توجه به کمبود آب) نمی‌سازد. به نظر می‌رسد اصلاح الگوی شهرسازی در این شهر علاوه بر عناصر منفی (گسترش بی‌رویه شهر، توسعه افقی شهر و تراکم پایین جمعیت نسبت به تراکم مطلوب) را پوشش می‌دهد. بهره‌برداری از زیرساخت‌های شهری، علی‌الخصوصآب‌رسانی را در این شهر تسهیل می‌نماید.

۴-۲-راهکارهای پیشنهادی برای بهبود وضع موجود

استان یزد ازجمله استان‌های کویری است که در طول تاریخ با مشکلات کم‌آبی مواجه بوده است.درگذشته برای رهایی از این بحران با کندن قنات‌هایی آب‌های اطراف و زیرزمین را استحصال می‌نمودند اما با پیشرفت فنّاوری سامانه‌ی مدرن آب‌رسانی که متکی به دستگاه‌ها و تأسیسات است جایگزین سامانه‌ی سنتی که تابع شرایط محیطی و طبیعی بود شده است. از طرفی افزایش جمعیت و گسترش ناموزون و بی‌رویه شهر یزد نیز بر شدت پیامدهای حاصل از کم‌آبی افزوده است. این در حالی است که منابع آب‌های زیرزمینی به شدت رو به کاهش بوده و برخی از میادین بهره‌برداری در این شهر رو به خشک شدن و یا آلوده شدن هستند. عوامل فوق مستلزم تدابیر مهندسی است تا آینده‌ی این شهر را از خطرات احتمالی کم‌آبی و یا حتی بی‌آبی نجات بخشد. برای این منظور و با توجه به بازدید از سامانه‌ی سنتی آب‌رسانی شهر یزد و مصاحبه‌هایی که با اساتید و مسئولین حوزه آب‌رسانی این شهر صورت گرفت. در ادامه راهکارهایی برای بهبود وضع موجود پیشنهاد می‌گردد که عمدتاً مستلزم مطالعات تخصصی است.

۴-۲-۱- ایجاد و تقویت سکونت‌گاه‌های شهری جدید

تمرکز شدید جمعیت در محور میانی استان و آثار منفیزیست‌محیطی استقرارجمعیت بر منابع آب و خاک ضرورت ایجاد مکان‌یابی جدید برای استقرار جمعیت در پهنه‌های اراضی با قابلیت کمتر را پررنگ می‌سازد علاوه بر این توسعه خدمات به مجموعه‌های روستایی، حوزه‌ها و روستاهای قمر کنترل مهاجرت روستائیان به نقاط شهری بزرگ‌تر، نیازمند شکل‌گیری مراکز شهری جدید است .که بر این اساس نقاط شهری جدیدپیشنهادشده است

۴-۲-۲مطالعه بهسازی و ساماندهی سامانه آب‌رسانی سنتی

سامانه سنتی آب‌رسانی در شهر یزد از قدمت بالایی

برخورداراست. و بر همین اساس اماکن دسترسی و بهره‌برداری از این سامانه در بافت قدیمی شهر یزد وجود دارد. اما فرسودگی و عدم استفاده از این سامانه و اجزاء آن، احیاء سامانه آب‌رسانی سنتی را می‌طلبد تا بتوان در بافت قدیمی شهر یزد از آن‌هابهره‌مند شد و همچنین می‌توان با تلفیق سامانه سنتی احیاء شده با سامانه مدرن، از پتانسیل‌های سازه‌های سنتی آبی در بافت جدید شهر نیز بهره برد

۴-۲-۳بازنگری در الگوی شهرسازی یزد

با توجه به تراکم پایین جمعیتی در شهر یزد نسبت به تراکم جمعیتی مطلوب، بدیهی است که هزینه زیرساخت‌های شهری ازجمله سامانه‌ی آب‌رسانی شهری را بالابرده و مدیریت و بهره‌برداری از آن را با مشکلات مختص خود سامانه مواجه خواهد کرد. ازاین‌رو بازنگری در الگوی شهرسازی شهر یزد و تدوین الگویی متناسب با زیرساخت‌های شهری و علی‌الخصوص متناسب با مشکلات حوزه آب‌رسانی ضرورت می‌یابد

۴-۲-۴توسعه روش های بهینه مصرف ..تولید و بهره برداری از منابع آب

کمبود منابع آبی در استان یزد ضرورت مصرف بهینه, تولید و ساماندهی شبکه بهره‌برداری از منابع آبی را بیش‌ازبیش افزایش داده‌است. به لحاظ تاریخی استان یزد شبکه بهره‌برداری از منابع آب استان در قالب قنوات سازماندهی شده‌بود اما به موازات رشد و توسعه فعالیت‌ها توزیع و تخصیص منابع آب شکل متنوعی به خود گرفته است و آب به عنوان یک نهاده .با ارزش نیازمند روش‌های نوین تولید و مصرف هست

۴-۲-۵توسعه روش های بهینه مصرف آب

با توجه اینکه درصد بالایی از آب شهر یزد در بخش کشاورزی مصرف می گردد لذا بازنگری در نحوه‌ی آب‌رسانی اراضی زراعی (آب‌رسانی بارانی و آب‌رسانی قطره‌ای و آبیاری تحت‌فشار) به‌صورت قابل‌توجهی می‌تواند مصرف آب را بخش کشاورزی بهینه نماید. همچنین تلفیق انهار سنتی با انهار مدرن و پوشاندن .آن‌ها نیز تأثیر مثبتی در این خصوص خواهند گذاشت

۴-۲-۶توسعه بهره‌برداری از آب‌های سطحی

باتوجه به پتانسیل منابع آب سطحی استان یزد، ایجاد ظرفیت برای استفاده از این آب‌هامی‌تواند راهکاری .مؤثر به‌خصوص در بخش کشاورزی تلقی گردد

۴-۲-۷بهره‌برداری مناسب از منابع آب‌های زیرزمینی

محدودیت در صدور مجوز حفر چاه‌های عمیق و نصب کنتور برای چاه‌ها به منظور امکان کنترل .برداشت آب از چاه و ممانعت از برداشت بی‌رویه آب

۴-۲-۸طرح احیاء مرمت و لایروبی قنوات شهر یزد

امکان احیاء قنوات موجود به میزان قابل‌توجهی می‌تواند در .استفاده بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی ممانعت نماید

۴-۲-۹ انتقال آب از حوضه‌های مجاور

یکی از راه‌حل‌های تأمین کمبود آب در حوزه‌هایی که با کمبود آب مواجه‌اند، انتقال آب از حوضه‌های مجاور این حوزه‌هاست. در مورد تأمین کمبود آب استان یزد – شهر یزد نیز این راهکار پیشنهاد می‌گردد. برای این منظور تسریع در اجرای خط دوم انتقال آب از زاینده‌رود به یزد و همچنین تسریع در اجرا و بهره برداری از .انتقال آب از سد بهشت‌آباد به یزد می‌تواند مدنظر قرار گیرد

۴-۲-۱۰توسعه‌ی شبکه‌ی آب

انتقال آب از حوضه‌های مجاور یکی از اقدامات اساسی جهت تأمین پایدار آب در استان یزد هست. به‌منظور گسترش این شبکه و تأمین زیرساخت‌های مناسب و ایجاد تعادل در دسترسی به .منابع آب تجهیز و توسعه شبکه انتقال آب پیش‌بینی می‌گردد

۴-۲-۱۱مدیریت هوشمند سامانه آب شهر یزد

ایجاد قابلیت مدیریت هوشمند سامانه‌یآب‌رسانی شهر یزد می‌تواند بهره‌برداری از آب متناسب با وضع .موجود و کمبود آب در این شهر ایجاد می‌شود

۴-۲-۱۲مدیریت جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب شهری

جمع‌آوری اصولی فاضلاب و تصفیه مناسب آن از آلوده شدن آب‌های زیرزمینی ممانعت نموده و به‌طور .غیرمستقیم بر ظرفیت‌های آب‌رسانی مناسب خواهد افزود

۴-۲-۱۳تقویت درونی شهر و ممانعت از گسترش افقی آن

یکی از مشکلات موجود در الگوی شهرسازی شهر یزد توسعه افقی شهر است که باعث افزایش هزینه طراحی، احداث، بهره‌برداری

و تعمیر و نگهداری زیرساخت‌های شهری می‌گردد. زیرساخت آب‌رسانی شهری نیز ازجمله این زیرساخت‌هاست که به دلیل مشکل کمبود آب در این شهر بایستی موردتوجه قرار گیرد. لازمبه ذکر است که تقویت درونی شهر و افزایش تراکم جمعیتی یکی از راهکارهای مقابله با برخی مشکلات سامانه‌ی آب‌رسانی است.

با توجه به راهکارهای مطروحه فوق، و به‌منظور عملیاتی ساختن آن‌ها چهار طرح کلی که مجموعاً شامل ۱۸ پروژه است، پیشنهاد می‌گردد.

ردیف	عنوان طرح	ردیف	عنوان پروژه
1	مطالعات دقاع غیرعامل در سازه‌های تاریخی آبی شهر یزد	1	امکان‌سنجی احیای سازه‌های تاریخی آبی موجود در شهر یزد
		2	امکان‌سنجی ایجاد مخزن آب در مسیر قنوات قابل احیا
		3	امکان‌سنجی انتقال آب زاینده‌رود به آبانبارهای قابل احیا
		4	امکان‌سنجی استفاده از آبانبارهای احیاشده در شبکه توزیع آب
2	پایدارسازی شبکه آب شهر یزد با به‌کارگیری دانش پدافند غیرعامل	5	متعددسازی خط آب انتقالی به شهر یزد با اصول دفاع غیرعامل
		6	بررسی عوامل کاهش تراز آب در میدان‌های بهره‌برداری شهر یزد
		7	بازنگری در شبکه توزیع آب شهری از منظر دفاع غیرعامل
		8	انجام مطالعات امکان‌سنجی بازچرخانی آب در مجتمع‌های مسکونی
		9	انجام مطالعات امکان‌سنجی استفاده مجدد پساب، رواناب و فاضلاب
3	بهینه‌سازی خدمات حوزه آب‌رسانی با بازنگری در الگوی شهرسازی یزد	10	الگوی شهرسازی متناسب با سامانه آب‌رسانی شهر یزد
		11	امکان‌سنجی ایجاد شهرک‌های اقماری در اطراف شهر
		12	تدوین دستورالعمل‌های جلوگیری از گسترش بی‌رویه شهر یزد
		13	تدوین دستورالعمل‌های جلوگیری از توسعه‌ی اتفاقی شهر یزد
4	مدیریت شرایط اضطراری آب‌رسانی شهر یزد	14	مطالعات آب‌رسانی اضطراری شهر یزد
		15	تدوین راهبردهای کاهش مصرف آب‌های مجازی شهر یزد
		16	کاهش استفاده از تأسیسات و تجهیزات وابسته به آب در کاربری‌های مختلف (با تأکید بر کولرهای آبی)
		17	بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی شهر یزد بر سامانه‌ی آب‌رسانی و ارائه راهبردهای متناسب با آن
		۱۸	تدوین سناریوهای محتمل و برگزاری مانورهای دوره‌ای و عملیاتی

جدول ۲. طرح‌ها و پروژه‌های پیشنهادی بهبود وضعیت موجود در سامانه آب‌رسانی یزد

۵-نتیجه‌گیری

بهره‌گیری از سامانه‌ی آب‌رسانی سنتی که زیرساخت آن در شهرهای مختلف استان یزد وجود دارد ازآن‌جهت دارای اهمیت است که فرآیند آب‌رسانی در آن به‌صورت ثقلی بوده و وابستگی به انرژی حاصل از برق وجود ندارد. از طرفی آب‌انبارهای موجود در سطح شهر می‌توانند ب عنوان مخازن آب اضطراری در شرایط وقوع بحران‌های ناشی از تهدیدات انسان‌ساخت و یا حتی برخی از رخدادهای طبیعی قابل‌استفاده باشند. ناگفته نماند استفاده از قنوات قابل بهره‌برداری و یا قنوات قابل احیاء به‌عنوان انتقال آب از اطراف به داخل شهر باعث کاهش هزینه‌های ناشی از طراحی و اجرای خطوط انتقال نیز خواهد شد. همچنین با ایجاد مخازن بتنی در مسیر قنوات می‌توان از ظرفیت سامانه‌ی آب‌رسانی سنتی در سامانه‌ی مدرن آب‌رسانی استفاده نمود. بدیهی است که بهره‌گیری از اجزا سامانه‌ی آب‌رسانی سنتی موجود در استان یزد استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی و وابستگی به آب انتقالی از زاینده‌رود که به‌عنوان یکی از مشکلات اساسی وضعیت موجود آب‌رسانی یزد محسوب می‌گردد کاهش می‌یابد، ثقلی بودن آب‌رسانی سنتی و زیرزمینی بودن اجزاء آن، پایداری آب‌رسانی را در شرایط اضطراری فراهم خواهد نمود.

۶-تشکرو قدردانی

در راستای انجام پژوهش حاضر از همکاری‌های بی‌دریغ مسئولین محترم استان یزد نهایت تشکر و قدردانی را اعلام می‌داریم برای این منظور از آقایان مهندس محمدصادق طهماسبی (مدیرکل محترم پدافند غیرعامل استانداری یزد)، دکتر علی‌اصغر سمسار یزدی (مدیرعامل اسبق آب منطقه‌ای یزد و بنیان‌گذار مرکز بین‌المللی قنات)، مهندس رضا اشترزاده (مدیر محترم دفتر مدیریت بحران و پدافند غیرعامل آب و فاضلاب یزد)، مهندس محمدحسین اسماعیلی(مدیر محترم دفتر بهره‌برداری آب و فاضلاب یزد) و مهندس مجید لباف خانیکی(پژوهشگر مرکز بین‌المللی قنات و سازه‌های تاریخی آبی) سپاسگزاری می‌نماییم.

۷-منابع

۱-قاضیزاده، علیرضا. (۱۳۸۷). ارزیابی اجزای سامانه آبرسانی از دیدگاه پدافند غیرعامل. تهران: دومین همایش ملی آب و فاضلاب.

۲-ساکت یزدی، علی و همکاران. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر قنات بر شکل گیری الگوهای آسیاب آبی نمونه موردی: آسیاب های آبی یزد. تهران: اولین همایش ملی توسعه پایدار شهری.

۳-نشریه شماره ۳ -۱۱۷. (۱۳۹۲). ضوابط سامانههای انتقال و توزیع آب شهری و روستایی. تهران: دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، معاون برنامهریزی و نظارت راهبردی وزارت نیرو.

۴-سعیدی، ع . (۱۳۸۶). آبیاری: سهم ایرانیان در برپایی تمدن سکونتگاهی. تهران: پیک نور، سال پنجم، شماره دوم.

۵-گوبلو، ه . (۱۳۷۱). قنات فنی برای دستیابی به آب، ترجمه سروقد مقدم، اوپاپلی یزدی، م.ح. مشهد: معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی.

۶-سمسار یزدی، علی اصغر و همکاران. (۱۳۹۳). قنات زارچ. یزد: انتشارات شاهنده یزد.

۷-مرتضوی مهدی آبادی، سیدمصطفی و باقری، مژده . (۱۳۸۲). تکنولوژی آبرسانی کویر: قنات و آب انبار. تهران: دهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی عمران.

۸-شهری، جعفر. (۱۳۶۷). تاریخ اجتماعی ایران در قرن سیزدهم زندگی. تهران: کسب و کار موسسه خدمات فرهنگی رسا، جلد اول، چاپ اول.

۹-فرشاد، مهدی. (۱۳۶۲). تاریخ مهندسی در ایران. نیشابور: بنیاد نیشابور، چاپ دوم، ص ۹۵.

۱۰-پاپلی یزدی، محمد حسین. (۱۳۸۴). آسیابهایی که با آب قنات کار میکنند. مشهد: مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۱-باستانی پاریزی، محمد ابراهیم. (۱۳۴۶). آسیاب هفت رنگ. تهران: نشر دانش.

۱۲-خزاعی، حمیدرضا. (۱۳۹۴). سازه های آبی شگفت انگیز قاین. مشهد: انتشارات ماه جان.

۱۳-پیری‌حور، حسن، (۱۳۹۶)، الگوی طراحی شبکه‌ی آب‌رسانی شهری برای تأمین پایدار آب در برابر تهدیدات با تأکید بر محله محوری (مطالعه موردی: آب و فاضلاب منطقه ۵ شهر تهران) پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.