

## STUDY OF SPECIFIC INDICATORS CHARACTERIZING THE CONSUMPTION OF ELECTRICITY IN SINGLE FAMILY HOUSES FOR A FIVE-YEAR PERIOD<sup>10</sup>

---

**Assoc. Prof. Vyara Sabova Ruseva, PhD**

Department of Electrical engineering, electronics and automation,

University of Ruse, Bulgaria

Tel.: +359 882 123 300

E-mail: vruseva@uni-ruse.bg

***Abstract:** The household sector is one of the largest users of electricity in Bulgaria. on the specific indicators characterizing domestic electricity consumption influence a number of factors that change over time. for this purpose, it is necessary to carry out periodic surveys of domestic electricity consumption. with the help of static electricity meters are obtained annual, monthly and 24-hour service schedules for a small settlement in the region of Varna. The specific indicators of domestic electricity consumption have been determined and a comparison has been made with similar indicators obtained for the region of Ruse. The results obtained can be used in the design and operation of low voltage networks, supplying small settlements.*

**Keywords:** household electricity consumption, specific Indicators of household electricity

**JEL Codes:** L60

### ВЪВЕДЕНИЕ

Относителният дял на битовия сектор след 2010 г. е относително постоянен и е най-големия в общото електропотребление на Република България. Този дял ще се запази в краткосрочна перспектива.

Върху битовото електропотребление оказват влияние голям брой фактори като:

- фактори с периодичен характер – такива са денят от седмицата, времето от денонощието и годишният сезон. Конкретните атмосферни условия в даден ден и час имат случаен характер и те обуславят корелационния характер на товарите графици (ТГ);
- фактори с детерминиран характер, които определят големината на изчислителните товари. Най-важен от тях е степента на използване на електрическата енергия за отопление и начина на нагриване на водата за битови нужди;
- детерминирани фактори с по-малко, но постоянно значение са площта и строителния тип на жилището, видът на населеното място;
- детерминирани фактори със случайно изменение в дългогодишен период, които зависят от държавната и отраслова политика. Такива са цената на електрическата енергия и съотношението и с цените на другите енергийни източници;
- случайни фактори – за отделното жилище това е броят и социалната структура на живеещите.

Под въздействието на тези фактори битовото електропотребление непрекъснато се изменя, което налага неговото периодично изследване. За да може да се сравняват получените резултати и да се използват при проектирането, експлоатацията и реконструкциите на разпределителните мрежи ниско напрежение се изчисляват специфични показатели (Stefanov, St., Ruseva, V., & Mihailov, L., 2003).

**Целта** на работата е да се изследва електропотреблението в малко населено място и да се направи сравнение на специфичните показатели за пет годишен период.

---

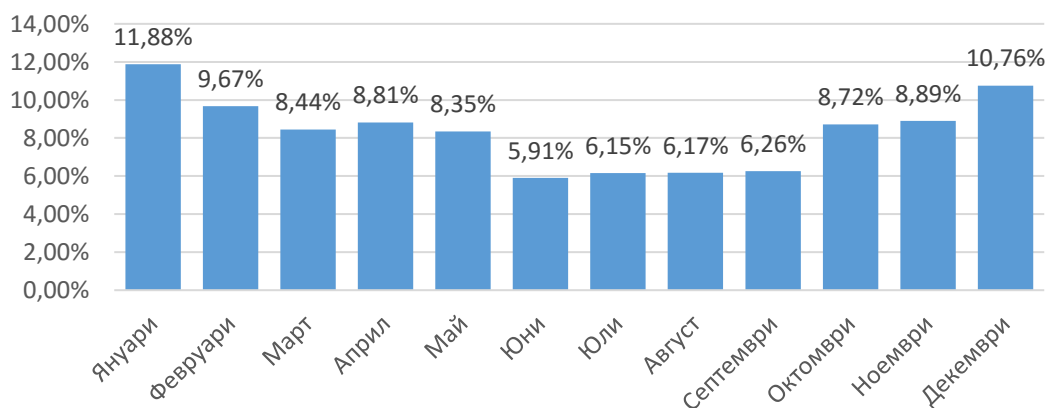
<sup>10</sup> Докладът е представен на 13 ноември 2020 с оригинално заглавие: STUDY OF SPECIFIC INDICATORS CHARACTERIZING THE CONSUMPTION OF ELECTRICITY IN SINGLE FAMILY HOUSES FOR A FIVE-YEAR PERIOD

## ИЗЛОЖЕНИЕ

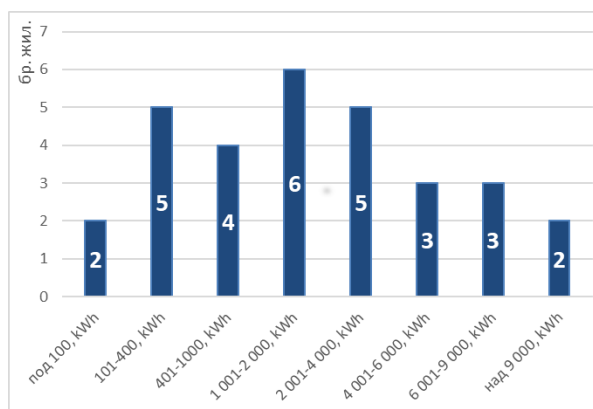
Като обект на изследването е избран извод „Есеница” от подстанция 110/20 kV „Вълчи дол”, който се захранва на средно напрежение 20 kV. Като представителен трафопост е избран ТП1 разположен в село Есеница, Варненска област. Подобни изследвания са провеждани в (Ruseva V., & O. Petrov. 2011), (Ruseva, V. 2019).

Трафопостът захранва 53 абонати с електрическа енергия на ниско напрежение. Абонатите, предмет на настоящото изследване са от трета група (Ordinance No 3 on the electrical systems and power lines, 2004). От тях са извадени следните абонати: кметство, ВиК дружество, младежки дом, магазин, барче, улично осветление, стопански двор и здравна служба. 10 от битовите абонати са без консумация, което означава че жилищата са необитаеми. В изследването също не са включени и абонатите с годишна консумация под 100 kWh. Общият брой на изследваните еднофамилни жилища е 28.

На фиг. 1 е представен полученият годишен ТГ. Показано е процентното разпределение по месеци на годишната инкасирана електрическа енергия на абонатите захранвани от ТП 1. Коефициентът на равномерност на годишния товаров график е 0,5. Това означава, че товаровият график е в голяма степен равномерен.



Фиг. 1. Разпределение по месеци на годишната инкасирана електрическа енергия на абонатите към ТП1, получено чрез инкасираната енергия



Фиг.2. Хистограма на абонатите към ТП1 според годишната консумация на електрическа енергия

На фиг.2. е показана хистограма на абонатите захранвани от ТП1. Тя показва разпределението на изследваните жилища в зависимост от годишната консумация на електрическа енергия. Включени са 30 жилища, от които 2 жилища имат частична консумация. Най-много са абонатите с годишна консумация между 1001 и 2000 kWh – общо 6 броя. Консумацията на електрическа енергия от отделните жилища е разсеяна в широки граници. Половината от абонатите имат годишна консумация на електрическа енергия в диапазона от 401 до 4000 kWh. Максималната годишна консумация на електрическа енергия от едно от жилищата е 10 144 kWh. Общо 5 жилища имат годишна

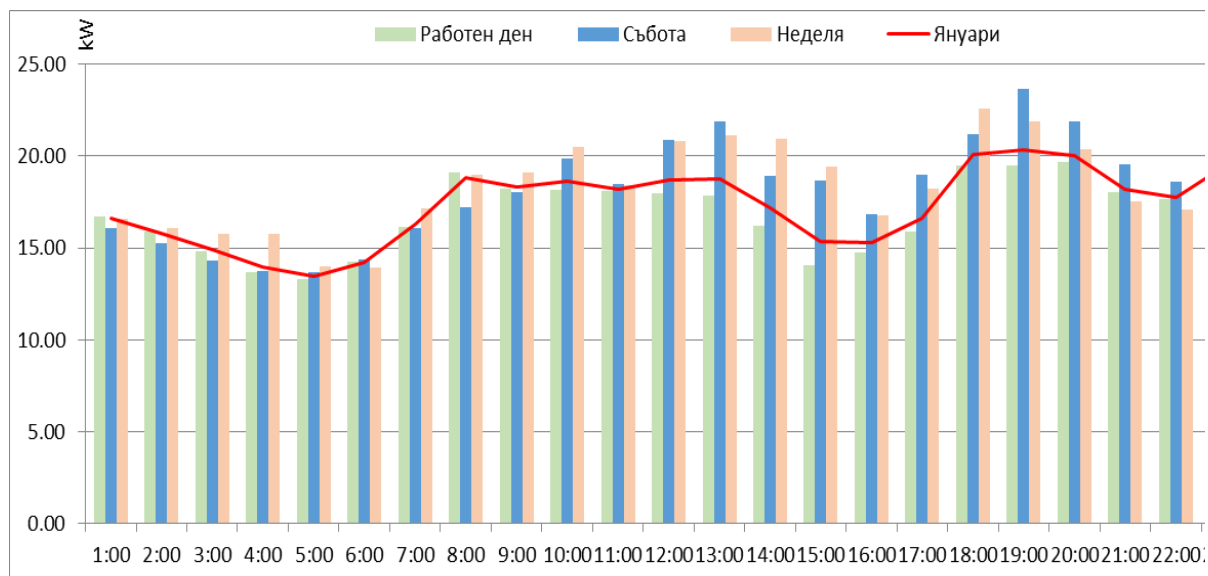
консумация над 6 000 kWh.

На фиг. 3 и фиг. 4 са показани осреднените денонощни ТГ за типичен зимен и летен месец, поотделно за среден работен и среден почивен (събота, неделя) дни. Данните за ТГ са получени от статичен електромер, монтиран на извод ниско напрежение в ТП1.

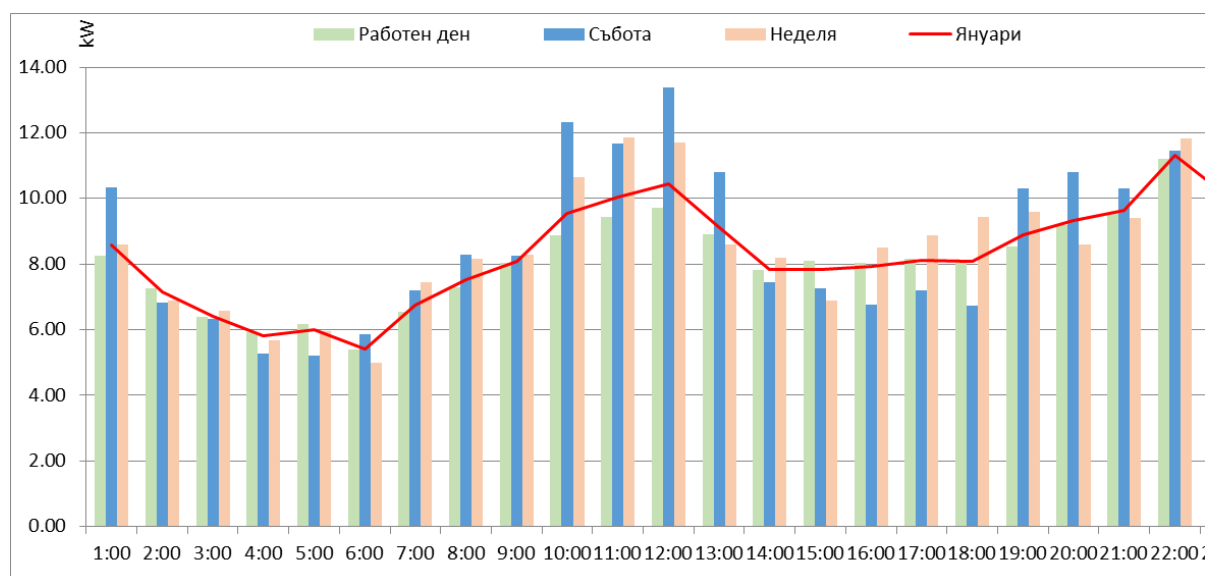
През зимния сезон за работните и за почивните дни се получава период с максимално натоварване от 18 до 20 часа. Максималният товар за среден работен ден е в интервала от 19

до 20 часа и е 19,67 kWh, а минималният е в интервала от 4 до 5 часа и е 13,33 kW. Ясно изразен сутрешен максимум на товара няма. В периода между 12 и 13 часа в почивните дни има повишено средно натоварване между 20,84 kW и 21,88 kW. Абсолютният максимален товар се е получил на 12.01.2019 г. (събота) от 22 до 23 часа и е 30,36 kWh. Абсолютният минималният товар е от 15 до 16 часа на 18.01.2019 г. (петък) и е 7,16 kWh.

За летния сезон има два периода с максимално натоварване: в периода от 10 до 13 часа и от 22 до 24 часа. Максималният товар за среден работен ден е в интервала от 21 до 22 часа и е 11,31 kW. Минималният среден товар е от 5 до 6 часа и е 5,40 kW, т.е. 48% от максималния среден товар през летния сезон. Абсолютният максимум на товара през изследвания период от 01.07.2019 г. до 31.07.2019 г. е в 16 часа на 09.07.2019 г. (вторник) и е 15,96 kW. Абсолютният минимум на товара е в 7 часа на 16.07.2019 г. (вторник) и е 3,72 kW.



Фиг. 3. Осреднен денонощен товаров график за зимен сезон - януари 2019 г.



Фиг. 4. Осреднен денонощен товаров график за летен сезон - юли 2019 г.

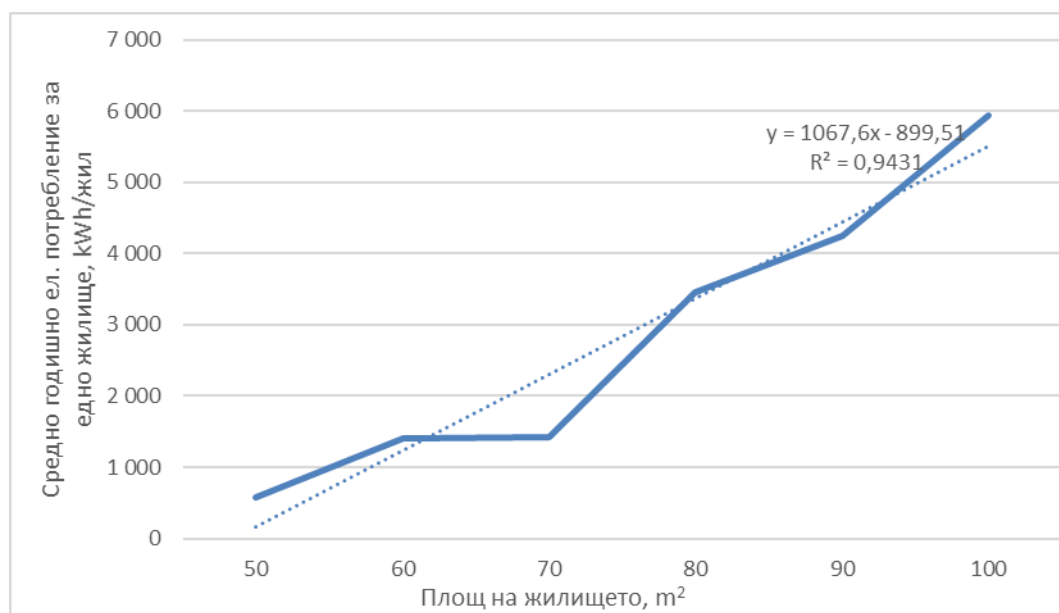
В (Stefanov, St., V. Ruseva, & L. Mihailov, L. 2003), (Ruseva, V., M. Hristova, St. Stefanov, & A. Krasteva, 2018) е доказано, че основните фактори, които влияят върху консумацията на електрическа енергия, са броят живущи, площта на жилището и начинът на отопление. Затова

е изследвана корелацията между годишната консумация на електрическа енергия и тези фактори.

В табл.1. са представени данни за годишната консумирана електрическа енергия от наблюдаваните жилища, разпределена на групи, според площта на жилищата. Пресметнати са средногодишните електропотребления за едно жилище  $W_{огж}$  и за единица жилищна площ  $W_{огс}$ . На фиг.5. е показана зависимостта на годишната консумация на електрическа енергия от площта на жилището. От получените резултати може да се констатира, че между тези две величини има линейна корелационна зависимост. Изчислен е коефициентът на детерминация  $R$ , чиято стойност е 0,94. Този коефициент определя доколко изведеният регресионен модел предсказва по-добре от средната стойност. Той се изменя в диапазона от  $0 < R < 1$ . В случая зависимостта между двете величини е силно функционална, структурата на модела е правилно избрана и коефициентът на детерминация е близка до 1.

Таблица 1. Зависимост на годишната консумация на електрическа енергия от площта на жилището

Специфичен показател		Мярка							Общо
Площ на жилището	$S_{ж}$	$m^2$	50	60	70	80	90	100	2160
Брой наблюдавани жилища	$n$	брой	3	5	4	6	5	5	28
Средно годишно ел.потребление за едно жилище	$W_{огж}$	kWh/жил	576	1398	1420	3450	4243	5937	3487
Средно годишно ел.потребл. за единица жилищна площ	$W_{огс}$	kWh/ $m^2$	12	23	20	43	47	59	45,2
Максимално годишно ел. потребление за едно жилище	$W_{гmax}$	kWh/жил	1038	3638	3135	9743	8422	10114	10114
Минимално годишно ел. потребление за едно жилище	$W_{гmin}$	kWh/жил	230	241	243	513	307	814	230



Фиг. 5. Зависимост на средногодишната консумация на електрическа енергия от площта на жилището

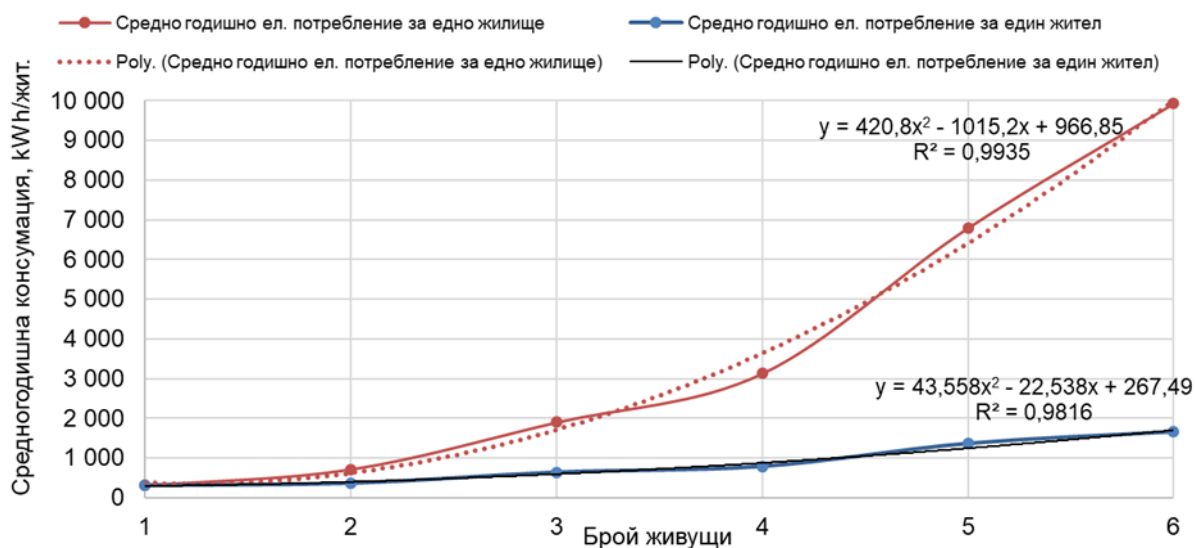
В табл.2. са представени данни за годишната консумирана електрическа енергия от обитаемите жилища, разпределена на групи, според броя на живущите в тези жилища. Пресметнати са средногодишните електропотребления за едно жилище  $W_{огж}$  и за един жител  $W_{огч}$ . На фиг.6. тези зависимости са показани в графичен вид. От получените резултати може да се констатира, че има положителна корелация между средногодишната консумация на

електрическа енергия за едно жилище и броя живущи. Апроксимиращата крива и в двата случая представлява полином от втора степен, който с голяма точност съответства на използваните данни за изследвания обект.

В табл. 3 са пресметнати специфичните показатели на електропотреблението за ТП1. Показани са цялата подадена и инкасирана енергия от трафопоста за 2015 и 2019 г., както и броя на всички постоянно или периодично обитавани жилища. От получените резултати могат да се направят следните заключения:

Таблица 2. Зависимост на годишната консумация на електрическа енергия от броя живущи в едно жилище

Специфичен показател		Мярка							Общо
Брой живущи	N	бр./жил.	1	2	3	4	5	6	90
Брой наблюдавани жилища	n	брой	5	5	6	5	5	2	28
Средно годишно ел. потребление за едно жилище	W <sub>огж</sub>	kWh/жил	309	716	1900	3128	6795	9929	3487
Средно годишно ел. потребление за един жител (човек)	W <sub>огч</sub>	kWh/жит	309	358	633	782	1359	1655	1085
Максимално годишно ел. потребление за един жител	W <sub>гmax</sub>	kWh/жил	461	1124	3638	4017	8422	10114	10114
Минимално годишно ел. потребление за един жител	W <sub>гmin</sub>	kWh/жил	230	307	814	1932	5041	9743	230



Фиг. 6. Зависимост на средногодишната консумация на електрическа енергия от броя живущи в едно жилище

Таблица 3. Специфични показатели на електропотреблението за ТП1 през 2015 г. и 2019 г.

Показател	Означение	2015 г.	2019 г.
Подадена енергия	W <sub>п</sub> , kWh	145 160	105 825
Инкасирана енергия	W <sub>и</sub> , kWh	87 207	97 647
Общи загуби на енергия	%	39,92	7,73
Обитаеми жилища	n <sub>о</sub> , бр	32	28
Общ брой жители (човека)	N <sub>т</sub> , бр.	106	90
Среден брой живущи в едно обитаемо жилище	N <sub>ж</sub> , бр.	3,31	3,21
Годишно ел. потребление за едно жилище (чрез подадена енергия)	W <sub>гжп</sub> , kWh/жил	5184,3	3779,5

Показател	Означение	2015 г.	2019 г.
Годишно ел. потребление за едно жилище (чрез инкасирана енергия)	W <sub>гжи</sub> , kWh/жил	3114,5	3487,4
Годишно ел. потребление за един човек (чрез подадена енергия)	W <sub>гчп</sub> , kWh/жит	1612,9	1175,8
Годишно ел. потребление за един човек (чрез инкасирана енергия)	W <sub>гчи</sub> , kWh/жит	969	1085
Максимален товар	P <sub>м</sub> , kW	52,15	30,36

- ✚ инкасираната енергия от абонатите към ТП1 Есеница се е повишила с 12%, докато подадената енергия от трафопоста е намаляла с 27%. Това се дължи на голямото намаление на общите загуби на енергия в разпределителната мрежа НН – от 39,92 % на 7,73 %, вследствие на подмяна и изнасяне на електромерите от жилищата;
- ✚ общият брой на обитаемите жилища е намалял с 12,5% и броят на жителите също е намалял с 15%;
- ✚ средното годишно електропотребление за едно жилище, пресметнато чрез инкасираната енергия се е увеличило – от 3114,5 kWh/жил. на 3487,4 kWh/жил., т.е. с 10,7%;
- ✚ в резултат на намалението на населението и пресечените възможности за кражби на електрическа енергия, максималният товар на трафопоста е намалял – от 52,15 kW на 30,36 kW или с 42%.

## ИЗВОДИ

Получени са годишен и осреднени денонощни товарови графици за типичен зимен и летен месец за изследваните жилища, намиращи се в малко населено място в Североизточна България. Коефициентът на равномерност на годишния товаров граф е 0,5. Установени са периодите с максимално и минимално натоварване: за зимен сезон за среден работен ден максималният товар е 19,67 kWh, а минималният е 13,33 kW; за летен сезон за среден работен ден максималният товар е 11,31 kW, а минималният е 5,40 kW.

Изведени са корелационни зависимости между на средногодишната консумация на електрическа енергия от площта на жилището и от броя живущи в едно жилище. Определен е коефициентът на детерминация, който показва че между изследваните величини съществува функционална зависимост и структурата на модела е правилно избрана.

Направен е анализ на изменението на специфичните показатели, характеризиращи електропотреблението за пет годишен период. Установено е, че подадената енергия от трафопоста е намаляла с 27%, инкасираната енергия се увеличила с 12%. Загубите в мрежата ниско напрежение са намалели с от 39,92 % на 7,73 %. Средногодишното електропотребление за едно жилище се увеличило с 10,7%. Максималният товар е намалял с 42%.

## REFERENCES

- Ordinance No 3 on the electrical systems and power lines, Sofia, Balkanpress, 2004, p. 1. 542.
- Stefanov, St., Ruseva, V., & Mihailov, L. (2003). Statistical indicators characterising the household electricity consumption, *Energetika*, 4, Bulgaria.
- Ruseva V., & O. Petrov. (2011). Comparative analysis of load charts of single-family homes in north-west Bulgaria. IN: International Scientific Conference “Technologies and Innovation solutions 2011”, Edirne, Turkey.
- Ruseva, V., M. Hristova, St. Stefanov, & A. Krasteva. (2018). Comparative analysis of specific indicators characterizing electricity consumption in non-urbanized residential areas. *Energetika*, 1, p. 23-29, ISSN ISSN 0324-1521, Bulgaria.
- Ruseva, V. (2019). Research of the specific indicators characterizing household electric consumption, *Proceedings of University of Ruse*, volume 58, p. 76 ... 81.