Journal of Iranian Architecture & Urbanism
(JIAU)
Homepage: https://www.isau.ir/

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Modeling the effective factors of water consumption efficiency in schools using the LEED sustainability assessment system *

Shahnaz Pournaseri [1,], Bahram Saleh Sedghpour [2], Yeganeh Mohammadzadeh [3], Zahra Mohammadifard [3]**

[1] *Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Architectural Engineering and Urban Planning, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.*
[2] *Associate Professor, Department of Educational Sciences, Faculty of Humanities,Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.*
[3] *M.A. in Architecture, Department of Architecture, Faculty of Architectural Engineering and Urban Planning, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.*

ARTICLE INFO

Article History:

Received	2022/12/17
Revised	2023/02/02
Accepted	2023/04/16
Available Online	2024/08/26

Keywords:

LEED Evaluation System
Water Efficiency
Sustainable Architecture
Educational Spaces

Use your device to scan and read the article online

Number of References
12

Number of Figures
12

Number of Tables
11

Extended ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVES: Water shortage is one of the basic problems of today's world and it has various consequences in the supply of suitable water for living organisms and related environmental crises. Due to the lack of proper use of water resources by humans and due to changes in weather conditions, if this amount of water consumption continues for a long time, it can lead to the destruction of entire habitats. Although educational spaces have a smaller share in the city per capita, but paying attention to the approach of sustainable architecture in schools has a special place. The present study was conducted with the aim of identifying the components affecting the water efficiency index in the sustainability assessment system (LEED), studying how and the mesasure of the impact of each component and achieving a model for the water efficiency index in a semi-arid climate. In the "water efficiency" index, Lead investigated the components of:1- reduction of drinking water consumption in the site, 2- use of innovative technologies in the wastewater sector, 3- reduction of water consumption inside the building and 4- water consumption reduction process, and for compliance with each The item assigns a point. In total, 11 points from 110 total points in Leed belong to the "water use productivity" index components. The purpose of the "reduction of potable water consumption in the site component" is to limit or eliminate the use of potable water or other natural surface or underground water sources available on the site or around the project site for irrigation of the site. The reduction of drinking water consumption in the site is investigated in 2 options: option 1: 50% reduction in Potable water consumption for irrigation (2 points). option 2: Non-use or very little use of potable water in irrigation (4 points). The objective of the component "use of innovative technologies in the wastewater sector" is to reduce the production of wastewater and reduce the use of potable water while increasing the local aquifer reserve. Although the title of this component shows that it is related to sewage, in fact, the issues raised in it are somewhat broader and it addresses two solutions: option 1: The drinking water used to be transferred to the sewage system should be reduced by at least 50% using saving equipment in drinking water or non-potable water. option 2: At least 50% of the (used) water is purified on site according to the standards and then used on the site or purified to infiltrate the underground aquifers again. The purpose of "reducing water consumption in buildings" is to increase water use efficiency inside buildings in order to reduce the burden on urban water supply and sewage systems. 30% reduction in the use of potable water in the building leads to obtaining 2 points. A reduction of up to 35% brings an additional point, and a 40% reduction in potable water consumption is the final point. And The purpose of "water consumption reduction process" is to maximize water use efficiency inside buildings to reduce the load on urban water supply and sewage systems.

METHODS: The theoretical basis of this research is using library documents and the research method is conducted through case study. In the research carried out, 160 schools worldwide from the BSK climate (semi-arid climate) according to the climate classification of the coupon and from the countries of America, Mexico, Spain, Turkey and

© 2024, JIAU. All rights reserved.

https://doi.org/10.30475/isau.2024.376921.2014

OPEN ACCESS

* This article is derived from the third and fourth authors master thesis entitled "Modeling the effective factors on increasing the efficiency of water consumption using the lead sustainability assessment system in schools", supervised by the first author and advised by second, at Shahid Rajaee Teacher Training University.

** Corresponding Author:
Email: *sh.pournaseri@sru.ac.ir*
Phone: +98(21)22970123

Extended ABSTRACT

China and from the four levels of Leed certification (platinum, gold, silver and certified) were selected based on the 2009 version of Leed. Then their information was collected and the points received in their Leed checklist were entered into SPSS 22 software for analysis with factor analysis method. Due to the fact that the current research has several subjects, therefore, the COMPUTE VARIABLE command was used to define a new variable and categorize the data based on it. Then, with the entry of information related to new variables, in AMOS software, these variables were converted into a model so that with its help we can obtain the relationship of the variables in the "water use productivity" index with each other. Also, with the help of the relationships obtained from this model, the importance and weight of each component in the indicators was determined, and this information helps us to analyze the data and find the results in the continuation of the research process.

FINDINGS: The findings show that the three variables of using innovative water and wastewater technologies, reducing the consumption of drinking water in schools and increasing the efficiency of irrigation in the school grounds are effective in the water efficiency index. Also, the variable of using innovative water and sewage technologies is the most effective variable to increase water efficiency, respectively, has 71 and 54% of the impact is on reducing drinking water and irrigation systems consumption in schools. The purpose of using innovative technologies in the wastewater sector is to "reduce wastewater production and reduce drinking water demand while increasing local aquifer storage." To reduce the production of wastewater and reduce the transfer of drinking water used to the wastewater, there are various strategies that can be used to reduce the production of sewage and consumption of drinking water. The most important strategies used in the study and review of these 160 schools are: 1- sewage treatment 2- using filtration systems 3- using solutions to reduce runoff 4- storm water management and 5- using water saving equipment. In the meantime, the solution to using water saving equipment has the most impact.

CONCLUSION: According to research, replacing low-consumption flash tanks with normal flash tanks has led to a 15% reduction in water consumption, and the gray water can be reused with a simple treatment for landscape and vegetation irrigation, flash tanks, and uses that do not require drinking water and by using alternative water sources such as absorbing well water, treated sewage and rain water, water needs can be met. Therefore, the use of water saving devices (such as washrooms, ambulatory washroom) or non-potable water (such as collected rainwater, recycled gray water, and on-site treated wastewater) decreases transfer drinking water consumption to the building's wastewater. According to the results obtained from the present research, in the next step, it is possible to localize the methods of increasing "water productivity" by examining the laws, guidelines, regulations and design criteria in Iran.

.....

HIGHLIGHTS:

- Investigating the characteristics of schools based on the LEED evaluation system.
- Using AMOS software to obtain a model to express the most influential components.
- Obtaining the wastewater treatment component as the most effective component.

ACKNOWLEDGMENTS:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-forprofit sectors.

CONFLICT OF INTEREST:

The authors declared no conflicts of interest.

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Journal of Iranian Architecture & Urbanism (JIAU). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Pournaseri, Sh.; Saleh Sedghpour, B.; Mohammadzadeh, Y.; Mohammadifard, Z., (2024). Modeling the effective factors of water consumption efficiency in schools using the LEED sustainability assessment system. *Journal of Iranian Architecture & Urbanism.*, 15(1): 291-301.

https://doi.org/10.30475/isau.2024.376921.2014

https://www.isau.ir/article_201108.html

نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران. دوره ۱۵. شماره ۱. صفحات ۳۰۱-۲۹۱. بهار و تابستان ۱۴۰۳

نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران
(JIAU)
https://www.isau.ir/

مقاله علمی- پژوهشی

مدل‌یابی عوامل موثر بر افزایش کارایی مصرف آب با استفاده از سیستم ارزیابی پایداری لید در مدارس *

شهناز پورناصری [۱و**]، بهرام صالح صدق‌پور [۲]، یگانه محمدزاده [۳]، زهرا محمدی‌فرد [۴]

۱. استادیار، گروه معماری، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.
۲. دانشیار، گروه علوم تربیتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.
۴. کارشناسی ارشد معماری، گروه معماری، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

مشخصات مقاله

تاریخ ارسال ۱۴۰۱/۰۹/۲۶
تاریخ بازنگری ۱۴۰۱/۱۱/۱۳
تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۰۱/۲۷
تاریخ انتشار آنلاین ۱۴۰۳/۰۶/۰۵

واژگان کلیدی

سیستم ارزیابی پایداری لید (LEED)
بهره‌وری آب
معماری پایدار
فضاهای آموزشی

چکیده

کمبود آب یکی از مشکلات اساسی جهان امروزی بوده و پیامدهای مختلفی در تامین آب مناسب برای موجودات زنده و بحران‌های زیست‌محیطی وابسته به آن دارد. به دلیل عدم استفاده درست از منابع آبی توسط انسان‌ها و با توجه به تغییرات شرایط آب‌وهوایی، اگر این میزان مصرف آب به مدت طولانی ادامه داشته باشد، می‌تواند منجر به نابودی کل زیستگاه‌ها شود. اگرچه فضاهای آموزشی سهم کمتری در سرانه‌ی شهری دارند اما توجه به رویکرد معماری پایدار در مدارس از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. پژوهش حاضر با هدف شناسایی مولفه‌های موثر بر شاخص بهره‌وری آب در سیستم ارزیابی پایداری لید (LEED)، مطالعه‌ی چگونگی و میزان تاثیر هر یک از مولفه‌ها و دستیابی به مدلی برای شاخص بهره‌وری آب در اقلیم نیمه‌خشک انجام شده است. مبانی نظری تحقیق حاضر با استفاده از اسناد کتابخانه‌ای و روش تحقیق انجام شده از طریق مطالعه موردی می‌باشد. در تحقیق انجام شده ۱۶۰ مدرسه در سطح جهان از اقلیم BSK (اقلیم نیمه‌خشک) با توجه به طبقه‌بندی اقلیمی کوپن و از کشورهای آمریکا، مکزیک، اسپانیا، ترکیه و چین و از چهار سطح گواهی لید (پلاتین، طلا، نقره و دارای گواهینامه) براساس ورژن لید ۲۰۰۹ انتخاب شدند، سپس اطلاعات آن‌ها جمع‌آوری و امتیازات دریافت شده در چک‌لیست لید آن‌ها، جهت تحلیل با روش تحلیل عاملی، وارد نرم‌افزار SPSS 22 شدند. یافته‌ها نشان می‌دهد که سه مولفه استفاده از فناوری‌های نوآورانه‌ی آب و فاضلاب، کاهش مصرف آب آشامیدنی در مدارس و افزایش بهره‌وری آبیاری در محوطه مدارس در شاخص بهره‌وری آب موثر می‌باشند. همچنین مولفه استفاده از فناوری‌های نوآورانه‌ی آب و فاضلاب شامل (تصفیه فاضلاب، استفاده از سیستم‌های فیلتراسیون، راهکارهای کاهش روان‌آب‌ها، مدیریت آب طوفان و استفاده از تجهیزات صرفه‌جویی در مصرف آب)، اثرگذارترین مولفه جهت افزایش بهره‌وری آب به ترتیب دارای ۷۱ و ۵۴ درصد تاثیر بر کاهش مصرف آب آشامیدنی در مدارس و آبیاری محوطه مدارس است.

نکات شاخص

- بررسی ویژگی‌های مدارس برای کاهش مصرف آب بر اساس سیستم ارزیابی LEED.
- استفاده از نرم‌افزار AMOS برای به دست آوردن مدلی برای بیان تأثیرگذارترین مؤلفه.
- به دست آوردن مؤلفه تصفیه فاضلاب به عنوان موثرترین مؤلفه.

نحوه ارجاع به مقاله

پورناصری، شهناز؛ صالح صدق‌پور، بهرام؛ محمدزاده، یگانه و محمدی‌فرد، زهرا. (۱۴۰۳). مدل‌یابی عوامل موثر بر افزایش کارایی مصرف آب با استفاده از سیستم ارزیابی پایداری لید در مدارس، *نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران*، ۱۵(۱)، ۳۰۱-۲۹۱.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده سوم و چهارم با عنوان «مدل‌یابی عوامل موثر بر افزایش کارایی مصرف آب با استفاده از سیستم ارزیابی پایداری لید در مدارس» می‌باشد که به راهنمایی نویسنده اول و مشاوره نویسنده دوم در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی انجام گرفته است.

** نویسنده مسئول
تلفن: ۰۰۹۸۲۱۲۲۹۷۰۱۲۳
پست الکترونیک: sh.pournaseri@sru.ac.ir

مقدمه

رشد فزاینده‌ی جمعیت به همراه افزایش دخل و تصرف انسان در محیط پیرامون خود، آثار مهم و اغلب فاجعه‌باری بر زیستگاه‌های کره‌ی زمین داشته است. سرعت برداشت آب‌های زیرزمینی بسیار بیشتر از سرعت دوباره پرشدن آن‌ها بوده که تهدیدی عمده برای رفاه انسان و محیط زیست می‌باشد. بحران آب چه در سطح تامین آب و چه بحران‌های زیست محیطیِ وابسته به آن، پیامدهای زیادی دارد. میزان مصرفِ منابع آبی توسط مردم جهان قابل انکار نیست. به همین دلیل عدم استفاده‌ی درست و اصولی منابع آبی، جهان را با مشکلاتی مانند کمبود آب مناسب و در نهایت بحران آبی مواجه خواهد کرد (شکل ۱). اگر به همین روند مصرف صعودی آب ادامه دهیم، به زودی منابع آبی قابل استفاده برای مصارف آشامیدنی به اتمام خواهد رسید و واضح است که تا سال ۲۰۵۰، از هر پنج کشور در حال توسعه، یک کشور با کمبود آب مواجه خواهد شد. سازمان ملل اعلام کرده است که تا سال ۲۰۵۰ ممکن است حدود ۵.۷ میلیارد نفر با کمبود آب آشامیدنی مواجه شوند. البته لازم به ذکر است که در مقایسه با میزان مصرف آب در بخش‌های گوناگون، مصرف آب شهری برای شهروندان، نسبت به بخشی مانند کشاورزی، از میزان کمتری برخوردار است، اما به دلیل هزینه‌هایی که متوجه تصفیه‌ی آب، لوله‌کشی و حتی انتقال آب جهت مصرف است، ارجحیت حفظ منابع آبی به دلایل مسائل بهداشتی و تامین آب آشامیدنی که از اولین و اساسی‌ترین نیازهای انسان است، را به خوبی نشان می‌دهد. بنابراین نیازمند یک طرح جامع مدیریت آب هستیم که هدف آن مدیریت مصارف آب، پاسخ به نیازهای آبی از طریق افزایش بهره‌وری آب و تلاش در جهت مصرف صحیح و بهینه آن باشد.

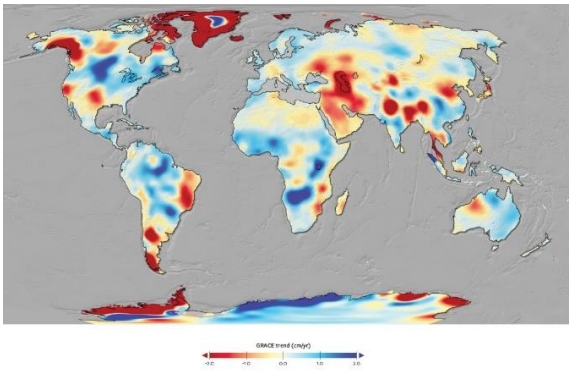

Fig. 1. Map of water crisis in the world (Famiglietti, 2019)

از سوی دیگر مطالعات انجام شده حاکی از آن است که صنعت ساخت‌وساز، تاثیر قابل‌توجهی بر محیط‌زیست دارد. بخش ساختمان و فعالیت‌های مربوط به آن حدود ۲۰ درصد آب منابع جهان را مصرف می‌کند. از این رو بخش ساختمان در زمره یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگانِ آب قرار دارد. ساختمان‌ها و فضاهای آموزشی سهم چشمگیری در سرانه‌های زمین‌شهری ندارند اما رویکرد معماری پایدار در فضاهای آموزشی از جمله مدارس از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و می‌تواند موجب تشویق، ترغیب و آموزش مضاعف به دانش‌آموزان باشد چرا که دانش‌آموزان حدود نیمی از وقت فعال خود را در مدارس می‌گذرانند و در آینده نیز چه در رفتار فردی و خانوادگی و چه در مشاغل خود می‌توانند این رویکردها را توسعه دهند. از این رو معماری پایدار، همراه آموزش‌های محیط زیستی در فضاهای ساخته شده‌ی هماهنگ، تاثیرگذاری بیشتری دارد و توجه ویژه به طراحی پایدار مدارس و نیز ایجاد شرایط زیست‌محیطی مناسب می‌بایست از مهم‌ترین توجهات در توسعه‌ی کالبدی باشد.

یکی از سیستم‌های ارزیابی پایداری ساختمان‌ها، سیستم ارزیابی لید (LEED)[1] می‌باشد و «بهره‌وری آب» یکی از شاخص‌های ۷گانه‌ای است که در لید به آن پرداخته شده است. شناخت این سیستم منجر به بیان روش‌های کاهش مصرف آب در داخل و محوطه‌ی ساختمان مدارس می‌شود. بدین طریق با استفاده از این روش‌ها میزان آب مصرفی توسط فضاهای آموزشی در سراسر جهان کاهش یافته و موجب کاهش مصرف آب آشامیدنی می‌گردد.

پژوهش حاضر با هدف شناسایی مولفه‌های موثر بر شاخص «بهره‌وری آب» در سیستم ارزیابی پایداری لید (LEED)، مطالعه‌ی چگونگی و میزان تاثیر هر یک از مولفه‌ها و دستیابی به مدلی برای شاخص «بهره‌وری آب» در اقلیم نیمه‌خشک و جهت پاسخگویی به سوالات زیر انجام شده است:

- اهداف سیستم ارزیابی پایداری لید در شاخص «بهره‌وری آب» در مدارس چیست؟
- عوامل تاثیرگذار بر شاخص «بهره‌وری آب» در مدارس چه هستند؟
- چگونه مولفه‌های موجود در شاخص «بهره‌وری آب» بر یکدیگر اثر می‌گذارند؟

پیشینه پژوهش

بیشتر مطالعاتی که در حوزه آب انجام شده‌اند، بر مصارف آب خانگی تمرکز دارند و مطالعات بسیار کمی در حوزه مصرف آب مدارس صورت گرفته است. در مطالعه‌ای که در حوزه کاهش مصرف آب در مدارس اسپانیا انجام شده، این نکته بسیار حائز اهمیت است که امروزه با توجه به این‌که بهای آب مصرفی در مدارس ارزان بوده یا عموما قبض مدارس توسط مدرسه مستقیما پرداخت نمی‌شود و به عبارتی برای مدرسه آب مصرفی رایگان است، منجر می‌شود تا صرفه‌جویی در مدارس صورت نگرفته یا توجه ویژه‌ای در این زمینه نشود. همچنین در عمده تحقیقات انجام شده درباره‌ی آب در مدارس، بیشتر به بهداشت و کیفیت آب و دسترسی به آن پرداخته شده و توجهی به فناوری‌های کاهنده مصرف آب و کاهش تقاضای آب آشامیدنی نشده است (Morote et al., 2020).

در اندک مطالعات صورت گرفته در حوزه کاهش مصرف آب آشامیدنی به این نتیجه رسیده‌اند که با جایگزینی فلاش‌تانک‌های معمولی با نوع کم‌مصرف آن می‌توان به میزان ۱۵ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی کرد (Anderson, 1993). نتایج تحقیق دیگری که در زمینه جایگزین نمودن تجهیزات کم‌مصرف آب صورت گرفته حاکی از آن است که می‌توان تا ۲۶ درصد میزان مصرف آب را کاهش داد (Malekinasab et al., 2009). تحقیق دیگری نیز به این امر اشاره کرده است که حدود ۶۰ درصد از مصرف کل آب مصرفی تبدیل به آب خاکستری می‌گردد و می‌توان با یک تصفیه ساده آن را مجددا جهت مصارف آبیاری محوطه، فلاش‌تانک‌ها و کاربری‌هایی که به آب آشامیدنی نیاز ندارند، بکار برد (Dibaj et al., 2014). با نگاهی دیگر به تحقیق انجام شده توسط جمینز[۲] در کشور استرالیا، می‌توان دریافت که استفاده مجدد از فاضلاب خاکستری منجر به کاهش ورود آب به سیستم فاضلاب شهری و کاهش اقدامات تصفیه فاضلاب شهری می‌شود که همین امر صرفه‌جویی در انرژی را به همراه دارد و به تبع آن نیز کاهش تقاضا برای آب آشامیدنی را شاهد خواهیم بود (Jimenez & Asano, 2008). کیانگ یون را[۳] در تحقیقی که انجام داده است، نشان می‌دهد با استفاده از کنترل‌کننده‌های جریان آب در سیستم‌های لوله‌کشی می‌توان از ورود انواع آلودگی به آب آشامیدنی جلوگیری و با نصب تصفیه‌کننده در داخل ساختمان، میزان آلودگی‌های موجود در آب را کاهش داد (Ra et al., 2020). از نظر پائولا لیدرمن[۴] نیز سیستم برداشت آب باران (جمع‌آوری روان‌آب باران از سطوح سخت جهت استفاده مجدد) باعث صرفه‌جویی در مصرف آب آشامیدنی در ساختمان تا میزان ۴۴.۲ درصد می‌شود (Leatherman, 2009). سِدا تانک[۵] و همکارانش در تحقیقشان نشان می‌دهند که استفاده از سیستم‌های جمع‌آوری آب باران به صورت سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، موجب کاهش مصرف آب در مدارس می‌شود. بهتر است از گیاهانی با نیاز آبیاری کمتر و سازگارتر با شرایط محلی بهره برد. همچنین به این نکته اشاره کرده‌اند که استفاده از تجهیزات کم‌مصرف آب، کاهش مصرف آب در داخل ساختمان را در پی دارد (Tonuk & Keyihan, 2021). مشابه این نظر در تحقیقی که توسط دَمساری[۶] صورت گرفته نیز نشان می‌دهد که استفاده از گیاهان بومی در فضای باز باعث کاهش مصرف آب می‌شود و با جایگزینی منابعی نظیر آب چاه، فاضلاب تصفیه شده و آب باران می‌توان نیازهای آبی را برآورده کرد (Damsari et al., 2021). آژانس حفاظت از محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا در برنامه واترسنس[۷] ادعا می‌کند که ارتقاء یک ماشین ظرفشویی تجاری قدیمی با مدل انرژی استار[۸] می‌تواند با استفاده از ۵۲۰۰۰ گالن آبِ کمتر در سال، بیش از ۲۰۰ دلار در قبض آب و همچنین ۹۰۰ دلار در هزینه‌های انرژی صرفه‌جویی کند (U.S. Environmental Protection Agency's WaterSense).

مبانی نظری

لید (از معروف‌ترین سیستم‌های ارزیابی پایداری در سطح جهان) از سال ۱۸۹۸ طرحی را جهت ارزیابی ساختمان‌های پایدار ایجاد کرده و مطابق آن بسیاری از کشورها ساختمان‌های خود را براساس شاخص‌های آن، مورد ارزیابی قرار داده‌اند. در این سیستم تاکنون بیش از ۳۱۷۵ مدرسه در جهان از منظر پایداری، ارزیابی شده‌اند که ۲۸۱۴ مورد از آن به کشور آمریکا مربوط می‌شود. از آنجایی‌که لید معتبرترین سیستم جهانی و دارای نمونه‌های زیادی جهت بررسی است، برای ادامه روند این تحقیق، انتخاب شد. سیستم ارزیابی لید به مدارس کمک می‌کند تا به سلامت و یادگیری بهتر برای دانش‌آموزان دست پیدا کنند. سیستم لیدِ مدارس با پرداختن به فضاهای منحصر به مدارس و مسائل مربوط به سلامت کاربران آن‌ها، ابزاری جامع با نتایج قابل اندازه‌گیری برای مدارس ارائه می‌دهد. بیشترین کاربرد این سیستم در مدارس مربوط به پروژه‌های جدید ساختمانی و نوسازی فضاهای آموزشی دوره ۱۲ ساله می‌باشد (LEED for Schools, 2007). لید در شاخص «بهره‌وری آب» به بررسی مولفه‌های زیر پرداخته و بابت رعایت هر مورد امتیازی را اختصاص می‌دهد. در مجموع از ۱۱۰ امتیاز کل در سیستم لید جهت ارزیابی پایداری، ۱۱ امتیاز آن به مولفه‌های شاخص «بهره‌وری آب» تعلق دارد (جدول ۱).

Table 1. Scoring procedure in the water efficiency index at the schools LEED system

Score	Water efficiency	Sections score	Considerations and how to score		
11	**1.Water Efficient Landscaping**				
	Water Efficient Landscaping	4	Credit 1.1	Reducing the consumption of drinking water for irrigation of the landscape up to 50%	2 Point
			Credit 1.2	Reduction of drinking water consumption from 50% to 100%	2 Point
	2. Innovative Wastewater Technologies				
	Innovative Wastewater Technologies	2	Credit 2.1	Reducing the consumption of drinking water for building wastewater by 50%	1 Point
			Credit 2.2	Treatment of 50% of the wastewater on site	1 Point
	3. Water Use Reduction				
	Water Use Reduction	4	Credit 3.1	30% reduction in drinking water consumption in the building	2 Point
			Credit 3.2	30-35% reduction in drinking water consumption in the building	1 Point
			Credit 3.3	35-40% reduction in drinking water consumption in the building	1 Point
	4. Process Water Use Reduction				
	Process Water Use Reduction	1	To acquire this credit, buildings should fulfill the following criteria: - consuming less than or equal to the amount of water determined by the LEED rating system for household appliances		1 Point

با کمک جدول ۱، مولفه‌های شاخص «بهره‌وری آب» شامل کاهش مصرف آب در محوطه، فناوری نوآورانه در بخش فاضلاب، کاهش مصرف آب در ساختمان و عملیات کاهش مصرف آب، خواهد بود (شکل ۲).

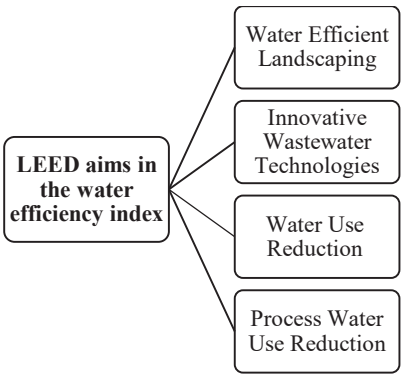

Fig. 2. LEED aims in the water efficiency index

در ادامه به بررسی دقیق‌تر هریک از مولفه‌ها پرداخته شده است:

مولفه ۱: کاهش مصرف آب آشامیدنی در محوطه

هدف از «کاهش مصرف آب آشامیدنی در محوطه» محدود کردن یا حذف استفاده از آب آشامیدنی یا سایر منابع آب طبیعیِ سطحی یا زیرزمینیِ موجود در سایت و یا اطراف سایت پروژه برای آبیاریِ محوطه می‌باشد. کاهش مصرف آب آشامیدنی در محوطه در ۲ گزینه بررسی می‌شود:

گزینه ۱: کاهش ۵۰ درصد مصرف آب آشامیدنی جهت آبیاری (۲ امتیاز). با کمک روش‌های زیر می‌توان نسبت به این کاهش اقدام کرد:

- استفاده از گونه‌های گیاهی سازگار با شرایط آب‌وهوا (استفاده از گیاهانی که نیازی به آبیاری نداشته و به راحتی با شرایط آب و هوایی محلی سازگار می‌شوند)
- افزایش راندمان آبیاری با استفاده از سیستم‌های آبیاری مختلف در محوطه (شکل۳)
- استفاده از تکنیک‌های مختلف محوطه‌سازی
- بام‌های سبز
- استفاده از آب باران
- استفاده از منابع آب طبیعی
- استفاده از آب تصفیه شده
- زهکشی سایت

Fig. 3. Drip irrigation (in this type, the irrigation efficiency is 90%, while the efficiency in rain irrigation is usually around 63%)

گزینه ۲: عدم استفاده یا استفاده بسیار ناچیز از آب آشامیدنی در آبیاری (۴ امتیاز). برای دریافت حداکثر امتیاز این مولفه، نیاز است علاوه بر رعایت گزینه یک، کمترین استفاده از آب آشامیدنی تمیز و دست نخورده جهت مصارف آبیاری کمترین استفاده شده باشد (کاهش بیش از ۵۰ درصد) و به جای آن از آب باران جمع‌آوری شده، فاضلاب بازیافتی، آب خاکستری بازیافتی یا آب تصفیه شده برای آبیاری استفاده گردد. هم‌چنین محوطه‌سازی به نحوی طراحی شود که به سیستم آبیاری دائمی نیاز نداشته باشد.

مولفه ۲: استفاده از فناوری‌های نوآورانه در بخش فاضلاب

هدف از «استفاده از فناوری‌های نوآورانه در بخش فاضلاب» کاهش تولید فاضلاب و کاهش استفاده از آب قابل شرب ضمن افزایش ذخیره آبخوان[۹] محلی می‌باشد. اگرچه عنوان این مولفه نشان می‌دهد که مربوط به فاضلاب است، اما در واقع موضوعات مطرح شده در آن تا حدودی گسترده‌تر بوده و به دو راهکار پرداخته است:

گزینه ۱: آب آشامیدنی استفاده شده جهت انتقال به فاضلاب حداقل حدود ۵۰ درصد با استفاده از وسایل صرفه‌جویی در مصرف آب (مانند: توالت فرنگی، توالت سرپایی) یا آب غیرقابل شرب (مانند: آب باران گرفته شده، آب خاکستری بازیافت شده و فاضلاب‌های تصفیه شده در محل) کاهش یابد.

گزینه ۲: حداقل ۵۰ درصد از آب (استفاده شده) طبق استانداردها در محل تصفیه شده و سپس از آن در سایت استفاده گردد و یا آن را تصفیه کرده تا دوباره به سفره‌های زیرزمینی نفوذ کند.

باید اضافه کرد برای کاهش حجم فاضلاب می‌توان از راهکارهای خشک و کارآمد مانند سیستم‌های توالت کمپوست (توالت‌های بدون آب) استفاده کرد. هم‌چنین استفاده مجدد از آب طوفان یا آب خاکستری را برای انتقال به فاضلاب یا سیستم‌های تصفیه فاضلاب مکانیکی و یا طبیعی می‌توان در نظر گرفت. سیستم‌های حذف مواد بیولوژیکی[۱۰]، تالاب‌های مصنوع[۱۱] و سیستم‌های فیلتراسیون نیز از جمله گزینه‌های پربازده برای تصفیه فاضلاب در محل هستند (شکل‌های ۴ تا ۶).

Fig. 4. Establishing a treatment center near the site and using treated wastewater for irrigation

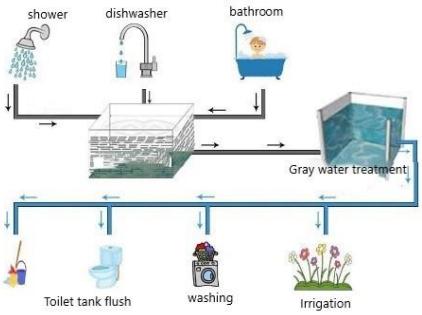

Fig. 5. Reuse of purified storm water in cases such as watering plants, washing, etc.

Fig. 6. Water purification pitcher filter includes a combination filter of fibers and active carbon that can catch mud, sediments and water taste

حوضچه‌های حذف آلاینده‌ها[۱۲] و رسوبات از روان‌آب‌های سطحی، آبگیرهای محوطه‌سازی شده یا حوضچه‌های کم‌عمقی هستند که برای کندکردن و تصفیه روان‌آب‌های سطحی در محل استفاده می‌شوند. آب طوفان به سمت حوضچه هدایت، و در آنجا توسط تعدادی از فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تصفیه می‌شود. آبی که (سرعتش) کند و نیز تمیز شده اجازه می‌یابد به لایه‌های زیرین خاک در محل نفوذ کند یا به زهکش‌های طوفان یا آب‌های دریافتی مجاور هدایت شود (شکل ۷).

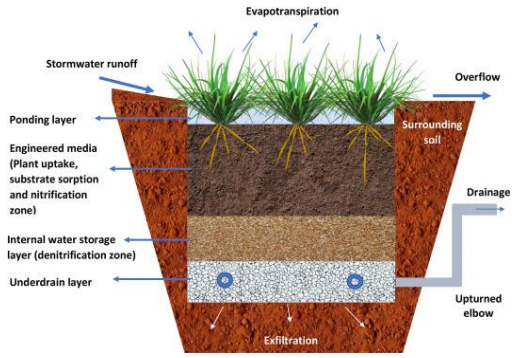

Fig. 7. Purification of stormwater runoff through ponds to remove pollutants and sediments from surface runoff

مولفه ۳: کاهش مصرف آب در داخل ساختمان

هدف از «کاهش مصرف آب در ساختمان» افزایش بهره‌وری آب در داخل ساختمان‌ها جهت کاهش بار در تأمین آب شهری و سیستم‌های فاضلاب می‌باشد. ۳۰ درصد کاهش در استفاده از آب قابل شرب ساختمان منجر به اخذ ۲ امتیاز می‌شود. کاهش تا ۳۵ درصد یک امتیاز اضافه‌تر به همراه دارد و کاهش ۴۰ درصدی در مصرف آب قابل شرب، امتیاز نهایی به دست می‌آید[۱۳]. جهت محاسبه کاهش، میزان مصرف آب قابل شرب در یک ساختمان پایه (مطابق با الزامات قانون سیاست انرژی سال ۱۹۹۲ سازمان حفاظت از محیط‌زیست ایالات متحده[۱۴]) بر اساس استفاده سرنشینان فقط شامل وسایل جریان شستشو، مانند توالت، توالت سرپایی (شکل ۸)، شیرهای توالت، دوش، شیرهای ظرفشویی آشپزخانه و شیرهای اسپری پیش آبکشی (شکل ۹) در نظر گرفته می‌شود.

Fig. 8. Freestanding toilet (it is installed on the wall and has an automatic or manual siphon. Freestanding toilets are a good solution for crowded public toilets for men because they are quick to use, take up less space, and save water)

Fig. 9. Pre-rinse spray valves (often used in commercial spaces and institutional kitchens to remove food residue before washing dishes. By using a high-efficiency pre-rinse spray valve, in a commercial or institutional kitchen, more than (saved $110 in energy and water costs)

مولفه ۴: عملیات کاهش مصرف آب

هدف از «عملیات کاهش مصرف آب» به حداکثر رساندن بهره‌وری آب در داخل ساختمان‌ها برای کاهش بار در تأمین آب شهری و سیستم‌های فاضلاب می‌باشد. برای دریافت امتیاز این مولفه، ساختمان‌ها باید دارای شرایط زیر باشند:

- استفاده معادل یا کمتر از میزان آب تعیین شده توسط سیستم ارزیابی لید برای لوازم خانگی

همه لوازم خانگی در حداقل ۴ نوع از تجهیزات که در آن آب مصرفی معادل یا کمتر از سطوح نشان داده شده در جدول ۲ باشد. برای درج هرگونه تجهیزات دیگر موجود در مدرسه که در جدول ۲ نیست باید با مدارکی مبنی بر کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب نسبت به یک استاندارد یا استاندارد صنعتی پشتیبانی گردد.

روش تحقیق

این تحقیق با اهداف کاربردی به منظور توسعه‌ی دانش در زمینه ارزیابی پایداری ساختمان مدارس صورت گرفته است. مبانی نظری تحقیق حاضر با استفاده از اسناد کتابخانه‌ای نظیر مقالات، پایان‌نامه‌ها، موتورهای جست‌وجو گر و ترجمه کتاب‌ها به دست

Table 2. Characteristics of the utilized equipment (LEED, 2009 for schools)

Equipment Type	Maximum Water Use	Other Requirements
Clothes Washers1	7.5 gallons/ft3/cycle	-
Dishwashers	1.0 gallons/rack	-
Ice Machines2	Lbs /day>175 20 gallons/100 lbs	No water-cooled machines
	Lbs/day<175 30 gallons/100 lbs	
Food Steamers	2 gallons/hour	Boiler less steamers only
Pre-Rinse Spray Valves	1.4 gallons/minute	-

Pound (lbs) is a symbol of a unit of mass used for the weight or mass of an object. It is equivalent to 0.45359237 weight.

آمده است. بخش عمده روش تحقیق انجام شده از طریق روش «مطالعه موردی[15]» صورت گرفته است. ابتدا با مراجعه به سایت سیستم ارزیابی پایداری لید، ۱۶۰ مدرسه در سطح جهان از اقلیم BSK (اقلیم نیمه‌خشک) با توجه به طبقه‌بندی اقلیمی کوپن و از کشورهای آمریکا، مکزیک، اسپانیا، ترکیه و چین که موفق به دریافت یکی از چهار سطوح گواهی لید (پلاتین، طلا، نقره و دارای گواهی) شده بودند، از ورژن لید ۲۰۰۹ [16] انتخاب شدند و با بررسی چک‌لیست‌ها ، امتیازات کسب شده از هر چهار مولفه‌ی مربوط به شاخص «بهره‌وری آب»، جمع‌آوری و سپس جهت تحلیل با روش «تحلیل عاملی»، وارد نرم‌افزار SPSS 22 شد. بدین صورت مولفه‌های اثرگذار در زمینه افزایش «بهره‌وری آب» و میزان و چگونگی تاثیر این مولفه‌ها بر هم از طریق مدل‌یابی به دست آمد.

ابزارهای پژوهش

جهت گردآوری اطلاعات مدارس، از «امتیازات کسب شده در گواهی‌های لید»۱۶۰ مدرسه (شکل ۱۰) و برای آنالیز اطلاعات از نرم‌افزار SPSS 22 و جهت مدل‌یابی یافته‌ها از نرم‌افزار AMOS کمک گرفته شده است.

WATER EFFICIENCY		AWARDED: 7 / 11
WEp1	Water use reduction	REQUIRED
WEc1	Water efficient landscaping	4 / 4
WEc2	Innovative wastewater technologies	0 / 2
WEc3	Water use reduction	2 / 4
WEc4	Process water use reduction	1 / 1

Fig. 10. A sample of Scores obtained by one of the schools

نحوه مدل‌یابی

با توجه به آن‌که تحقیق حاضر دارای گویه‌های متعددی است، از دستور Compute Variable برای تعریف متغیر جدید و دسته‌بندی داده‌ها براساس آن استفاده شده است. سپس با ورود اطلاعات مربوط به متغیرهای جدید، در نرم‌افزار AMOS، این متغیرها به مدلی تبدیل شد تا با کمک آن بتوانیم رابطه‌ی متغیرهای موجود در شاخص «بهره‌وری آب» را با یکدیگر به دست آوریم. هم‌چنین به کمک روابط به دست آمده از این مدل میزان اهمیت و وزن هر مولفه در شاخص‌ها مشخص شد، که این اطلاعات به ما جهت تحلیل داده‌ها و یافتن نتایج در ادامه فرآیند تحقیق کمک می‌نماید.

بعد از ورود اطلاعات مدارس و تحلیل عاملی که روی آن‌ها صورت گرفت، مطابق با نمودار اسکری پلات (شکل ۱۱)، در مجموع ۷ فاکتور برای شاخص «بهره‌وری آب «به دست آمد که از مجموع این ۷ فاکتور، ۳ مورد اول (دارای مقادیر ویژه بالاتر از ۱)، متغیرهایی هستند که به ما در ادامه روند تحقیق کمک می‌کنند و از ۴ تا ۷ فاکتورهای ضعیفی هستند که ما از مولفه‌های آن‌ها آگاهی نداریم. بنابراین برای شاخص «بهره‌وری آب»، ۳ متغیر به دست آمده است که همگی قابل قبول هستند. پس از یافتن متغیرهای اثرگذار در شاخص «بهره‌وری آب»، جدولی مطابق جدول ۳ به کمک متغیرهای به دست آمده تنظیم شد تا به وسیله آن مدل مربوط به این شاخص ترسیم گردد.

همان‌طور که جدول ۴ نشان می‌دهد، به طور کلی شاخص «بهره‌وری آب» دارای ۷ متغیر است که با کمک تحلیل عاملی که توسط نرم‌افزار صورت گرفته است، این ۷ متغیر در ۳ عنوان جمع‌بندی و خلاصه شدند.

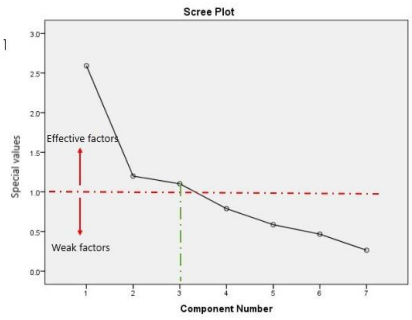

Fig. 11. Scree plot diagram of "Water Efficiency" index (SPSS 22)

یافته‌های تحقیق

با توجه به مدل به دست آمده (شکل ۱۲) مشخص است که در مدل مربوط به شاخص «بهره‌وری آب»، متغیر «فناوری‌های نوآورانه آب و فاضلاب» متغیر مستقل است و بر روی متغیرهای وابسته مدل «افزایش کارایی آبیاری محوطه» و «کاهش مصرف آب آشامیدنی در کل پروژه» تاثیر می‌گذارد. در ادامه به توصیف مدل به دست آمده است. مقدار رابطه‌ی مستقیم متغیر «فناوری‌های نوآورانه آب و فاضلاب» با متغیرهای «کاهش مصرف آب آشامیدنی در کل پروژه» و «افزایش کارایی آبیاری محوطه» مطابق جدول ۵ به ترتیب ۰.۸۴۲ و ۰.۷۳۵ است. با توجه به این‌که این متغیرها رابطه‌ی غیرمستقیمی با یکدیگر ندارند (جدول ۶)، بنابراین روابط کلی آن‌ها با یکدیگر نیز همین اعداد می‌باشد (جدول ۷).

Table 3. Rotated matrix of water efficiency component

Components	Components		
	3	2	1
Innovative wastewater technologies	-0.088	0.133	0.88
RP.WE2	0.125	0.147	0.864
Reducing water consumption in the building	-0.212	0.862	-0.15
Reducing water consumption in the area	0.409	0.667	0.138
RP.WE3	0.063	0.584	0.33
RP.WE1	0.696	0.169	0.482
Operation to reduce water consumption	-0.675	0.145	0.465

Table 4. Titles of "Water efficiency " index variables

	Variables obtained from the software		The components of each variable	Impact rate
Water efficiency	Factor 1	Innovative technologies water and wastewater	Innovative wastewater technologies (WEc2)	0.88
			Innovative wastewater technologies (Extra points) (RP.WEc2)	0.864
	Factor 2	Reducing water consumption in the building	Reducing drinking water consumption in buildings (WEc3)	0.862
			Reducing drinking water consumption in the area (WEc1)	0.667
			Reducing drinking water consumption in the building (Extra points) (RP.WEc3)	0.584
	Factor 3	Increase efficiency irrigation of the area	Reducing the consumption of drinking water in the area (Additional points) (RP.WEc1)	0.696
			Operation to reduce water consumption (WEc.sch4)	-0.675

جدول ۸، وزن‌های رگرسیونی متغیرهای شاخص «بهره‌وری آب» را نشان می‌دهد. مطابق جدول ۹، A1 واریانس مربوط به «افزایش کارایی آبیاری محوطه» می‌باشد و بدان معناست که متغیرهای دیگری غیر از متغیرهای مورد بحث در تحقیق بر این متغیر تأثیر دارند که مقدارشان ۱.۸۵۲ است.

Table 8. Regression weights of "Water Efficiency " index variables

		Estimate	S.E.	C.R.	Degree of significance
Innovative water and wastewater technologies	Increasing the irrigation efficiency of the area	0.735	0.119	6.190	***
	Reduction of drinking water consumption in the whole project	0.842	0.214	3.393	***

***: Significance level at 99% level

Table 9. Variance caused by variables

	Estimate	S.E.	C.R.	Degree of significance
Innovative water and wastewater technologies	0.66	0.066	9.975	***
A1	1.852	0.186	9.975	***
A2	6.007	0.602	9.975	***

***: Significance level at 99% level

A2 واریانس مربوط به «کاهش مصرف آب آشامیدنی در کل پروژه» می‌باشد و بدان معناست که متغیرهای دیگری غیر از متغیرهای مورد بحث در تحقیق بر این متغیر تأثیر دارند که مقدارشان ۶.۰۰۷ است.

همچنین مدل به دست آمده در شکل ۱۲ و جدول ۹ نشانگر این است که واریانس‌های ناشی از هر متغیر چه میزان است و این متغیر به صورت

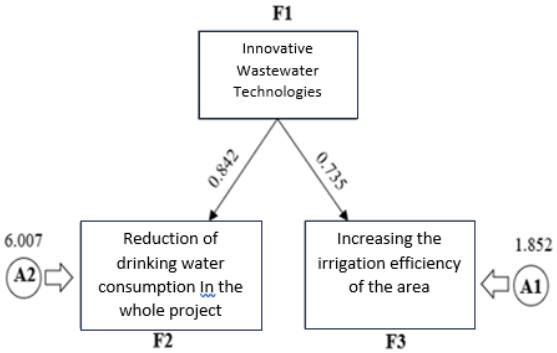

Fig. 12. Model corresponding to "Water Efficiency " index

Table 5. Direct effects of water efficiency variables on each other

	Innovative water and wastewater technologies
Reduction of drinking water consumption in the whole project	0.842
Increasing the irrigation efficiency of the area	0.735

Table 6. Indirect effects of water efficiency variables on each other

	Innovative water and wastewater technologies
Reduction of drinking water consumption in the whole project	0.00
Increasing the irrigation efficiency of the area	0.00

Table 7. General effects (sum of effects) of water efficiency variables on each other

	Innovative water and wastewater technologies
Reduction of drinking water consumption in the whole project	0.842
Increasing the irrigation efficiency of the area	0.735

کلی تا چه اندازه اثر دارد. برای مثال واریانس متغیر شماره ۱، ۲۹.۹۷۱ درصد از کل واریانس‌های متغیرهای این شاخص را تشکیل می‌دهد و مجموع اوزان مولفه‌های موجود در این متغیر به عدد ۲.۰۹۸ می‌رسد. لازم به ذکر است که متغیرها بر اساس میزان وزن و اهمیت آن‌ها در هر شاخص به دست آمده‌اند. بنابراین متغیر اول دارای بالاترین تاثیر در این شاخص می‌باشد. از مقایسه مجموع واریانس‌ها نیز مشخص می‌شود که در ۳ متغیر، میزان ۶۹.۹۲۳ درصد نشان می‌دهد که چه اتفاقی در شاخص «بهره‌وری آب» افتاده است و ۳۰.۰۷۷ درصد مربوط به متغیرهایی هست که از تاثیر آن‌ها آگاهی نداریم (جدول ۱۰).

Table 10. Total variance expressed of the "Water efficiency " index variables

Rotation Sums of Squared Loadings			
Component	The sum of the weights of the components	% Variances	The sum of the weights of the components
1	2.098	29.971	29.971
2	1.618	23.121	53.092
3	1.178	16.831	69.923

باید افزود مطابق اطلاعات جدول ۱۱، مقدار شاخص برازندگی P =۰.۲۱۰، CMIN/DF =۱.۵۷۱، RMR = ۰.۱۲۱، GFI= ۰.۹۹۵، IFI = ۰.۹۸۹، CFI = ۰.۹۸۸، RMSEA = ۰.۰۵۴، PCLOSE = ۰.۳۱۷ است که با توجه به آزمون‌های برازش مدل بیانگر برازش خوب مدل به دست آمده است.

Table 11. Examining the appropriateness of the water efficiency model

Model	Default model	Saturated model	Independence model
P	0.21		0.000
CMIN/DF	1.175		17.182
RMR	0.121	0.00	0.416
GFI	0.995	1.000	0.848
IFI	0.989	1.000	0.000
CFI	0.988	1.000	0.000
RMSEA	0.054	0.285	
PCLOSE	0.317	0.000	

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به مدل به دست آمده و بررسی اهداف، با در نظر گرفتن راهکارهای مطالعه شده در مدارس مورد بررسی، می‌توان گفت استفاده از فناوری‌های نوآورانه در بخش آب و فاضلاب بیشترین تاثیر را در کاهش مصرف آب آشامیدنی در ساختمان و آبیاری محوطه آن دارد.

هدف استفاده از فناوری‌های نوآورانه در بخش فاضلاب «کاهش تولید فاضلاب و کاهش تقاضای آب آشامیدنی ضمن افزایش ذخیره آبخوان محلی» می‌باشد. برای کاهش تولید فاضلاب و کاهش انتقال آب آشامیدنی مورد استفاده، به فاضلاب راهبردهای مختلفی وجود دارد که با استفاده از این راهبردها می‌توان تولید فاضلاب و مصرف آب آشامیدنی را کاهش داد. مهم‌ترین راهبردهایی که در مطالعه و بررسی این ۱۶۰ مدرسه استفاده شده است عبارتند از:

۱- تصفیه فاضلاب؛ ۲- استفاده از سیستم‌های فیلتراسیون؛ ۳- استفاده از راهکارهای کاهش روان‌آب؛ ۴- مدیریت آب طوفان؛ و ۵- استفاده از وسایل صرفه‌جویی در مصرف آب. که در این بین راهکار استفاده از وسایل صرفه‌جویی در مصرف آب بیشترین تاثیر را دارد.

مطابق تحقیقات صورت گرفته که در قسمت پیشینه تحقیق به آن پرداخته شده است، جایگزینی فلاش‌تانک‌های کم‌مصرف با فلاش‌تانک‌های معمولی منجر به کاهش ۱۵ درصدی در مصرف آب شده است و آب خاکستری را می‌توان با یک تصفیه ساده مجددا جهت مصارف آبیاری محوطه، فلاش‌تانک‌ها و کاربری‌هایی که به آب آشامیدنی دست نخورده نیاز ندارند، بکار برد و با استفاده از منابع آبی جایگزین مانند آب چاه لوله، فاضلاب تصفیه شده و آب باران می‌توان نیازهای آبی را برآورده کرد.

بنابراین استفاده از وسایل صرفه‌جویی در مصرف آب (مانند: توالت فرنگی، توالت سرپایی) یا آب غیرقابل شرب (مانند: آب باران جمع‌آوری شده، آب خاکستری بازیافت شده و فاضلاب‌های تصفیه شده در محل) مصرف آب آشامیدنی را جهت انتقال به فاضلاب ساختمان کاهش می‌دهد. با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر در گام بعد می‌توان با بررسی قوانین، دستورالعمل‌ها، مقررات و ضوابط طراحی در ایران‌زمین به بومی‌سازی روش‌های افزایش «بهره‌وری آب» پرداخت.

پی‌نوشت

1. Leadership in Energy and Environmental Design
(استاندارد پیشرو در طراحی محیطی و انرژی)
2. Jimenez B
3. Kyungyeon Ra
4. Paula Leatherman
5. Seda Tonuk
6. Damsari A.G.U
7. WaterSense
8. Energy Star

۹. ذخیره آبخوان فرآیند ساخته شده توسط انسان یا فرایندهای طبیعی هست که توسط انسان تقویت و آب را به زیرِ زمین منتقل می‌کنند. این فرایند آبهای زیرزمینی ذخیره شدهٔ در سفره‌های زیرزمینی را برای اهداف مفید دوباره پر می‌کنند و برای جبران آب سفره‌های زیرزمینی استفاده می‌شود.

۱۰. حذف مواد مغذی بیولوژیکی فرآیندی است که برای حذف نیتروژن و فسفر از فاضلاب قبل از تخلیه در آبهای سطحی یا زیرزمینی استفاده می‌شود.

۱۱. تالاب مصنوع تالابی برای تصفیه فاضلاب شهری یا صنعتی، روان آب خاکستری یا طوفان است. همچنین ممکن است برای احیای زمین پس از استخراج، یا به عنوان یک مرحله تخفیف برای مناطق طبیعی که در اثر توسعه زمین از دست رفته‌اند، طراحی شود.

12. Bioretention basins

حوضچه‌های حذف آلاینده‌ها حوضچه‌های کم‌عمقی هستند که برای کندکردن و تصفیه روان‌آب‌های سطحی در محل استفاده می‌شوند.

۱۳. برای به دست آوردن امتیاز، مهندس مکانیک باید محاسباتی را ارائه دهد که نشان‌دهنده‌ی کاهش در مقایسه با ساخت پایه است.
14. EPAct: United States Environmental Protection Agency.
۱۵. روش مطالعه موردی یکی از متداول‌ترین استراتژی‌های تحقیق کیفی محسوب می‌شود. این رویکرد یک روش یا شیوه نیست بلکه نوعی استراتژی پژوهشی است. درون این استراتژی، روش‌ها و شیوه‌های متعددی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ممکن است این روش‌ها کمی،کیفی و یا ترکیبی از هر دو روش باشند. تحقیق موردی شامل بررسی دقیق نمونه کوچکی از یک موضوع از منظر خاصی است. این امر ممکن است مربوط به یک فرد، یک سازمان، یک نقش، یک جامعه یا یک ملت باشد. مطالعات موردی به طور معمول روش‌های جمع‌آوری اطلاعات از طیف گسترده‌ای از منابع از جمله بایگانی، مصاحبه، نظرسنجی، روش‌های تصویری و مشاهده شرکت‌کنندگان را ترکیب می‌کند. مطالعات موردی می‌تواند در افزودن به درک، گسترش تجربه و افزایش اعتقاد در مورد یک موضوع بسیار ارزشمند باشد. رویکرد مطالعه موردی را می‌توان هم به عنوان یک روش کیفی و هم کمی استفاده کرد. روش مطالعه موردی زمانی ایده‌آل است که یک سوال "چگونه" یا "چرا" در مورد مجموعه‌ای از رویدادهای معاصر که محقق هیچ کنترلی بر آن‌ها ندارد، پرسیده شود (Ann Bergen,1999).
۱۶. با توجه به این‌که تعداد نمونه‌های جدیدترین ورژن لید (ورژن۴) در اقلیم مورد نظر به حد نصاب نمی‌رسید، ناچار از یک ورژن قبل‌تر از آن یعنی ورژن ۲۰۰۹ استفاده شد.

تشکر و قدردانی

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی برای ایشان وجود نداشته است.

تاییدیه‌های اخلاقی

نویسندگان متعهد می‌شوند که کلیهٔ اصول اخلاقی انتشار اثر علمی را براساس اصول اخلاقی COPE رعایت کرده‌اند و در صورت احراز هر یک از موارد تخطی از اصول اخلاقی، حتی پس از انتشار مقاله، حق حذف مقاله و پیگیری مورد را به مجله می‌دهند.

منابع مالی/ حمایت‌ها

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

مشارکت و مسئولیت نویسندگان

نویسندگان اعلام می‌دارند به‌طور مستقیم در مراحل انجام پژوهش و نگارش مقاله مشارکت فعال داشته و به طور برابر مسئولیت تمام محتویات و مطالب گفته‌شده در مقاله را می‌پذیرند.

References

1. Anderson, D.L., and Nero, W.L. (1993). The impact of water conservation fixtures on residential water use characteristics in Tampa Florida. Proc. of Conserve 93; *The new water agenda*, ASCE, AWRA, and AWWA, Las Vegas, 611-628.
2. Bergen, A., (1999). A case for case studies: exploring the use of case study design in community nursing research. *Journal of Advanced Nursing*, 2000, 31(4), 926-934.
3. Damsari A.G.U., Sridarran P. and Abdeen F.N. (2021). Applicability of LEED requirements to achieve water efficiency in Sri Lankan hotel industry. In: Sandanayake, Y.G., Gunatilake, S. and Waidyasekara, K.G.A.S. (eds). *Proceedings of the 9th World Construction Symposium*, 9-10 July 2021, Sri Lanka. [Online]. pp. 98-109.
4. Dibaj, Samira; Maknoun, Reza; Shistanipour, Ghazal; Nikrovan, Morteza, (2014), Reuse of gray wastewater in green space irrigation and environmental impact assessment, *8th National Civil Engineering Congress*, Faculty of Civil Engineering, Babol.
5. Famiglietti, J., (2019). A map of the future of water. *Trend Magazine*. Santa Fe, New Mexico.
6. Jimenez B., Asano, T. (2008). *Water Reuse: An international survey of current practice, issues and needs.* IWA Publishing. Vol. 7, London, E14 2BA, UK.
7. Leatherman, P., (2009). Burton school Rain Water harvesting system An Educational tool with sustainable benefits. *Journal of Green Building.* 4 (4): 19–28.
8. LEED 2009 for schools New Construction and major Renovations Rating System, (2016), from https:// www. usgbc.org/2016-1.
9. Malekinasab, Ahmed; Tabesh, Massoud; Qalibaf Sarshuri, Mehdi, (2009), Field investigation of the effect of installing low-consumption equipment and faucets in reducing domestic water consumption, *Iran Water Resources Research*, Year 6, Number 2, Summer 89, 36-45.
10. Morote, A.F., Hernandez, M., Olcina, J., Rico, A.M. (2020). Water Consumption and Management in schools in the City of Alicante (Southern Spain) (2000–2017): Free Water Helps Promote Saving Water?. *Water*, 12(4), 1052.
11. Ra, K., Odimayomi, T., Ley, C., Gim Aw, T., Rose, J.B., Whelton, A.J., (2020). Finding Building Water Quality Challenges in a 7-Year Old Green School: Implications for Building Design, Sampling, and Remediation. *Environmental Science:Water Research & Technology.* Issue. 10.
12. Tonuk, S. & Kayihan, K. S. (2021). A study of water use and water conservation policiesat (primary) eco-schools in Istanbul. *Int. J. Sus. Dev. Plann*. Vol. 7, No. 3 (2012) 356–371.