

Research Paper

مقاله پژوهشی

Optimal Plan for Equipping Residential Buildings to Accessories for Reducing Water Consumption (Case Study: Isfahan City)

طرح بهینه تجهیز اماکن مسکونی به لوازم کاهنده مصرف آب (مطالعه موردی شهر اصفهان)

Asieh Sadat Mollabashi^{1*}, Hashem Amini² and Naser Akbari³

آسیه سادات ملاباشی^{۱*}، هاشم امینی^۲ و ناصر اکبری^۳

1- Head, Office of the NRW Reduction and Water Consumption, Isfahan Water and Wastewater Company, Isfahan, Iran.

۱- مدیر دفتر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد، شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان، اصفهان، ایران.

2- General Manager, Isfahan Water and Wastewater Company, Isfahan, Iran.

۲- رئیس هیئت مدیره و مدیرعامل شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان، اصفهان، ایران.

3- Deputy for Operation, Isfahan Water and Wastewater Company, Isfahan, Iran.

۳- معاون بهره برداری شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان، اصفهان، ایران.

* Corresponding author, Email: amollabashi@gmail.com

* نویسنده مسئول، ایمیل: amollabashi@gmail.com

Received: 15/03/2019

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۴

Revised: 05/07/2019

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۰۴/۱۴

Accepted: 06/07/2019

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۵

Abstract

چکیده

Due to role of water consumption management as a main part in demand management, installing the retrofit accessories for the house fixtures, on the technical side of water consumption management, can have a significant impact on reducing urban water consumption. There is a question, however, on how Water and Wastewater Companies (WWC) can implement such approach and equip households with retrofit accessories. This article presents an optimal plan which includes the kind of accessories, target community and the way of implementation. The study hired the data for Isfahan city customers' water consumption and prices in Iranian year 1396. According to the cost-benefit diagram for 6 packs of accessories, the optimal pack included 3 aerators, 1 shower head and 1 flush tank. Due to cost and impact of this pack on reduction of water consumption, the target community was selected from customers who have high consumptions over 2 times of consumption authorized pattern. Among 3 ways to implement this plan, distributing accessories by WWC and paying the cost by customers in installment showed shorter payback period and more feasibility in implementing the plan.

با توجه به اهمیت نقش مدیریت مصرف آب به عنوان بخش بزرگی از مدیریت تقاضا، استفاده از تجهیزات و لوازم کاهنده مصرف که در بعد فنی مدیریت مصرف مطرح می‌شود، می‌تواند تأثیر قابل توجهی در کاهش مصرف آب شهری داشته باشد. این سوال مطرح می‌شود که چنانچه شرکت‌های آب و فاضلاب تصمیم به اجرای طرح تجهیز اماکن مسکونی به لوازم کاهنده مصرف داشته باشند، چگونه آن را اجرایی سازند. در این مقاله طرح بهینه تجهیز اماکن مسکونی به لوازم کاهنده مصرف ارائه شده است که در طی آن با توجه به اطلاعات و آمار سال ۱۳۹۶ برای مشترکین شهر اصفهان و قیمت‌های همان سال، بسته لوازم کاهنده، جامعه هدف و روش اجرای طرح بیان شده است. با توجه به نمودار سود-هزینه بسته‌های تعریف شده لوازم کاهنده (۶ بسته)، بسته بهینه لوازم کاهنده مصرف برای هر واحد مسکونی شامل ۳ سرشیر کاهنده (پرلاتور)، ۱ سردوش و ۱ فلاش تانک است. با توجه به هزینه و تأثیری که این بسته در کاهش مصرف دارد، مشترکین پرمصرفی که متوسط مصرف ماهانه آن‌ها دو برابر الگوی مصرف است، به عنوان جامعه هدف برگزیده شدند. از بین سه روش پیشنهادی برای اجرای طرح، با توجه به بعد اقتصادی و اجرایی، روش توزیع بسته لوازم کاهنده مصرف در بین مشترکین جامعه هدف و دریافت هزینه آن از طریق اقساط بر روی قبوض آب‌بها، دارای دوره بازگشت کوتاه‌تر و امکان بیشتر برای اجرا شدن، است.

Keywords: Optimal, cost-benefit, Residential customers, Water consumption management, Water reducing accessories.

واژه‌های کلیدی: مدیریت مصرف آب، لوازم کاهنده مصرف آب، مشترکین خانگی، بهینه، سود-هزینه

آب‌پخش‌ها مطرح می‌شوند. در خصوص آب‌برها وسایلی که راندمان بالاتری داشته و میزان مصرف آب در آن‌ها پایین‌تر باشند و در خصوص آب‌پخش‌ها لوازمی شامل انواع شیرهای اهرمی، الکترونیک و پدالی، انواع سردوش‌های کاهنده، انواع سرشیرهای کاهنده (درفشان)، فلاش‌تانک‌های کاهنده، واترجت و ... در دسته تجهیزات کاهنده مصرف قرار می‌گیرند. به‌طور کلی برای کلیه آب‌پخش‌ها، لوازم و تجهیزاتی وجود دارد که یا با جایگزینی آن‌ها و یا تجهیز وسایل موجود به آن‌ها، کاهش مصرف آب رخ می‌دهد. در این مقاله طرح تجهیز اماکن مسکونی به لوازم کاهنده مصرف آب مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

برای انجام طرح شناخت اجزای مصرف آب خانگی، تعیین پرمصرف‌ترین اجزای مصرف و تأثیر لوازم کاهنده مصرف اهمیت ویژه‌ای دارد. چندین مطالعه داخلی و خارجی در مورد اجزای مصرف آب در خانه، لوازم کاهنده مصرف آب و همچنین نتایج تجهیز خانه‌ها به این لوازم انجام شده است. در جدول ۱ مقایسه‌ای بین میزان مصرف آب اجزای مصرف خانگی طی تعدادی از مطالعات انجام شده ارائه شده است.

با توجه به محدودیت‌های منابع آبی، مدیریت تقاضا در دهه‌های اخیر بر مدیریت عرضه پیشی گرفته است. در ایران نیز با توجه وضعیت شدید کم‌آبی، کاهش شدید بارش که منجر به افزایش شرایط خشکسالی شده از یک طرف و افزایش مصارف آب در کاربری‌های مختلف نظیر شرب، صنعت و کشاورزی از طرف دیگر، باعث شده است که مقوله مدیریت تقاضا با نگاه جدی‌تری پیگیری شود. مدیریت مصرف بخش گسترده‌ای را در مدیریت تقاضا به خود اختصاص می‌دهد که با اقداماتی هم‌چون اقدامات فنی، فرهنگی، قانونی، تعرفه‌ای، سیاستگذاری و ... قابل‌انجام است. در بحث اقدامات فنی، استفاده از تجهیزات و لوازم کاهنده مصرف به عنوان یک اقدام اساسی محسوب شده که می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی در کاهش مصرف آب شرب داشته باشد. از آن‌جا که در اکثر نقاط کشور آب شرب و بهداشت از یک شبکه تأمین می‌شود، هر آن‌چه از این شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد شامل وسایل آب‌بر و وسایل آب‌پخش، لازم است که در بحث مدیریت مصرف به آن توجه شود. لوازم کاهنده مصرف آب در هر دو بخش آب‌برها و

جدول ۱- درصد اجزاء مصرف آب خانگی در مطالعات داخلی و خارجی

مطالعات	حمام	وان	توالت	روشویی	آشپزخانه	ماشین ظرفشویی	ماشین لباسشویی	نشت	سایر
Heaney et al. (1998)	۱۱	۱۱	۱۸	۱۱	۱۱	۹	۱۵	۹	۱۶
Mayer et al. (1998)	۱۶/۸	۱/۷	۲۶/۷	۱۵/۷	۱/۴	۱/۴	۲۱/۷	۱۳/۷	۲/۲
DeOreo and Mayer (2013)	۲۰/۴	۲/۶	۲۴	۱۹/۱	۱/۱	۱/۱	۱۶/۵	۱۲/۴	۳/۸
DeOreo and Mayer (2013)	۲۰	۳	۲۴	۲۰	۲	۲	۱۶	۱۳	۳
Mayer et al. (2003)	۱۳/۹	۳/۵	۲۳/۱	۱۲/۲	۱/۲	۱/۲	۱۶/۱	۲۹/۸	۰/۱
Roberts (2005)	۲۹	۲	۱۸	۱۶	۲	۲	۲۴	۹	-
ملکی نسب و قالیباف (۱۳۸۶)	۲۷	۱۱	۱۰	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	-	۲۷
یونسو (۱۳۸۷)	۳۰	۱۸	۱۴	۲۸	۲۸	۲۸	۶	-	۴

مصرف آب ارائه شده است (Mayer et al., 1999; DeOreo and Mayer, 2013; DeOreo et al., 2016).

در مطالعات انجام شده در سه ایالت آمریکا در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۳ تأثیر تجهیز خانه‌ها به لوازم کاهنده مصرف و همچنین استفاده از لوازم آب‌بر کم‌مصرف (ماشین لباسشویی) بررسی شد. در هریک از این مطالعات که در ایالات واشنگتن، کالیفرنیا و فلوریدا انجام گرفت، نمونه‌ای از خانه‌های تک واحدی انتخاب و میزان مصرف آب آن‌ها قبل و بعد از تجهیز بررسی شد. در این مطالعات بیشترین کاهش مصرف مربوط به توالت‌ها، ماشین لباسشویی و نشت (که عمدتاً مربوط به فلاش‌تانک‌ها بوده است) بوده و در مطالعه آخر، سردوش‌ها نیز پس از دو مورد توالت و ماشین لباسشویی قرار گرفت. در جدول ۱ درصد اجزای مصرف آب داخل خانه در مطالعه انجام شده در ایالت کالیفرنیا نشان داده شده است. در سومین مطالعه که در شهر تامپا واقع در فلوریدا و

در سال ۱۹۹۸ نتایج تحقیقات چهار ساله در مصرف آب در خانه و تأثیر تجهیز خانه به لوازم کاهنده مصرف در ۱۲ شهر آمریکای شمالی منتشر شد (Heaney et al., 1998). این نتایج در جدول ۱ ارائه شده است. در این مطالعه همچنین نشان داده شد که با تجهیز آن‌ها به لوازم کاهنده و کم‌مصرف می‌توان سرانه مصرف را از ۶۵-۷۰ به ۴۰-۴۵ گالن در روز برای هر نفر (۳۵٪) کاهش داد.

مهم‌ترین مطالعه انجام شده در زمینه تعیین میزان اجزای مصرف آب خانگی مطالعاتی است که توسط مرکز تحقیقات انجمن امور آبی آمریکا (AWWARF) و طی گزارش آن در سال ۱۹۹۹ و ویرایش اول و دوم در سال ۲۰۱۳ و ۲۰۱۶ منتشر شد. نتایج این سه مطالعه در جدول ۱ ارائه شده‌اند. در این مطالعات تعدادی از مشترکین خانگی تک واحدی انتخاب شده و با بررسی مصارف آن‌ها، مصرف سرانه و درصد مصرف هر کدام از اجزای

بر روی ۲۶ خانه تک واحدی انجام گرفت، پس از تجهیز مصرف سرانه ۴۹٪ کاهش یافته بود. (Mayer et al., 2003; Mayer et al., 2004).

مرکز آب Yarra Valley در استرالیا در سال ۲۰۰۴، مصارف ۳۰۰ خانه در ملبورن را در دو بازه زمانی دو هفته‌ای در تابستان و زمستان مورد مطالعه قرار داد که درصد اجزای مصرف داخلی خانه طبق جدول ۱ حاصل شده است (Roberts, 2005). برنامه ۴ ساله‌ای که از سال ۲۰۰۵ در ۴ شهر در ماساچوست شروع و نتایج آن در سال ۲۰۰۹ منتشر شد، شامل ۴ استراتژی برای کاهش مصرف آب طراحی و اجرا شد. یکی از استراتژی‌های آن، خود شامل دو برنامه بود: لوازم کاهنده مصرف رایگان برای مصارف داخلی خانه و تخفیف برای خرید توالت و ماشین لباسشویی و ظرفشویی کم‌مصرف. (Tsai, et al., 2011).

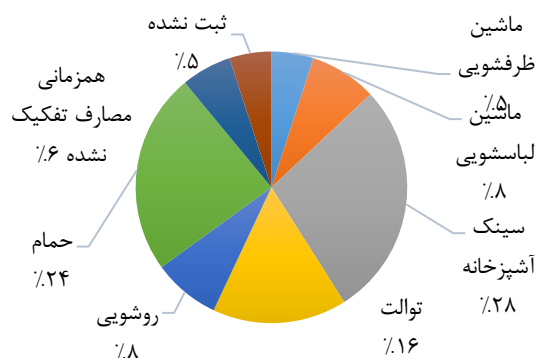
در سال ۲۰۱۳ مدلی برای کم‌هزینه‌ترین روش کاهش مصرف آب در خانه ارائه شد. در این مدل که براساس داده‌های ۵ ساله ۲۰۱۱-۲۰۰۶ کالیبره شده بود، اقدامات مدیریت مصرف به دو گروه کوتاه‌مدت و بلندمدت تقسیم‌بندی شده که تأثیر و هزینه هر کدام از آن‌ها در مدل وارد شده بود. نتیجه اولیه این مدل آن است که کم‌هزینه‌ترین روش کاهش مصرف در خانه تجهیز حمام و روشویی‌ها به لوازم کاهنده مصرف است. اما بیشترین پتانسیل کاهش مصرف را توالت‌ها دارند. همچنین لحاظ نمودن تخفیف برای ماشین لباسشویی با راندمان بالا، بیشترین میزان کاهش مصرف آب در واحد هزینه را دارد (Cahill, et al., 2013).

ملکی‌نسب و همکاران (۱۳۸۶) پایلوتی شامل دو گروه ۴۰ تایی خانه (به‌عنوان شاهد و تیمار) را در شهر کاشان بررسی

کردند. گروه تیمار به سرشیر آشپزخانه و دستشویی و سردوش حمام تجهیز شد که نتیجه آن ۲۲ درصد کاهش مصرف آب را نشان می‌دهد. هزینه تهیه این قطعات در طول ۱۰ ماه از محل کاهش مبلغ قبوض آب، برگشت می‌شود. در حالی که عمر مفید قطعات ۵ ساله است. همچنین نسبت سود به هزینه ۵٫۸ محاسبه شد.

ملکی‌نسب و قالیباف (۱۳۸۶) به بررسی نصب لوازم کاهنده مصرف در شهر شاندیز پرداختند و با نصب کنترلهای مجزا، کلیه مصارف انتهایی ۲۳ مشترک منتخب را در یک دوره ۹ روزه قبل و بعد از نصب سردوش و درفشان اندازه‌گیری کردند. اجزای مصرف آب طبق جدول ۱ به‌دست آمده است. نتیجه بررسی، کاهش ۲۷-۳۴ درصدی مصرف هرکدام از مصارف انتهایی تجهیز شده و کاهش ۲۶ درصدی مصرف کل خانه را نشان داد. یونسو (۱۳۸۷) از جمله مطالعات دیگر انجام شده برای تعیین الگوی مصرف در شهر تهران با همکاری سازمان ملل (یونسکپ) در سال ۱۳۸۴ بود که اجزای مصرف در جدول ۱ ارائه شده است.

در ابتدای دهه ۹۰ شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان با تأکید شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، پروژه روش‌شناسی اندازه‌گیری مصرف آب هریک از اجزای مصرف آب خانگی را در دستور کار خود قرار داد. این شرکت با بررسی روش‌های مختلف در نهایت به روشی برای اندازه‌گیری اجزای مختلف آب خانگی دست یافت و با اجرای آن برای ۱۶ واحد خانگی توانست درصد مصرف هر جزء را حساب کند. شکل ۱ نتیجه تحلیل داده‌های ثبت شده در ۱۰ مشترک خانگی توسط این شرکت را ارائه می‌کند (ملاباشی، ۱۳۹۷).



شکل ۱- درصد اجزای مصرف آب داخل خانه طبق مطالعه انجام شده در شرکت آب و فاضلاب اصفهان (ملاباشی، ۱۳۹۷)

۲- مواد و روش‌ها

در این مقاله طرح بهینه لوازم کاهنده مصرف برای مشترکین خانگی ارائه می‌شود. برای این طرح لازم بود موارد زیر تعیین شوند:

- نوع لوازم کاهنده مصرف

- جامعه هدف
- روش اجرای طرح

۲-۱- نوع لوازم کاهنده مصرف

برای تعیین مجموعه بهینه لوازم کاهنده برای یک خانه مسکونی لازم بود که ابتدا لیست لوازم کاهنده مصرف قابل

استفاده در یک خانه، میزان تأثیر و قیمت آن‌ها مشخص شده و سپس نسبت به بهینه‌سازی آن اقدام شود. در این مقاله از نمودار سود-هزینه برای دستیابی به بسته کاهنده مصرف استفاده شده است.

به‌طور کلی برای کلیه آب‌پخش‌ها، تجهیز کاهنده مصرف آن نیز طراحی، ساخت و عرضه شده است. لوازم کاهنده مصرف قابل استفاده در یک خانه مسکونی و میزان تأثیر آن‌ها در کاهش مصرف (طبق آزمایشات صورت گرفته در آزمایشگاه شرکت آب و

فاضلاب اصفهان و تجارب حاصله) در جدول ۲ ارائه شده است. به‌منظور تهیه طرح بهینه لوازم کاهنده، بسته‌هایی شامل ترکیبی از لوازم ارائه شد که از ساده‌ترین بسته که شامل ۳ پرلاتور بود تا کامل‌ترین بسته که شامل کلیه لوازم جدول ۲ بود تعریف شد. در جدول ۳ این بسته‌ها به‌همراه قیمت هر بسته ارائه شده است (قیمت‌ها مربوط به سال ۱۳۹۶ و تنها قیمت خود تجهیزات بوده و هزینه نصب در آن لحاظ نشده است).

جدول ۲- لیست لوازم کاهنده مصرف و میزان کاهش مصرف آن‌ها

ردیف	نام کاهنده	درصد کاهش مصرف
۱	شیر اهرمی سینک	۳۵
۲	شیر اهرمی روشویی	۳۵
۳	شیر اهرمی توالت	۳۵
۴	شیر اهرمی حمام	۱۵
۵	فلاش تانک	۶۰
۶	سردوش	۶۰
۷	پرلاتور	۲۵

جدول ۳- بسته‌های لوازم کاهنده مصرف و قیمت آن‌ها

شماره بسته	تعداد لوازم کاهنده مورد نیاز هر بسته				قیمت (تومان)
	پرلاتور	سردوش	فلاش تانک	مجموعه کامل شیر آلات اهرمی	
۱	۳				۱,۳۵۰
۲	۳	۱			۵۵,۵۵۰
۳	۳	۱	۱		۱۱۵,۵۵۰
۴	۲	۱	۱	۱ عدد شیر اهرمی سینک	۲۱۸,۷۰۰
۵		۱		۱	۴۳۲,۵۰۰
۶		۱	۱	۱	۵۳۵,۰۰۰

برآورد مقدار و درصد هر جزء مصرف آب در خانه را در اصفهان نشان می‌دهد. برآورد درصد هر جزء مصرف آب با استفاده از مطالعات انجام شده در داخل و خارج کشور که در بخش مقدمه ارائه شد، ثبت شده و مقدار مصرف با احتساب این درصدها و مصرف سرانه هر واحد مسکونی محاسبه شد. جدول ۵ نیز میزان کاهش مصرف آب در نتیجه استفاده از بسته لوازم کاهنده را ارائه می‌کند. اعداد این جدول با استفاده از میزان کاهش هریک از لوازم کاهنده مصرف (جدول ۲)، بسته‌های تعریف شده لوازم کاهنده (جدول ۳) و مقدار کاهش هر تجهیز (جدول ۴) محاسبه شده‌اند.

به‌منظور استفاده از نمودار سود-هزینه لازم است که سود حاصل از هر بسته نیز مشخص شود. در این جا سود حاصل از آن‌ها میزان کاهش مصرف هر بسته خواهد بود. برای تعیین کاهش مصرف هر بسته، مقدار مصرف آب در هر جزء مصرف در خانه با استفاده از مطالعات انجام شده در این زمینه که در مقدمه به آن‌ها اشاره شده و همچنین میزان سرانه مصرف آب خانگی در اصفهان مورد استفاده قرار گرفته و با استفاده از جدول ۲ میزان کاهش مصرف هر بسته تعیین شد. سرانه مصرف آب خانگی در شهر اصفهان در سال ۱۳۹۶ برابر ۱۵۴ لیتر در روز برای هر نفر بوده که با احتساب بعد خانوار ۳/۱۷ نفر در خانواده، مقدار کل مصرف آب هر واحد مسکونی ۴۸۸ لیتر در روز برآورد می‌شود. جدول ۴،

جدول ۴- برآورد مصرف آب پخش‌های مختلف در یک واحد مسکونی در اصفهان

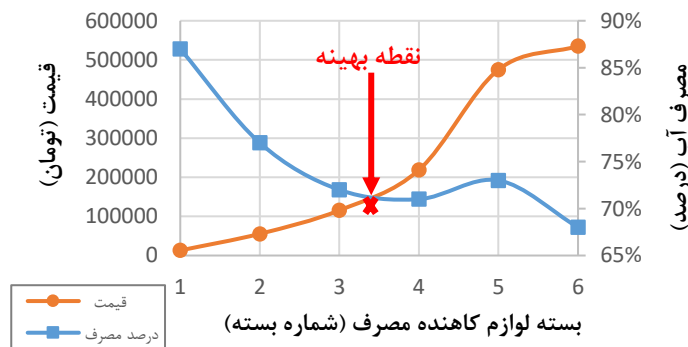
درصد	آشپزخانه	روشویی	شیر توالت	فلاش تانک	شیر حمام	سردوش
	٪۲۸	٪۱۳	٪۱۲	٪۸	٪۸	٪۲۰
مقدار (لیتر)	۱۳۷	۶۳	۵۹	۳۹	۳۹	۹۸

جدول ۵- میزان کاهش مصرف آب با استفاده از بسته‌های لوازم کاهنده مصرف بر حسب لیتر

شماره بسته	شرح بسته	آشپزخانه	روشویی	شیر توالت	سردوش	فلاش تانک	شیر حمام	مقدار کاهش مصرف (لیتر)	درصد کاهش مصرف
۱	۳ پرلاتور	۳۴	۱۶	۱۵				۶۵	۱۳٪
۲	۳ پرلاتور + سردوش	۳۴	۱۶	۱۵	۴۹			۱۱۴	۲۳٪
۳	۳ پرلاتور + سردوش + فلاش تانک	۳۴	۱۶	۱۵	۴۹	۲۳		۱۳۷	۲۸٪
۴	۲ پرلاتور + شیر سینک + سردوش + فلاش تانک	۴۱	۱۶	۱۵	۴۹	۲۳		۱۴۴	۲۹٪
۵	مجموعه شیرآلات اهرمی	۴۱	۱۹	۱۸	۴۹		۶	۱۳۲	۲۷٪
۶	مجموعه شیرآلات اهرمی + سردوش + فلاش تانک	۴۱	۱۹	۱۸	۴۹	۲۳	۶	۱۵۶	۳۲٪

مصرف (مقدار مصرف) در این دو بسته نزدیک به یکدیگر بوده در حالی که قیمت بسته ۴ بالاتر از قیمت بسته ۳ است، بسته ۳ که شامل ۳ عدد پرلاتور، ۱ عدد سردوش و ۱ عدد فلاش تانک است به‌عنوان بسته بهینه لوازم کاهنده مصرف در یک واحد مسکونی انتخاب می‌شود که کاهش مصرف ۲۸ درصدی و قیمت ۱۱۵ هزار تومان دارد.

به‌منظور استفاده از نمودار سود-هزینه، مقدار هزینه و میزان مصرف آب هر بسته استفاده شد. شکل ۲ نمودار سود-هزینه ۶ بسته پیشنهادی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار نیز مشخص است نقطه بهینه که محل تلاقی دو نمودار است در بین دو بسته ۳ و ۴ قرار گرفته است. از آن‌جا که از یک‌طرف نقطه بهینه متمایل به بسته ۳ است و از طرف دیگر میزان کاهش



شکل ۲- نمودار سود- هزینه بسته‌های پیشنهادی لوازم کاهنده مصرف آب

(زیر الگوی مصرف)، از ۲۰ تا ۴۰ (بالاتر از الگو و کمتر از دو برابر الگوی مصرف) و بالاتر از ۴۰ (بالاتر از دو برابر الگوی مصرف) مترمکعب در ماه را ارائه می‌نماید. همان‌طور که در جدول نیز مشخص است متوسط مصرف ماهانه مشترکین خانگی شهر اصفهان ۱۲/۳ مترمکعب بوده که نشان می‌دهد که مقدار متوسط مصرف آب توسط مردم اصفهان مناسب بوده است. از آن‌جا که بسته ۳ لوازم کاهنده مصرف به‌عنوان بسته بهینه انتخاب شد که مقدار کاهش مصرف ناشی از نصب آن ۲۸٪ است، چنان‌چه مشترکین مسکونی شهر اصفهان اقدام به نصب لوازم این بسته نمایند، تغییرات مصرف و میزان درآمد آب‌بها ناشی از آن طبق جدول ۷ خواهد بود.

۲-۲- جامعه هدف

برای طرح بهینه لوازم کاهنده مصرف آب برای مشترکین مسکونی، پس از تعیین بسته بهینه لوازم کاهنده، لازم است جامعه هدف نیز مشخص شود. جامعه هدف می‌تواند کلیه مشترکین مسکونی شهر باشد یا فقط قسمتی از آن‌ها. چنان‌چه تنها بخشی از مشترکین مسکونی هدف طرح باشند، این بخش چگونه و بر چه مبنایی انتخاب شوند؟

بدین‌منظور مشترکین مسکونی شهر اصفهان در سال ۱۳۹۶ از نظر تعداد، میزان مصرف آب و مبلغ درآمد ناشی از قبوض آب‌بها آن‌ها بررسی شدند. جدول ۶ وضعیت مشترکین مسکونی شهر اصفهان در سال ۱۳۹۶ را ارائه می‌کند. در این جدول هم‌چنین مشترکین مسکونی به تفکیک طبقات مصرف زیر ۲۰

جدول ۶- وضعیت مشترکین مسکونی شهر اصفهان در سال ۱۳۹۶

متوسط نرخ کل (ریال)	جمع کل درآمد (میلیون ریال)	متوسط مصرف ماهانه (مترمکعب)	مقدار مصرف (مترمکعب)	آحاد قرائت شده	انشعاب قرائت شده	مشترکین خانگی
						طبقات مصرف ماهانه (مترمکعب)
۳,۴۹۲	۳۱۶,۵۹۲	۱۰/۷	۹۰,۶۷۳,۹۷۱	۷۰۹,۲۶۱	۳۰۸,۰۲۰	۰ تا ۲۰
۴,۸۴۰	۱۳۴,۲۷۶	۲۳/۲	۲۷,۷۴۲,۸۵۸	۹۹,۷۰۷	۵۸,۱۸۱	۲۰ تا ۴۰
۱۶,۸۸۳	۳۱,۲۶۶	۵۰/۳	۱,۸۵۱,۸۶۷	۳,۰۶۵	۲,۳۵۱	۴۰ به بالا
۴,۰۰۹	۴۸۲,۱۳۴	۱۲/۳	۱۲۰,۲۶۸,۶۹۶	۸۱۲,۰۳۳	۳۶۸,۵۵۲	جمع کل

جدول ۷- مقایسه مصرف و درآمد آب بها قبل و بعد از نصب لوازم کاهنده (بسته ۳)

در مشترکین خانگی شهر اصفهان در سال ۱۳۹۶

بعد از نصب لوازم				قبل از نصب لوازم				تعداد آحاد	مشترکین خانگی
جمع کل درآمد سالانه (میلیون ریال)	مبلغ قبض درآمدها (میلیون ریال)	متوسط مصرف ماهانه (مترمکعب)	مقدار مصرف (مترمکعب)	جمع کل درآمد سالانه (میلیون ریال)	مبلغ قبض درآمدها (میلیون ریال)	متوسط مصرف ماهانه (مترمکعب)	مقدار مصرف (مترمکعب)		
۵۴۳,۷۴۲	۶۳,۸۸۶	۷/۷	۶۵,۲۸۵,۲۵۹	۷۳۸,۹۹۶	۸۶,۸۲۷	۱۰/۷	۹۰,۶۷۳,۹۷۱	۷۰۹,۲۶۱	۰ تا ۲۰
۱۸۲,۶۷۹	۱۵,۲۸۶۰	۱۶/۷	۱۹,۹۷۴,۸۵۸	۳۰۶,۶۱۷	۲۵۶,۲۶۵	۲۳/۲	۲۷,۷۴۲,۸۵۸	۹۹,۷۰۷	۲۰ تا ۴۰
۲۲,۹۷۷	۶۲۴,۷۱۴	۳۶/۲	۱,۳۳۳,۳۴۴	۵۸,۱۵۱	۱,۵۸۱,۰۴۱	۵۰/۳	۱,۸۵۱,۸۶۷	۳,۰۶۵	۴۰ به بالا

به این مقدار کاهش، ارائه شده است. همان طور که در جدول نیز نشان داده شده است کمترین هزینه برای هر لیتر بر ثانیه آب ذخیره شده، مربوط به مشترکین پرمصرف با مصرف بالاتر از دو برابر الگوی مصرف (بالاتر از ۴۰ مترمکعب در ماه) بوده که برابر ۲۱۴ میلیون ریال است. بنابراین بهترین جامعه هدف به منظور نصب لوازم کاهنده مصرف، ۳۰۶۵ واحد مسکونی پرمصرف (۲۳۵۱ مشترک) در شهر اصفهان هستند.

همان طور که در جدول ۷ مشاهده می شود در نتیجه نصب لوازم کاهنده مقدار مصرف و در نتیجه مبلغ آب بها نیز کاهش می یابد. حال باید بررسی شود که در هر کدام از ردیف های فوق با توجه به هزینه صرف شده برای این لوازم چه مقدار آب ذخیره می شود و در نهایت با مقایسه آن ها گروه مشترکین جامعه هدف که بیشترین سود و کمترین هزینه را به دنبال دارد انتخاب شود. در جدول ۸ میزان کاهش مصرف آب در یک سال و معادل آن بر حسب لیتر بر ثانیه به همراه هزینه لوازم کاهنده برای رسیدن

جدول ۸- قیمت واحد هر لیتر بر ثانیه آب ذخیره شده ناشی از نصب لوازم کاهنده مصرف

در مشترکین خانگی شهر اصفهان در سال ۱۳۹۶

قیمت واحد لیتر بر ثانیه ذخیره شده (میلیون ریال)	قیمت تجهیز به لوازم کاهنده مصرف (میلیون ریال)	کاهش مصرف (لیتر بر ثانیه)	کاهش مصرف (مترمکعب در سال)	تعداد آحاد	مشترکین خانگی
					طبقات مصرف ماهانه (مترمکعب)
۱,۰۱۳	۸۱۵,۶۵۰	۸۰۵	۲۵,۳۸۸,۷۱۲	۷۰۹,۲۶۱	۰ تا ۲۰
۴۶۶	۱۱۴,۶۶۳	۲۴۶	۷,۷۶۸,۰۰۰	۹۹,۷۰۷	۲۰ تا ۴۰
۲۱۴	۳,۵۲۵	۱۶	۵۱۸,۵۲۳	۳,۰۶۵	۴۰ به بالا
۸۷۵	۹۳۳,۸۳۸	۱,۰۶۸	۳۳,۶۷۵,۲۳۵	۸۱۲,۰۳۳	جمع کل

- توزیع و نصب رایگان بسته لوازم کاهنده مصرف در بین مشترکین جامعه هدف؛
- توزیع بسته لوازم کاهنده مصرف در بین مشترکین جامعه هدف و دریافت هزینه آن از طریق اقساط بر روی قبوض آب بها؛
- الزام مشترکین جامعه هدف به خرید و نصب بسته لوازم

۲-۳- روش اجرای طرح

برای طرح بهینه لوازم کاهنده مصرف آب برای مشترکین مسکونی، لازم است که نحوه اجرای طرح نیز مشخص شود. به منظور تجهیز اماکن مسکونی می توان از روش های زیر استفاده کرد:

کاهنده مصرف.

ذکر شده در جداول ۹ و ۱۰ ارائه شده‌اند.

چنانچه روش اول یعنی توزیع و نصب رایگان بسته لوازم کاهنده مصرف در بین مشترکین جامعه هدف انتخاب شود، شرکت آب و فاضلاب بالغ بر ۳۵۰ میلیون تومان برای خرید لوازم ۴۳ میلیون تومان برای توزیع آن‌ها هزینه کند که بازگشت سرمایه آن طبق جدول ۱۰ برابر یکسال خواهد بود. در روش دوم یعنی توزیع بسته لوازم کاهنده مصرف در بین مشترکین جامعه هدف و دریافت هزینه آن از طریق اقساط بر روی قبوض آب‌بها، هزینه ۰/۱۱۵ میلیون تومان توسط مشترک و پرداخت اقساطی آن به‌عنوان سرمایه‌گذاری اولیه انجام می‌شود که بازگشت سرمایه آن برای هر واحد ۰/۱ سال (حداکثر ۲ ماه) است. از طرف دیگر هزینه توزیع آن برعهده شرکت آب و فاضلاب بوده که مبلغ ۴۳ میلیون تومان است و دوره بازگشت سرمایه آن برای شرکت هم ۰/۱ سال (حداکثر ۲ ماه) خواهد بود. در روش سوم یعنی الزام مشترکین جامعه هدف به خرید و نصب بسته لوازم کاهنده مصرف، هزینه ۰/۱۱۵ میلیون تومان توسط مشترک به‌عنوان سرمایه‌گذاری اولیه بوده که بازگشت سرمایه آن برای هر واحد ۰/۱ سال (حداکثر ۲ ماه) است.

بازگشت سرمایه خرید و نصب تجهیزات کاهنده مصرف چه توسط شرکت آب و فاضلاب و چه توسط خود مشترک انجام پذیرد، باید بررسی شود. در این بررسی هزینه خرید و توزیع لوازم به‌عنوان هزینه طرح برای شرکت آب و فاضلاب و مشترک لحاظ می‌شود و کاهش هزینه تولید آب ناشی از کاهش مصرف، به‌عنوان سود برای شرکت آب و فاضلاب و کاهش مبلغ قبض آب‌بها به‌عنوان سود برای مشترک در نظر گرفته می‌شود. اگرچه با انتخاب هرکدام از این روش‌ها شرکت آب و فاضلاب موفق به کاهش ۱۶ لیتر بر ثانیه تولید خود خواهد شد که معادل کاهش هزینه ۳۹۶ میلیون تومان است (قیمت تمام شده هر مترمکعب آب در نقطه سربه‌سر در سال ۱۳۹۶ برای شهر اصفهان ۷۸۴۳ ریال بوده است). از طرف دیگر هزینه قبض مشترکین هم کاهش خواهد یافت. آن‌جا که مشترکین پرمصرفی که متوسط مصرف ماهانه آن‌ها بالاتر از ۴۰ مترمکعب است، به‌عنوان جامعه هدف انتخاب شده‌اند، کاهش مبلغ قبوض سالانه برای یک واحد محاسبه شده که برابر ۱/۱۵ میلیون تومان حاصل شد. در محاسبه بازگشت سرمایه تنها سود مربوط به هزینه صرف شده لحاظ شده و از سایر سودها صرف نظر شده است. هزینه، سود و بازگشت سرمایه در سه روش

جدول ۹- هزینه اجرای تجهیز مشترکین جامعه هدف به لوازم کاهنده مصرف آب شهر اصفهان در سال ۱۳۹۶

هزینه (میلیون ریال)				روش اجرای تجهیز مشترکین مسکونی به لوازم کاهنده مصرف
توزیع		خرید		
یک واحد	آب و فاضلاب	یک واحد	آب و فاضلاب	
۰	۴۲۹	۰	۳,۵۲۵	خرید و توزیع توسط آبفا و تحویل به مشترک به‌صورت رایگان
۰	۴۲۹	۱/۱	۰	خرید و توزیع توسط آبفا و پرداخت هزینه لوازم توسط مشترک (به صورت اقساط)
صفر یا ناچیز	۰	۱/۱	۰	خرید و نصب توسط مشترک

جدول ۱۰- سود و دوره بازگشت سرمایه اجرای تجهیز مشترکین جامعه هدف به لوازم کاهنده مصرف آب شهر اصفهان سال ۱۳۹۶

بازگشت سرمایه		سود		شرح سود		روش اجرای تجهیز مشترکین مسکونی به لوازم کاهنده مصرف
دوره (سال)		(میلیون ریال / سال)				
یک واحد	آب و فاضلاب	یک واحد	آب و فاضلاب	یک واحد	آب و فاضلاب	
-	۱	-	۳,۹۵۷	-	کاهش هزینه تولید	خرید و توزیع توسط آبفا و تحویل به مشترک به صورت رایگان
۰/۱ (حداکثر ۲ ماه)	۰/۱ (حداکثر ۲ ماه)	۱۱/۵	۳,۹۵۷	کاهش هزینه قبض	کاهش هزینه تولید	خرید و توزیع توسط آبفا و پرداخت هزینه لوازم توسط مشترک (به صورت اقساط)
۰/۱ (حداکثر ۲ ماه)	-	۱۱/۵	-	کاهش هزینه قبض	-	خرید و نصب توسط مشترک

کسر می‌شود. اما از آن‌جا که در روش سوم پرداخت اقساطی برای مشترک وجود ندارد و نحوه اجرای الزام و کنترل انجام آن باری بر دوش شرکت آب و فاضلاب خواهد بود، روش دوم بر روش سوم ارجحیت دارد. با توجه به بعد اقتصادی طرح و سهولت اجرا، روش

علاوه بر بعد اقتصادی طرح، سهولت اجرا و هم‌چنین درصد اطمینان از اجرای طرح نیز باید در نظر گرفته شود. اگرچه مقدار سرمایه اولیه برای مشترک در روش دوم و سوم برابر است و در روش سوم نیز هزینه توزیع نیز از هزینه‌های شرکت آب و فاضلاب

دوم، توزیع بسته لوازم کاهنده مصرف در بین مشترکین جامعه هدف و دریافت هزینه آن از طریق اقساط بر روی قبوض آب‌بها، به‌عنوان بهترین گزینه روش اجرای تجهیز مشترکین مسکونی به لوازم کاهنده مصرف برگزیده می‌شود.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت نقش مدیریت مصرف به‌عنوان بخش بزرگی از مدیریت تقاضا، استفاده از تجهیزات و لوازم کاهنده مصرف که در بعد فنی مدیریت مصرف مطرح می‌شود، می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی در کاهش مصرف آب شهری داشته باشد. در حال حاضر این سوال مطرح است که بهترین و مؤثرترین آن‌ها کدام یک است و چنانچه شرکت‌های آب و فاضلاب تصمیم به اجرای طرح تجهیز اماکن مسکونی به لوازم کاهنده مصرف داشته باشند، چگونه آن را اجرایی سازند. در این مقاله طرح بهینه تجهیز اماکن مسکونی به لوازم کاهنده مصرف ارائه شده است که در طی آن با توجه به اطلاعات و آمار سال ۱۳۹۶ برای مشترکین شهر اصفهان و قیمت‌های همان سال، بسته لوازم کاهنده، جامعه هدف و روش اجرای طرح بیان شده است. با توجه به نمودار سود-هزینه بسته‌های تعریف شده لوازم کاهنده (۶ بسته)، بسته بهینه لوازم کاهنده مصرف برای هر واحد مسکونی شامل ۳ سرشیر کاهنده (پرلاتور)، ۱ سردوش و ۱ فلاش تانک است. با توجه به هزینه و تأثیری که این بسته در کاهش مصرف دارد، مشترکین پرمصرفی که متوسط مصرف ماهانه آن‌ها دو برابر الگوی مصرف است، به‌عنوان جامعه هدف برگزیده شدند. از بین سه روش پیشنهادی برای اجرای طرح، با توجه به بعد اقتصادی و اجرایی، روش توزیع بسته لوازم کاهنده مصرف در بین مشترکین جامعه هدف و دریافت هزینه آن از طریق اقساط بر روی قبوض آب‌بها، دارای دوره بازگشت کوتاه‌تر و امکان بیشتر برای اجرا شدن، است.

۵- مراجع

ملاباشی، ا.، (۱۳۹۷)، "ارائه روش اندازه‌گیری اجزای مصرف آب خانگی (مطالعه موردی شهر اصفهان)"، دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب، اصفهان.

ملکی نسب، ا.، و قالیباف سرشوری، م.، (۱۳۸۶)، "بررسی کاهش مصرف آب خانگی به‌واسطه نصب تجهیزات و شیرآلات کم‌مصرف"، اولین همایش سازگاری با کم‌آبی، تهران.

ملکی نسب، ا.، ابریشم چی، ا. و قالیباف سرشوری، م.، (۱۳۸۶)، (ارزیابی صرفه‌جویی در مصرف آب خانگی به‌واسطه استفاده از قطعات کاهنده مصرف"، مجله آب و فاضلاب، ۶۲، ۲-۱۱.

یونسلو، ص.، (۱۳۸۷)، "مدیریت تقاضای آب شهری"، همایش

تأمین، تقاضا و مدیریت مصرف، تهران.

- Cahill, R., Lund, J.R., DeOreo, B., and Medellin-Azuara, J., (2013), "Household water use and conservation models using Monte Carlo techniques", *Journal of Hydrology and Earth System Sciences*, 17, 3957-3967.
- DeOreo, W.B., and Mayer, P.W., (2013), *Residential end uses of water study update*, Water Research Foundation, Denver.
- DeOreo, W.B., Mayer, P.W., Dziegielewski, B., and Kiefer, J.C., (2016), *Residential end uses of water, Version 2: Executive Report*, Water Research Foundation, Denver.
- Heaney, J.P., DeOreo, W.B., and Mayer, P.W., Lander, p., Harpring, J., Stadjuhar, L., Countney, B., and Buhlig, L., (1998), "Natural of residential water use and effectiveness of conservation programs", Basin Boulder Area Sustainability Information Network.
- Mayer, P.W., DeOreo, W.B., Opitz, E.M., Kiefer, J.C., Davis, W.Y., Dziegielewski, B., and Nelson, J.O., (1999), *Residential end use of water*, AWWA Research Foundation and American Water Works Association, Denver.
- Mayer, P.W., DeOreo, W.B., Towler, E., and Lewis, D.M., (2003), *Residential indoor water conservation study*, East Bay Municipal Utility District and The United States Environmental Protection Agency, Colorado.
- Mayer, P.W., DeOreo, W.B., Towler, E., Martien, L., and Lewis, D.M., (2004), *Tampa Water Department residential water conservation study*, East Bay Municipal Utility District and The United States Environmental Protection Agency, Colorado.
- Roberts, P., (2005), *Yarra Valley Water 2004 residential end use measurement study*, Yarra Valley Water.
- Tsai, Y., Cohen, S., and Vogel, R.M., (2011), "The impact of water conservation strategies on water use: Four studies", *Journal of the American Water Resources Association*, 47(4), 687-701.