



DOI: [10.71167/uaceg.2024.570104](https://doi.org/10.71167/uaceg.2024.570104)

Получена: 26.07.2023 г.

Приета: 29.12.2023 г.

ПРОУЧВАНЕ НА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕТО В МАГАЗИНИ ЗА ПРОМИШЛЕНИ И ХРАНИТЕЛНИ СТОКИ В ГРАД СОФИЯ

Е. Цанов¹, В. Радованов², Д. Аличков³

Ключови думи: водопотребление, загуби на вода в сгради, денонощен разход на вода, обезпеченост, часови график на водопотребление

РЕЗЮМЕ

В статията са представени резултати от изследване на водопотреблението в магазини. Проучването е проведено на територията на Столична община и обхваща 24 магазина. Анализирани са бази данни от измервания на разхода на вода и налягането в обектите, с времеви интервал от 1 минута в продължение на 629 денонощия на разхода на вода и налягането в сградите през различни сезони. Установени са загубите на вода в различните типове магазини. Представени са диференциалните и интегралните криви на теоретичното разпределение, както и основните статистически параметри, описващи денонощното и часовото водопотребление. Въз основа на получените теоретични резултати са разработени типизирани часови графици на водопотреблението в отделните магазини и е направен анализ на потреблението в делнични и почивни дни. Сравнени са получените средни стойности на потреблението на вода и водоснабдителните норми за сгради от същия тип, също така са направени препоръки относно тяхната актуализация.

¹ Емил Цанов, д-р инж., кат. „Водоснабдяване, канализация и пречистване на води“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: e.tsanov@nemoconsult.net

² Виден Радованов, д-р инж., кат. „Водоснабдяване, канализация и пречистване на води“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: v_radovanov@abv.bg

³ Димитър Аличков, проф. д-р инж., кат. „Водоснабдяване, канализация и пречистване на води“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: d.alitchkov@aquains.com

1. Въведение

Проектирането на сградни водопроводни инсталации в България се извършва в съответствие с Наредба № 4 от 2005 [1]. Водоснабдителните норми за магазини, заложи в нея, запазват стойностите, налични в Нормите за проектиране на водопроводни и канализационни инсталации в сгради от 1986 г. [2]. Промяната в социално-икономическото развитие на страната и усъвършенстването на технологиите, свързани с водочерпните прибори през последните 30 години, налагат актуализация на тези стойности.

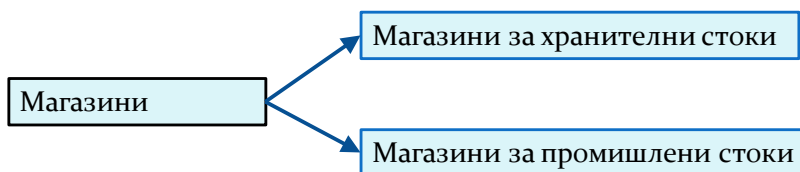
Пазарът в България се променя значително след 2000 г. Редица чуждестранни вериги отварят първите си магазини в периода 1999 – 2010 г. [3 – 9]. Работното време се променя, прилага се гъвкаво работно време за служителите, а хранителните магазини приготвят и топла храна.

Тези промени налагат необходимостта от проверка на нормативно заложените оразмерителни параметри. В настоящата статия е извършена оценка на максимално денонощните, средно денонощните и часовите стойности за обща вода.

2. Обхват на измерванията

Проведени са измервания в 24 броя магазини за хранителни и промишлени стоки на територията на Столична община, реализирани в периода от 11.08.2019 г. до 30.08.2021 г. Всички магазини са наблюдавани в по два периода всеки от по две седмици, а общият брой на измерените денонощия за всички магазини е 629. Измерванията са извършени и събрани чрез монтаж на електронни записващи устройства (логери) към общите водомери на сградите, оборудвани с импулсен изход. Интервалът на регистрираните водни количества е 1 минута, а точността на измерванията е 10 литра на импулс. За същия интервал от време са измервани и стойностите на налягането.

Съгласно действащата нормативна уредба в Република България [1] за целите на настоящото изследване магазините са разделени на две категории, представени на фиг. 1.



Фиг. 1. Категории на магазините

С цел по-коректен анализ на водопотреблението в изследваните магазини за всеки един е създадена и попълнена анкета със следната информация:

- брой на персонала, работещ в магазина;
- търговска площ;
- възможност за приготвяне на храна за вкъщи в хранителните магазини;
- вид на сградната водопроводна инсталация;
- данни относно общия водомер на сградата;

- брой и тип на помещенията;
- санитарно-техническо оборудване на сградата.

3. Методология

Получените данни от едноминутните измервания на разхода на вода и налягането са обработени в следната последователност:

- проверка за наличие на груби грешки;
- отстраняване на грубите грешки;
- верификация на изходните параметри;
- организиране на масивите от часови и денонощни времеви серии за разхода на вода и налягането.

След първоначалната обработка на данните от измерванията са определени загубите на вода и нетното водопотребление. Под **загуби на вода се разбира течове от водопроводната инсталация**, дължащи се на неизправни и временно забравени в отворено състояние водочерпни прибори и други течове като спукани тръби и неводоплътни връзки, които не се оползотворяват за питейно-битови и хигиенни нужди. За ВиК оператора същите не се разглеждат като „загуби на вода“, неносеща приходи, тъй като тези водни количества се отчитат от сградните водомери и се инкасираат.

В така разглеждания контекст загубите на вода са оценени на база на анализ на минималните нощни разходи, като са използвани времевите серии с интервал от 1 мин.

Установени са параметрите на математически модел на загубите, който има следния вид:

$$q_{\text{заг } j}^i = b_i \int_{j-1}^j p_j dt, \quad (1)$$

където $q_{\text{заг } j}^i$ са загубите на вода в час j на измервателна кампания i , [dm^3/min];

b_i – коефициент, който се определя за всяка измервателна кампания i за времето, без полезен разход на вода;

p_j – налягането на входа на сградната водопроводна инсталация в j час, [kPa].

С цел по-добро сравнение на сградите спрямо нивото на поддръжка на техните сградни водопроводни инсталации е прието класификацията им да се осъществява спрямо стойностите на загубите на вода, показани в табл. 1.

Таблица 1. Класификация на сградите спрямо нивото на поддръжка на сградната водопроводна инсталация

Ниво на поддръжка	Загуби на вода, %	Описание
A	0 – 5	Много добро (високо) ниво на поддръжка
B	6 – 15	Добро ниво на поддръжка
C	16 – 25	Лошо ниво на поддръжка
D	> 25	Много лошо (липса на) ниво на поддръжка

След отделянето на загубите на вода от общото водопотребление е извършен статистически анализ на получените времеви серии на нетните денонощни разходи на вода, отнесени на един потребител за едно денонощие.

За получаване на стандартизираните часови графици за отделните категории магазини са обработени времевите серии за всеки час j ($j = 1, 2, 3, \dots, 24$). Чрез тях са определени теоретичните диференциални функции за разпределение на водопотреблението, отнесено към един потребител за един час.

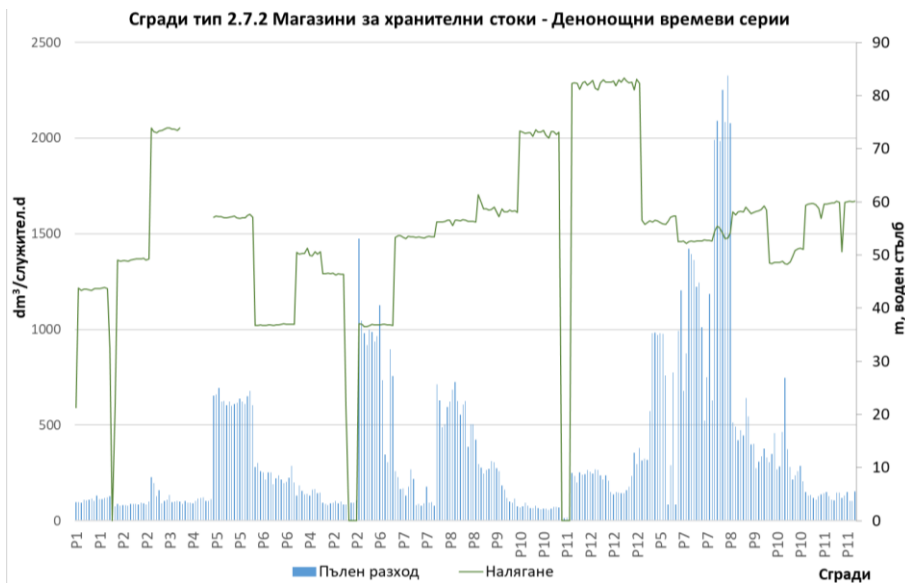
4. Резултати и дискусия

Резултатите от получените денонощни времеви серии за водопотреблението, отнесено към един работещ, и средноденонощните стойности на налягането за магазини за промишлени стоки, са представени на фиг. 2, а за магазини за хранителни стоки на фиг. 3. От представените резултати се наблюдава, че няма изразена връзка между измереното налягане и водопотребление. С изключение на един магазин за промишлени стоки, останалите имат сравнително еднакво потребление на вода, въпреки разликите в броя на персонала между 5 и 40 служители.

При магазините за хранителни стоки се наблюдава по-голям диапазон на изменение на измерените водни количества, като всички магазини със стойности над $500 \text{ dm}^3/\text{d}$ принадлежат на една и съща верига.

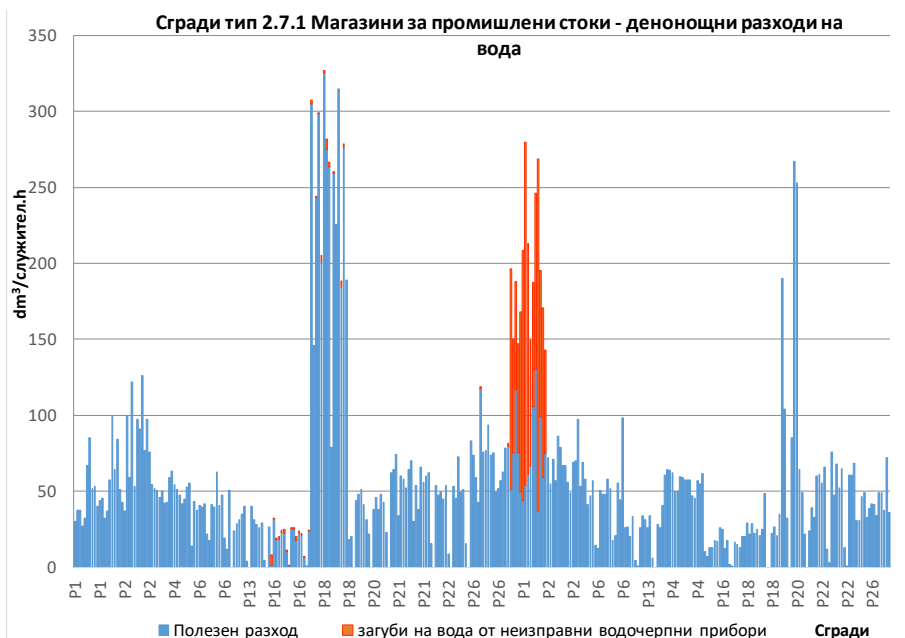


Фиг. 2. Денонощни времеви серии на измереното водопотребление и налягане за магазини за промишлени стоки

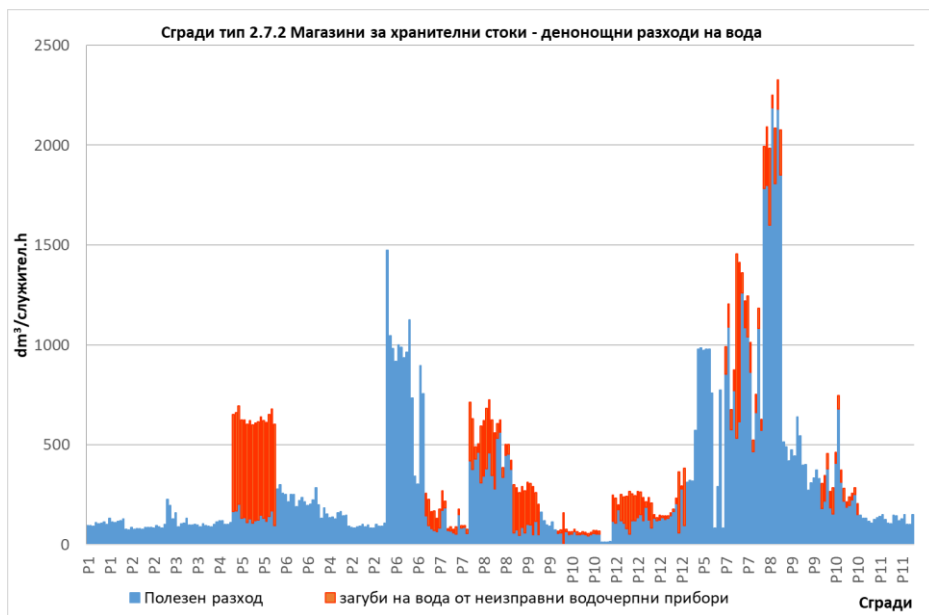


Фиг. 3. Денонощни времеви серии на измереното водопотребление и налягане за магазини за хранителни стоки

Въз основа на определения модел на загубите на вода от неизправни водочерпни прибори са получени времеви серии на нетните (ползните) разходи на вода. Денонощните разходи на вода, както и получените загуби на вода са представени на фиг. 4 и фиг. 5.

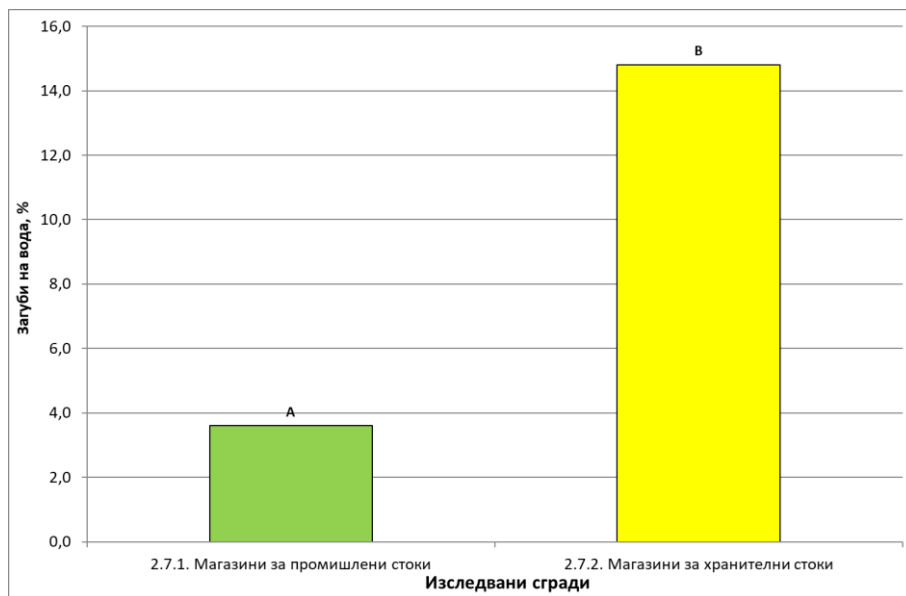


Фиг. 4. Денонощни времеви серии на нетното водопотребление и загуби на вода в магазини за промишлени стоки



Фиг. 5. Денонощни времеви серии на нетното водопотребление и загуби на вода в магазини за хранителни стоки

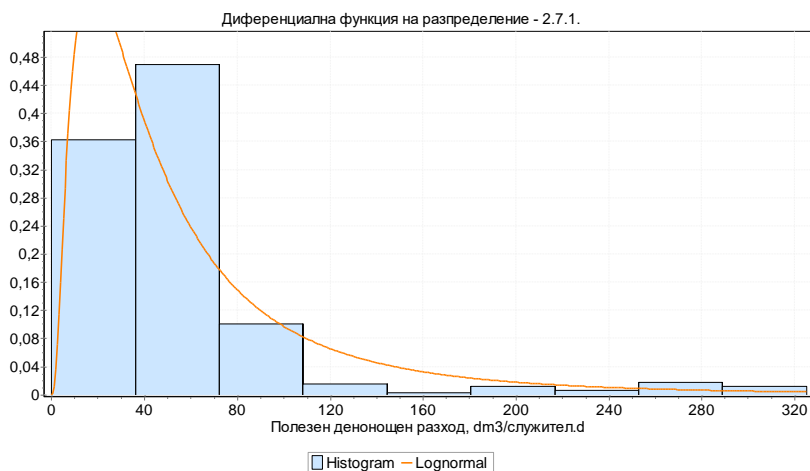
От представените резултати се вижда, че загуби на вода почти не са налични при магазините за промишлени стоки, с изключение на един в едната измервателна кампания, което ги класифицира като група А, докато в някои магазини за хранителни стоки те са значителни, което ги класифицира като група В, представено на фиг. 6. Но дори и те не обясняват наблюдавания висок разход на вода в някои обекти.



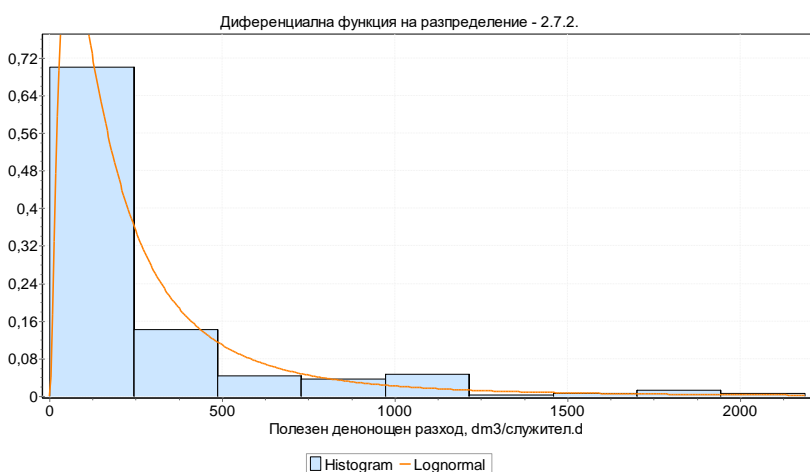
Фиг. 6. Класификация на магазините спрямо нивото на загубите на вода

На фиг. 5. се вижда, че в магазините, разположени в дясната страна на графиката, разходът на вода е по-висок, отколкото в тези от лявата страна. Това се дължи до голяма степен на сезонната неравномерност, установена чрез измервания и показани на фигурата както следва: вляво са измерванията през късната есен и началото на зимата; вдясно са тези от края на лятото. По тези причини поливането на зелени площи би могло да е фактор, който да води до по-високото потребление на вода. В някои обекти се наблюдава увеличение в потреблението в часовете от 5 до 7, но при други е налично общо увеличение в разхода на вода в работните часове, което показва наличие и на други причини за промени във водопотреблението.

Получени са теоретичните, диференциалните и интегралните функции за разпределение на водопотреблението. На фиг. 7 и 8 са представени диференциалните криви на теоретичното разпределение. В табл. 2 са представени резултати за водопотреблението на 1 служител с различна обезпеченост за изследваните категории магазини – 5 %, 50 %, 85 %, 90 %, 95 %, 99 %.



Фиг. 7. Диференциална крива на теоретичното разпределение за магазини за промишлени стоки

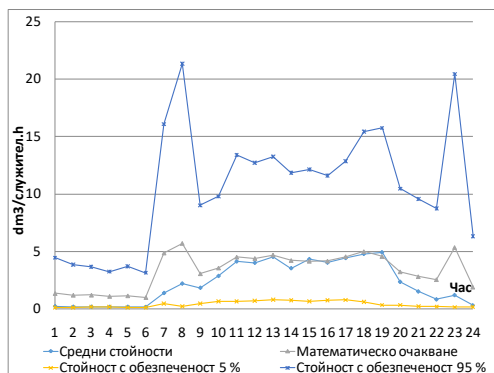


Фиг. 8. Диференциалната крива на теоретичното разпределение за магазини за хранителни стоки

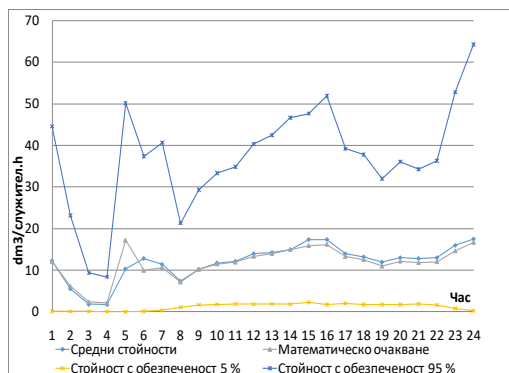
Таблица 2. Водопотребление на 1 служител с различна обезпеченост за изследваните категории магазини

Статистически параметри	За промишлени стоки Дни			За хранителни стоки Дни		
	работни	почивни	всички	работни	почивни	всички
Математическо очакване	58,06	66,96	62,31	267,18	282,56	269,73
Мода	31,48	3,99	17,34	74,02	56,62	71,4
Дисперсия	1675	24881	5228	100053	144848	101675
Средно квадратично отклонение	40,93	157,74	72,30	316,31	380,59	318,87
Коефициент на асиметрия	2,62	20,14	5,04	5,48	6,14	5,04
Коефициент на ексцес	14,29	2524,44	66,67	82,02	109,13	66,7
Стойност с обезпеченост 5 %	17,72	2,74	8,91	42,23	25,46	34,23
Стойност с обезпеченост 50 %	47,22	26,16	40,68	172,26	168,31	174,33
Стойност с обезпеченост 85 %	90,96	108,34	106	449,92	489,41	462,12
Стойност с обезпеченост 90 %	106,47	151,61	133	566,49	627,45	580,8
Стойност с обезпеченост 95 %	134,60	249,47	186	798,16	905,41	814,38
Стойност с обезпеченост 99 %	209,55	634,98	349	1523	1796	1533

Часовите графици са представени на фиг. 9, като е използвана средната стойност от извадката, математическото очакване и обезпеченост с 5 % и 95 % на генералната съвкупност за всеки час j .



а) Магазин за промишлени стоки



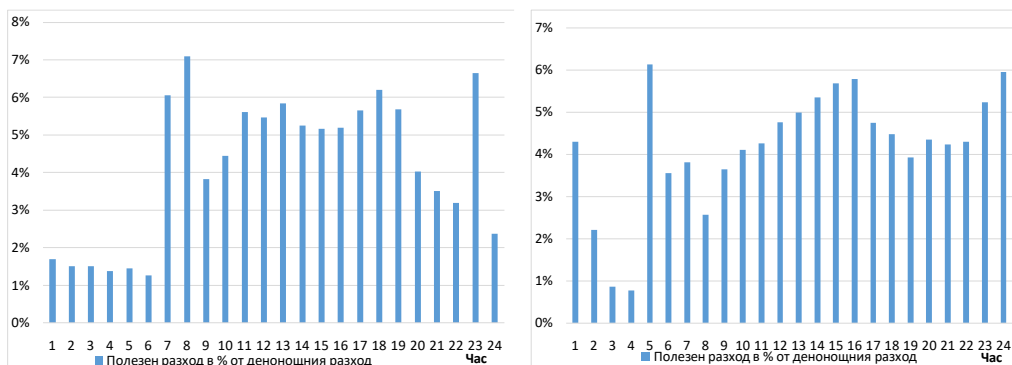
б) Магазин за хранителни стоки

Фиг. 9. Стандартизиран часови график (всички дни)

На фиг. 10 е представен стандартизиран часови график, който е изготвен на базата на процентното съотношение между математическото очакване на генералната съвкупност за всеки час j и средноденощното водопотребление в магазините.

От получените резултати се вижда, че за промишлените магазини има пик преди и след работното време. При магазините за хранителни стоки също има пик след края на работния ден, което е очаквано, тъй като тогава се извършва почистване. Пикът между 5 и 7 часа се дължи на наблюдавания висок разход в някои обекти през летния период и е извън докладваното работно време, което може да в следствие от използването на автоматични поливни системи. В отделни обекти има известни разлики както в работно време за клиенти, така и за персонала. Начало за персонал 6 – 6:30, за клиенти 7 – 7:30 ч., затваряне за клиенти 21 – 22 ч., а за персонала 22 – 23 ч.

И в двете групи магазини се наблюдава по-висок разход в почивните дни спрямо работните, въпреки, че разликите не са значителни.



а) Магазин за промишлени стоки

б) Магазин за хранителни стоки

Фиг. 10. Стандартизиран часови график като процент от средно денонощното водопотребление (всички дни)

В табл. 3 е представено сравнение между получените крайни резултати от статистическата обработка на денонощните данни от изследването и характерните водни количества от Наредба № 4 за проектиране, изграждане и експлоатация на сградни ВиК инсталации.

Нормите не предвиждат разлика между средно денонощното и максимално денонощното потребление за хранителни магазини, както при тези за промишлени стоки, но такава разлика се наблюдава. Дори и само при сравнение на делнични и почивни дни се наблюдава с около 10 % по-голям разход през почивните – табл. 2 и 3.

Има значително разминаване между математическото очакване и стойностите на денонощното водопотребление с обезпеченост 95 %, като нормативните стойности са по-ниски от определените. Разликите са по-значителни при магазините за промишлени стоки над 4 пъти спрямо математическото очакване и над 10 пъти спрямо 95 % обезпеченост.

За хранителните магазини е проведен горният анализ, като е използвана площта за определяне на нормативния брой на служители – 1 служител на 20 m². Предвидената в наредбата площ на служител не отговаря на тази в наблюдаваните обекти – средно 36 m², с минимална 20 m² и максимална 50 m². Поради тази причина при използването ѝ

се получават по-малки разлики спрямо наблюдаваното водопотребление, а при сравнение с математическото очакване дори нормативно се получават по-високи стойности на потребление за обектите.

Таблица 3. Крайни резултати от статистическата обработка на данните от изследването за денонощни водни количества (всички дни)

Водопотребление	Магазини за промишлени стоки, $\text{dm}^3/\text{служ.д}$	Магазини за хранителни стоки, $\text{dm}^3/\text{служ.д}$	Магазини за хранителни стоки, dm^3/m^2
Водоснабдителна норма за опр. на ср. ден. водно количество според Наредба 4	12	250	12,5 (250/20 m^2)
Водоснабдителна норма за опр. на макс. ден. водно количество според Наредба 4	16	250	12,5 (250/20 m^2)
Математическо очакване (Средна стойност)	62,31	269,73	7,83
При 85 % обезпеченост	105,94	462,12	13,3
При 90 % обезпеченост	132,85	580,8	16,66
При 95 % обезпеченост	185,82	814,38	23,25
Отн. разлика на математическото очакване от водосн. норма, %	419	8	-37
Отн. разлика от водосн. норма за определяне на макс. ден. водни количества с 95 % обезпеченост, %	1061	226	86

По отношение на максимално часовите стойности се наблюдават подобни разлики – табл. 4. При магазините за промишлени стоки максималното часово потребление е с над 4 пъти по-голямо от нормативната стойност. При магазините за хранителни стоки тя е почти два пъти, а при използване на нормативната стойност за относителната площ на служител са регистрирани по-ниски стойности от нормативните.

Таблица 4. Крайни резултати от статистическата обработка на данните от изследването за часови водни количества

Водопотребление	Магазини за промишлени стоки, $\text{dm}^3/\text{служ.ч}$	Магазини за хранителни стоки, $\text{dm}^3/\text{служ.ч}$	Магазини за хранителни стоки, dm^3/m^2
Водоснабдителна норма за определяне на макс. час. водно количество според Наредба 4	4	37	1,85 (37/20 m^2)
Водопотребление при 95 % обезпеченост	21,34	64,28	1,74
Отн. разлика от водосн. норма за определяне на макс. час. и водни количества с 95 % обезпеченост, %	433	74	-6 %

5. Заключение

Определени са загубите на вода за изследваните промишлени и хранителни магазини (съответно **3,6 %** и **14,8 %**). Спрямо нивото на поддръжка, техните сградни водопроводни инсталации са класифицирани съответно в ниво *A* и ниво *B*.

Получени са теоретичните диференциални и интегрални криви на разпределение на денонощния разход на вода на един потребител за изследваните промишлени и хранителни магазини.

Математическите очаквания и разходите с обезпеченост 95 % за промишлените и хранителни магазини са многократно по-големи от водоснабдителните норми за определяне на $Q_{\text{ср.дн}}$ и $Q_{\text{макс.дн}}$.

Математическото очакване и разходът с обезпеченост 95 % за хранителните магазини надвишава същия показател за промишлените магазини **с над 4 пъти**.

Получени са стандартизирани часови графици на водопотребление в магазините. И в двата типа магазини се наблюдава пик в края на работния ден, а при промишлените и в началото му.

Има изразено повишаване на потреблението в хранителните магазини през летния период, но не може да се заключи, че то изцяло се дължи на поливане.

Разходът на вода за максималния час с обезпеченост 95 % за хранителните магазини е почти 2 пъти **по-висок** от водоснабдителната норма за определяне на $Q_{\text{макс.ч}}$, а за промишлените е **5 пъти по-висок**.

Предвидената в наредбата площ на служител (20 m²) е по-малка от актуално прилаганата в наблюдаваните обекти (36 m²). При проектиране на такива обекти тя завишава броя на служителите и в резултат се получават по-реалистични стойности на необходимите водни количества за обектите. При проектиране на такъв тип обекти е препоръчително в заданието за проектиране да е посочена бройката на персонала.

Получените стойности показват, че е необходимо нормите да се актуализират, за да могат да отразяват текущите тенденции във водопотреблението на подобен род обекти.

Благодарности

Настоящата научноизследователска разработка е проведена съвместно с екипа на „Софийска вода“ АД на базата на Договор № 7817/29.03.2018 г. за Проучване на потреблението на питейна вода на територията на Столична община, сключен между „УАСГ-ЦНИП“ ЕООД и „Софийска вода“ АД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наредба № 4 от 17 юни 2005 г. за проектиране, изграждане и експлоатация на сградни водопроводни и канализационни инсталации. Издадена от министара на регионалното развитие и благоустройството.

2. Норми за проектиране на водопроводни и канализационни инсталации в сгради. Утвърдени със заповед № RD-02-14-35 от 25 юни 1986 г. на председателя на Комитета по териториално и селищно устройство (DV, br. 69 от 1986 г.), отпечатани в "Byuletin za stroitelstvo i arhitektura", br. 5 i 6 от 1986 г.

3. <https://corporate.lidl.bg/za-lidl/nashata-istoriya>, poseten na 20.12.2022.
4. <https://zanas.kaufland.bg/za-kaufland/hronika.html>, poseten na 20.12.2022.
5. <https://www.billa.bg/za-billa/billa-koi-sme-nie/istoriyata-na-billa>, poseten na 20.12.2022.
6. <https://www.metro.bg/za-metro/metro-bulgaria>, poseten na 20.12.2022.
7. <https://praktiker.bg/bg/aboutus>, poseten na 20.12.2022.
8. <https://mr-bricolage.bg/about-us>, poseten na 20.12.2022.
9. <https://mojatabroshura.bg/homemax>, poseten na 20.12.2022.

STUDY OF WATER CONSUMPTION IN STORES FOR INDUSTRIAL AND FOOD GOODS IN THE CITY OF SOFIA

E. Tsanov¹, V. Radovanov², D. Alitchkov³

***Keywords:** water demand, water losses in buildings, daily water demand, statistical distribution function, hourly demand pattern*

ABSTRACT

The paper presents the results of a study investigating water consumption in stores for industrial and food goods. The study is conducted on the territory of the Metropolitan Municipality and covers 24 stores. One-minute measurements over 629 days of water consumption and pressure in buildings during different seasons were analyzed. The water losses in the different types of stores have been determined. The differential and integral curves of the theoretical distribution are presented, as well as the main statistical parameters describing the daily and hourly water consumption. Based on the obtained theoretical results, typical hourly schedules of water consumption in individual stores are developed and an analysis of consumption on weekdays and weekends is made. The obtained average values of water consumption and water supply norms for buildings of the same type are compared, and recommendations are made regarding their updating.

¹ Emil Tsanov, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. "Water Supply, Sewerage, Water and Wastewater Treatment", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: e.tsanov@nemoconsult.net

² Viden Radovanov, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. "Water Supply, Sewerage, Water and Wastewater Treatment", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: v_radovanov@abv.bg

³ Dimiter Alitchkov, Prof. Dr. Eng., Dept. "Water Supply, Sewerage, Water and Wastewater Treatment", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: d.alitchkov@aquains.com