ხელოვნური განათების თანამედროვე სისტემების ეფექტიანობის შეფასება და დანერგვის პერსპექტივები საქართველოში

დავით ჯაფარიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა
და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის პროფესორი

ვახტანგ კახაძე
სტუ-ს დოოქტორანტი

რეზიუმე

სტატიის ავტორების მიერ სიღრმისეულად არის შესწავლილი ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენების პრაქტიკა და განსაზღვრულია მისი ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტიანობა. გაანალიზებულია საქართველოში მოქმედი ხელოვნური განათების სისტემების ტექნიკურ-ეკონომიკური მდგომარეობა. გამოკვეთილია ამ მხრივ არსებული პრობლემები და დასაბუთებულია მათი ხელოვნური განათების თანამედროვე ეკონომიკური ტექნოლოგიებით ჩანაცვლების მნიშველოვანი უპირატესობა.

მსოფლიოში აპრობირებული ხელოვნური განათებაში თანამედროვე ტექნოლოგიური სისტემების ფუნქციონირების დადებითი გამოცდილების და ქვეყანაში ამ მხრივ შექმნილი მდგომარეობის მეცნიერული კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე, დასაბუთებულია საქართველოს სახალხო მეურნეობის დარგებში, საყოფაცხოვრებო მომსახურეობაში და გარე განათების სისტემაში ხელოვნური განათების თანამედროვე ტექნოლოგიების დანერგვის მიზანშეწონილობა და ნაჩვენებია მათი გამოყენების სფეროები.

ჩატარებული კვლევებით დადგენილია, რომ საქართველოში ხელოვნური განათების სისტემაში თანამედროვე ტექნოლოგიების საყოვეთაო დანერგვით შესაძლებელია ხელოვნური განათების სისტემების საიმედოობის მნიშვნელოვანი ამაღლება და ყოველწლიურად ერთ მილიარდ კვტ/სთ-ზე მეტი ელექტრენერგიის დაზოგვა.

საკვანძო სიტყვები: ენერგოეფექტურობა, თანამედროვე ხელოვნური განათების სისტემები, შუქდიოდური სანათები, სანათები, ინდუქციური სანათები, ლაზერული სანათები, ხელოვნური განათების პარამეტრები, ინოვაციები ხელოვნურ განათებაში, ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტიანობა, დანერგვის პერსპექტვები.

SUMMARY

By the authors of the article have been deeply studied the practice of using modern technologies in the artificial light and defined its technical-economic efficiency.

Was analyzed the technical-economic condition of artificial lighting systems operating in Georgia. Problems in this regard are exemplified and the substantive advantage of replacing acting artificial light with modern economic technologies is substantiated.

Based on the positive experiences of the functioning of modern technologies of artificial lighting in the world and the results of the scientific study of the situation in country, is justified the expediency of introduction of modern technology of artificial lighting in the field of Georgian industry, household services and the outdoor lighting systems, and were shown the spheres of their use.

According to the studies, the introduction of modern technologies in the artificial lighting system in Georgia gives the possibility to increase the reliability of artificial lighting systems and save over one billion kwt/hr electricity per year.

Keywords: Energy efficiency, Modern artificial lighting systems, LED lighting, OLED lighting, Inductive lights, Laser lights, Artificial lighting parameters, Innovations in artificial lighting, Technical and economic efficiency, Introduction perspectives.

* * * *

ბოლო პერიოდში მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანა პირველი რიგის ამოცანად მიიჩნევს ენერგოდაზოგვის მენეჯმენტის მწყობრი სისტემის ჩამოყალიბებას. განვითარებული და პოსტსაბჭოთა ქვეყნებში [2] საკანონმდებლო დონეზეა გადაწყვეტილი ენერგოდაზოგვის პოლიტიკა, ამ მიმართულებით მუშაობას მიცემული აქვს კომპლექსური ხასიათი, ენერგოდაზოგვის ღონისძიებები მოიცავს სახალხო მეურნეობის ყველა სფეროს, წინა პლანზეა წამოწეული ელექტროგანათების სისტემაში თანამედროვე ტექნოლოგიური მოწყობილობების გამოყენება. ენერგოდაზოგვის პრობლემის გადაწვეტისადმი ასეთი მიდგომით მიღწეულია ენერგორესურსების დაზოგვის ხელშესახები შედეგები.

საქართველოში ამ მიმართულებით მუშაობა არ არის აყვანილი სახელმწიფო პოლიტიკის რანგში. პრაქტიკულად არაფერია გაკეთებული ევროპული სტანდარტის EN 1601 დასანერგად. დღემდე არ არის მიღებული ისეთი ნორმატიული აქტები რომლებიც აიძულებენ ადგილობრივი ხელისუფლების წარმომადგენლებს და წარმოება დაწესებულებებს ფართოდ

დანერგონ ენერგოდაზოგვითი ღონისძიებები და ამ მუშაობას მისცენ გეგმიური ხასიათი. მითუმეტეს, რომ ამჟამად მსოფლიოში [2, 3, 4, 13, 16] შეინიშნება სწრაფვა ენერგორესურსების ხარჯვის სრული მონიტორინგის დაწესებაზე. ენერგოეფექტურობის პრობლემაზე ჩატარებული კვლევებით [2, 3, 6, 10] ირკვევა, რომ ენერგომოხმარების სტრუქტურაში ელექტროენერგიის ხარჯმა ხელოვნური განათების სისტემაზე 20%-ს გადააჭარბა, რაც მიუთითებს მისი ეკონომიის უდიდეს პოტენციალზე.

აღნიშნულიდან გამომდინარე ქვეყანაში ხელოვნური განათების სისტემებში თანამედროვე ეკონომიკური ტექნოლოგიების დანერგვა განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს.

ისევე, როგორც მსოფლიოს ყველა ქვეყანაში საქართველოშიც ხელოვნური განათების სისტემები დანერგილია ადამიანების საქმიანობის და ყოფაცხოვრების ყველა სფეროში.

ხელოვნურ განათებაზე ელექტროენერგიის დიდი ხარჯი განპირობებულია იმით, რომ ამჟამად ამ სფეროში გამოყენებულია მოძველებული და არაეკონომიური ტექნოლოგიები. შექმნილი მდგომარეობა დღის წესრიგში აყენებს ხელოვნური განათების სისტემების სრული მოდერნიზაციის და ახალი თანამედროვე ეკონომიური ტექნოლოგიებით ჩანაცვლების აუცილებლობას, რაც დაკავშირებულია დიდ ფინანსურ დანახარჯებთან, ამიტომ საჭირო ხდება ამ ამოცანის გადაჭრის ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტიანობის ღრმა მეცნიერული კვლევის შედეგების მიხედვით შეფასება და მის საფუძველზე ქმედითი ღონისძიებების დასახვა.

დასმული პრობლემის მეცნიერული კვლევის საფუძველზე გადაწყვეტის მიზნით სიღრმისეულად იქნა შესწავლილი მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნებში ხელოვნური განათების სისტემებში თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენების პრაქტიკა [2, 4, 5, 6, 10, 13, 15, 16, 17, 18].

კვლევის შედეგების მიხედვით დადგენილია, რომ ხელოვნურ განათებაზე ელექტროენერგიის დაზოგვის ერთ-ერთ ეფექტურ საშუალებად მიჩნეულია შუქდიოდური განათების სისტემის დანერგვა.

საგულისხმოა, რომ შუქდიოდურ განათებას ბევრი აღიქვამს როგორც მხოლოდ გამოგონებას, რომელიც გვაძლევს საშუალებას მოვიხმაროთ ნაკლები ელექტროენერგია განათებაზე, იმავდროულად შუქდიოდური სანათების კონსტრუქცია იძლევა საშუალებას არსებულ ძველი ტიპის განათებასთან შედარებით მათი პრინციპულად სხვაგვარად ინტეგრირებას ავტომატიზაციის და დისტანციური მართვის სისტემებში. თანამედროვე შუქდიოდური განათების მოწყობილობებს აქვს ყველა ატრიბუტი კომპიუტერული ინტერფეისით მართვისთვის. გარდა ამისა აქტიურად ვითარდება ბიპოლარული, სწრაფი ინტერნეტის გამავრცელებელი ტექნოლოგია Li-Fi [22]. ეს ტექნოლოგია ფართოდ გავრცელებულ Wi-Fi-ზე თითქმის 100-ჯერ სწრაფია.

მიუხედავად აღნიშნულისა LED შუქდიოდები არ არის ბოლო სიტყვა თანამედროვე ენერგოეფექტულ განათებაში [20, 21, 24]. 21-ე საუკუნის სრულიად ახალ, პერსპექტიულ და სამომავლო ტექნოლოგიად ასევე ითვლება OLED (organic light-emitting diode) შუქის გამომსხივებელი დიოდი. მატრიცები, რომელიც განათების სისტემისთვის, ადრე მიუღწეველ დონეზე გასვლის საშუალებას იძლევა.

ძირითადად OLED ტექნოლოგია გამოიყენებოდა დისპლეების წარმოებაში, თუმცა ბოლო დროს სხვადასხვა მწარმოებლებმა დაიწყეს ზემოთხსენებული ტექნოლოგიის განვითარება და ელექტოგანათების სისტემებში დანერგვა. OLED პანელების წარმოებაში მნიშვნელოვანი წარმატების მიღწევა შეძლო კორეულმა კომპანიამ LG Chem. [27] ახალი თაობის განათების OLED პანელებმა 2017 წლის ბოლოსათვის 140 ლუმენი/ვატზე მიაღწია.

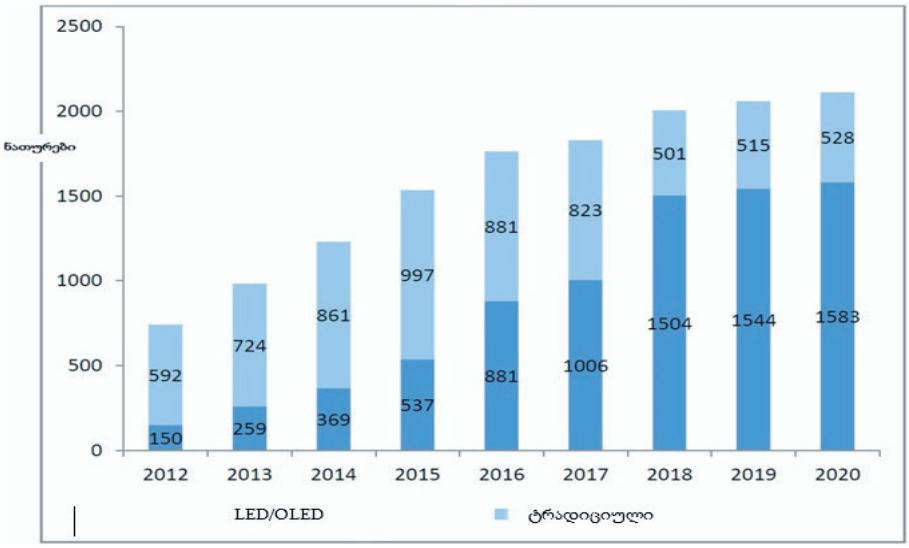
შუქდიოდებისგან განსხვავებით OLED განათების მნიშვნელოვან უპირატესობად ითვლება წერტილოვანი განათების არარსებობა. ასევე ის ერთგვაროვან რბილ შუქს გამოსცემს და მისი სიმკვეთრის რეგულირება, საფეხურების გარეშეა შესაძლებელი. მსგავსი განათების სისტემები არ ტოვებს ჩრდილს და არ საჭიროებს რეფლექტორებს, შუქის მიმმართველებს და სხვა ოპტიკურ კომპონენტებს.

ასეთი სანათები არის ეფექტური, მსუბუქი და საერთოდ არ საჭიროებს გაგრილებას. თანამედროვე ტექნოლოგიები საშუალებას იძლევა შეიქმნას ესთეტიკურად გამართული ფორმების ულტრა თხელი მსუბუქი OLED პანელები, მათ შორის - მოქნილი და გამჭვირვალე. მსოფლიოში ცნობილი მეცნიერების აზრით [20] ახალი OLED ტექნოლოგია, საინჟინრო თვასაზრისითაც დახვეწილია, და უსაფრთხოების კუთხითაც წინ გადადგმული ნაბიჯია.

ამასთან ერთად, მსოფლიოს ანალიტიკური საა-გენტოები [8] ერთი ხმად პროგნოზირებენ LED/OLED ტექნოლოგიების და მათ წარმოებაზე დიდი მოცულობის ინვესტირებას უახლოეს მომავალში.ტრადიციული ნათურები წილთან შედარებით აღნიშნული ნათურების საბაზრო წილის ზრდის დინამიკა მოცემულია სურათი 1-ზე 2012-2020 წლებში.

ბოლო პერიოდში დიდი განვითარება ჰპოვა [11] კიდევ ერთმა პერსპექტიულმა ტექნოლოგიამ - Osram Laser Light (ლაზერული განათება შემოთავაზებული იქნა მისი გამოგონებისთანავე, მაგრამ პრაქტიკული რეალიზაცია მიიღო თანამედროვე დროში). Osram იყო პირველი კომპნია, რომელმაც ლაზერის მოდულებით აღჭურვილი ელექტროგანათების ტექნოლოგიები წამროადგინა — უფრო პატარა, ნათელი და მეტად ენერგოეფექტური, ვიდრე LED სანათები. Osram Laser Light ავტომობილების განათების სისტემის მთავარი მიმართულება იყო, თუმცა მწარმოებლებმა მოულოდნელი და საკმაოდ ძვირად ღირებული ნაბიჯი გადადგეს, როდესაც დაიწყეს შენობებისა და გზების LED განათების ბაზარზე შესვლა და ლაზერის ტექნოლოგიის დანერგვა.

სურათი 1. საერთო ბაზარზე 2012-2020 წლებში LED/OLED ნათურების წილის ცვალებადობის დინამიკა.



განსაკუთრებით ეფექტურია ლაზერული ტექნოლოგიების გამოყენება გარე განათების სისტემებში. ლაზერული გარე განათების პროტოტიპები რომლებშიც ლაზერული განათების სისტემა მოთავსებულია ქუჩის განათების სვეტის ძირში და სვეტის ზემოთ მოთავსებულ ლუმინოფორული სინათლის წყარომდე გადაეცემა სპეციალური შუქგამტარი ოპტიკური კაბელით, რაც გაცილებით ამარტივებს მათი ექსპლუატაციის მომსახურებას. Osram Laser Light ლაზერულ მოდულს ამჟამად არსებულ მოწინავე ქსენონის ან LED სანათებთან შედარებით შეუძლია 2-ჯერ მეტ მანძილზე გაანათოს გზა ნაკლები ენერგომოხმარებით [19].

ასევე ხელოვნურ განათებაში ბოლო პერიოდში გამოიყენება ინდუქციური ლუმინესცენტური ანუ უელექტროდო ნათურები. ისინი ზემაღალი სიხშირის (225 кГц) ძაბვიდან მუშაობენ, პლაზმის ნათება ხორციელდება მხოლოდ ელექტრომაგნიტური ველით, შესაბამისად ელექტროდების არარსებობის გამო 100 000 საათზე მეტი მუშაობის რესურსი აქვთ და ეკონომიურობით არ ჩამოუვარდებიან თანამედროვე შუქდიოდურ განათების სისტემებს, თუმცა მათაც ამჟამად გამოყენებული სანათებთან შედარებით მაღალი საწყისი ღირებულება გააჩნიათ. მიუხედავად ზემოთაღნიშნულისა ამ ტიპის განათების სისტემები არის რეალური ალტერნატივა ვერცხლისწყლის, ნატრიუმის, მეტალოჰალოგენის და თუნდაც შუქდიოდური განათების სისტემების. ყველა ზემოთაღნიღნიშნული სანათებისგან განსხვავებით ინდუქციური სანათები მუშაობის დროს არ გამოყოფენ დიდ ტემპერატურას. ინდუქციური განათების სისტემები საშუალებას იძლევა უზრუნველყოს ტერიტორიებისა და შენობების კომფორტული განათება მზის შუქთან მიახლოვებული სპექტრის და შუქის ნაკადის პულსაციის გარეშე. ამავე დროს, ის გამორჩევა მაღალი ენერგოეფექტურობით [29, 30, 31].

ინდუქციური განათების სისტემები გამოიყენება [29, 30, 31] - საავტომობილო გზების, საწყობების და სამრეწველო ნაგებობების, გვირაბების, სტადიონების, აეროპორტების, ბენზინგასამართ სადგურების, სარკინიგზო სადგურების, შენობების, ავტოსადგომების, სუპერმარკეტების, პავილიონების, საგამოფენო დარბაზების, საგანმანათლებლო დაწესებულებების და საზოგადოებრივი დანიშნულების დაწესებულებების ხელოვნურ განათებაში.

განსაკუთრებით ხაზი უნდა გაესვას იმ ფაქტს, რომ ბოლო პერიოდში ხელოვნური განათების სისტემაში გამოყენება დაიწყო - ჰიბრიდული LED-Solar (helio HSL) სანათების ავტომატური მართვის სისტემით [32, 33].

LED-Solar სისტემაში ინტეგრირებულია მზის ბუნებრივი და შუქდიოდური ხელოვნური განათება, დღის განმავლობაში მზის სინათლე სახურავიდან გადაეცემა სპეციალური შუქგამტარი ოპტიკური მილით, ხოლო ღამის საათებში განათების ფუნქციას ასრულებს შუდიოდები რომლებიც მარტივად შესაძლებელია ჩანაცვლებულ იქნეს OLED ან იდუქციური ნათურებით.

LED-Solar სისტემა ავსებს შენობებს კომფორტულ, უნაკლო სუფთა შუქის ნაკადით და ამავე დროს უზრუნველყოფს ელექტროენერგიის მაქსიმალურად ნაკლებ მოხმარებას, მისი ენერგოდაზოგვის პოტენციალი შეადგენს 70%-ს. მომავალში, განათებისთვის ამგვარი განათების სისტემების დანერგვა ყველაზე სასურველია სხვადასხვა საზოგადოებრივი დანიშნულების ობიექტებში, საგანმანათლებლო დაწესებულებებში, საწყობებში, ქარხნებში, სავაჭრო ობიექტებში, ოფისებში და საცხოვრებელ სახლებში.

ზემოთ წარმოდგენილი ხელოვნური ელექტროგანათების ახალი ტექნოლოგიების ეფექტიანობის შეფასების მიზნით ჩატარდა თანამედროვე ელექტროგანათების ტექნოლოგიების და საქართველოში გამოყენებული ხელოვნური განათების სისტემების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარებითი ანალიზი. ანალიზის შედეგი მოცემულია ცხრილ 1-ში.

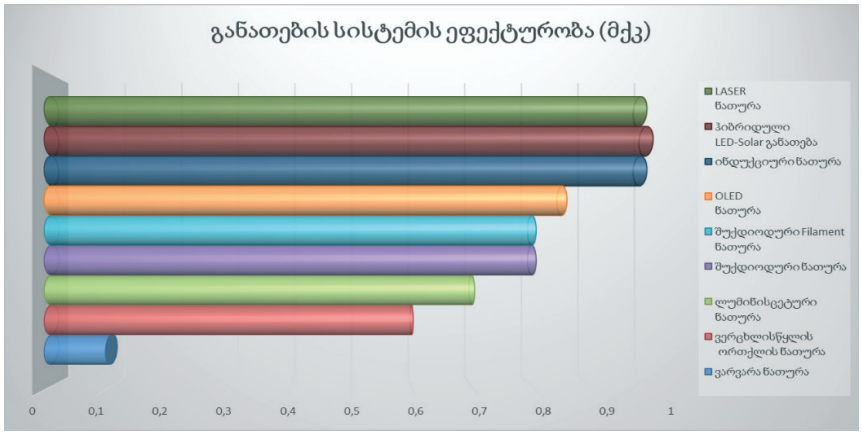
ცხრილი 1. ამჟამად ექსპუატაციაში მყოფი და თანამედროვე ხელოვნური განათების სისტემების ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლების შედარებითი მაჩვენებლები.

შედარების პარამეტრი	**ვარვარა ნათურა ***	**ვერცხლის წყლის ორთქლის ნათურა ***	**ლუმინისცენტური ნათურა ***	**შუქდიოდური ნათურა**	**შუქდიოდური Filament ნათურა**	**OLED ნათურა**	**ინდუქციური ნათურა**	**ჰიბრიდული LED-Solar განათება**	**LASER ნათურა**
საწყისი ღირებულება	დაბალი	საშუალო	საშუალო	მაღალი	მაღალი	საკმაოდ მაღალი	მაღალი	მაღალი	საკმაოდ მაღალი
ეფექტურობა (მქკ)	დაბალი 0.1	საშუალო 0.85	საშუალო 0.85	მაღალი 0.95	მაღალი 0.95	მაღალი	მაღალი 0.98	მაღალი 0.99	მაღალი
ეფექტურობა (ლუმენ/ვატი)	4-6	20-24	26-29	95-123	95-123	80-110	80-110	150	160-170
დანახარჯები ექსპლუატაციის პერიოდში	მაღალი	მისაღები	მისაღები	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი
რესურსი (სთ)	1000-მდე	8000-მდე	4000-8000 მდე	50 000-ზე მეტი	50 000-ზე მეტი	50 000-ზე მეტი	120,000	50 000-ზე მეტი	100 000 -ზე მეტი
შუქის ნაკადის პულსაცია	მინი მალური	საშუალო	საშუალო	არა	არა	არა	არა	არა	არა
დიმერის მხარდაჭერა	კი	არა	არა	ნაწი ლობრივ	ნაწი ლობრივ	კი	კი	ნაწი ლობრივ	კი
UV (ულტრაიისფერი) გამოსხივება	კი	კი	კი	კი	კი	არა	არა*	არა	არა*
ვერცხლისწყლის შემცველობა	არა	მაღალი > 400 mg	დაბალი	არა	არა	არა	ძალიან დაბალი < 6 mg	არა	არა
ფერის გადმოცემის ინდექსი Ra	80 Ra	28 Ra	60 Ra	70 Ra	70 Ra	80 Ra	> 80 Ra	70 Ra	80 Ra
მუშა პარამეტრებზე გასვლის დრო	1 წამი	2-5 წუთამდე	1-2 წუთამდე	1 წამზე ნაკლები	1 წამზე ნაკლები	0.5 წამზე ნაკლები	1-2 წამი	1 წამზე ნაკლები	0.1 წამზე ნაკლები
დამოკიდებულება ძაბვის ცვლილებაზე	არა-მდგრადი	არა-მდგრადი	არა-მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი
ტემპერატურის ცვლილებისადმი მდგრადობა	არა-მდგრადი	არა-მდგრადი	არა-მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი
ექსპლუატაციის ტემპერატურა	-50...+70	-40...+40	+10...+40	-50...+60	-50...+60	-40...+70	-40...+60	-40...+70	-40...+70
ექსპლუატაციის დროს გამოყოფილი ტემპერატურა	ძალიან მაღალი	ძალიან მაღალი	საშუალო	საშუალო	საშუალო	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი	ძალიან დაბალი
ქსელის გადატვირთვა	ჩართვისას	ჩართვისას	ჩართვისას	არა	არა	არა	არა	არა	არა
ვიბრაციისადმი მდგრადობა	არა-მდგრადი	არა-მდგრადი	არა-მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი	მდგრადი
მუშაობის სტაბილურობა დაბალი ტემპერატურის დროს	საშუალო	დაბალი	დაბალი	მაღალი	მაღალი	მაღალი	მაღალი	მაღალი	მაღალი
ჩართვა-გამორთვის სიხშირეზე დამოკიდებულება	კი	კი	კი	არა	არა	არა	არა	არა	არა
სამუშაო ძაბვა (ვ)	220	220	220	120-280	120-280	120-280	90-280	120-280	120-280
შუქის ნაკადის რეგულირება	არა	არა	არა	კი	კი	კი	კი	კი	კი
შუქის ნაკადის კლება ექსპლუატაციის ვადის ბოლოს	40-60%	40-60%	40-50%	20-30%	20-30%	10-15%	10%	10-15% LED	0.05
სანათის ზომა	სტანდარტული	დიდი	დიდი	სტანდარტული	სტანდარტული	ძალიან თხელი 0.5-2 მმ	დიდი	დიდი	დეფლექტორი 30-მმ*
საჭირო მომსახურება 5 წლიანი ექსპლუატაციის პერიოდში	ნათურების შეცვლა	ნათურების და გამშვები მოწყობილობის შეცვლა	ნათურების და გამშვები მოწყობილობის შეცვლა	ტექნოლოგიური წმენდა	ტექნოლოგიური წმენდა	ტექნოლოგიური წმენდა	ტექნოლოგიური წმენდა	ტექნოლოგიური წმენდა	ტექნოლოგიური წმენდა

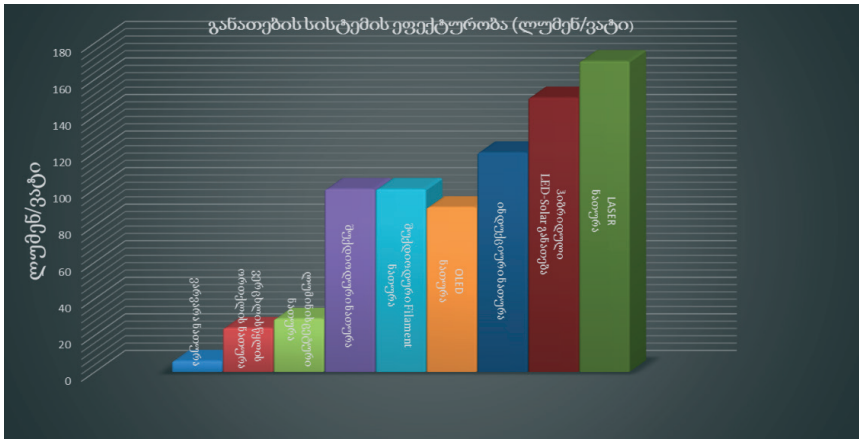
***ამჟამად საქართველოში ექსლუატაციაში მყოფი ხელოვნურ განათებაში გამოყენებული ნათურები.**

ხელოვნური განათების თანამედროვე ტექნოლოგიური სისტემების მაღალეფექტურობის თვალსაჩინოდ წარმოჩენის მიზნით ცხრილი 1-ში არსებული მონაცემების საფუძველზე გრაფიკების სახით (სურათი 2, 3, 4, 5) წარმოდგენილია ახალი ტექნოლოგიების არსებულთან შედარებითი ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი.

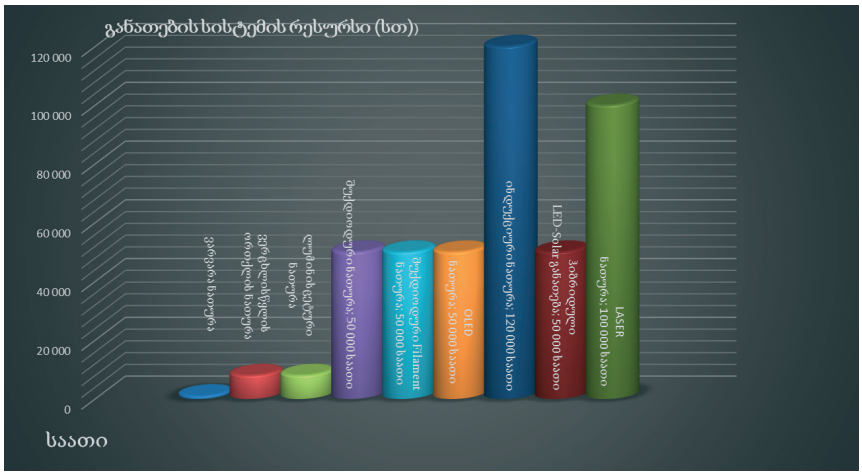
სურათი 2. განათების სისტემების ეფექტიანობის შეფასებითი მაჩვენებლები მარგი ქმედების კოეფიციენტის მიხედვით.



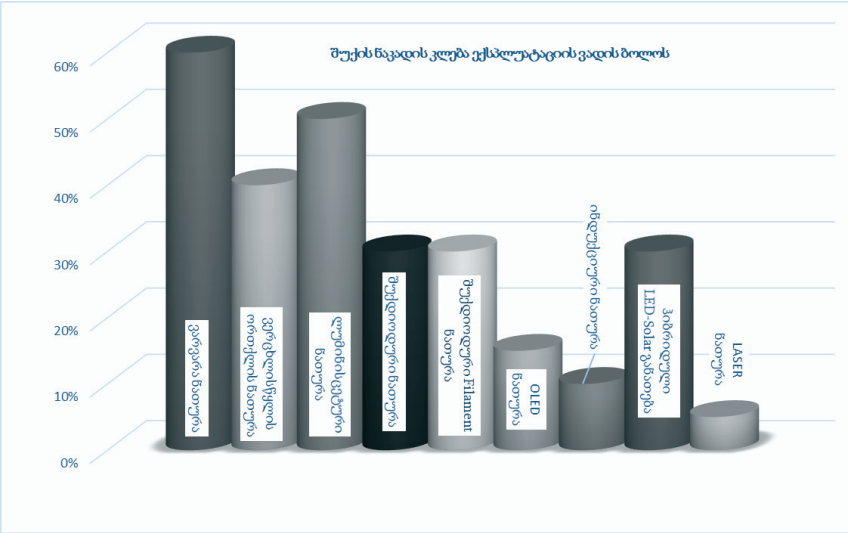
სურათი 3. განათების სისტემების ეფექტიანობის შეფასებითი მაჩვენებლები ლუმენ/ვატის მიხედვით.



სურათი 4. განათების სისტემების ეფექტიანობის შეფასებითი მაჩვენებლები მუშაობის რესურსის მიხედვით.



სურათი 5. განათების სისტემების ეფექტიანობის შეფასებითი მაჩვენებლები მუშაობის რესურსის მიხედვით



ცხრილი 1-ში და სურათ 2,3,4,5 ასახული მაჩვენებლებიდან ჩანს, რომ ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ტექნოლოგიების დანერგვის ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტიანობა მნიშვნელოვნად მაღალია ამჟამად ექპლუატაციაში მყოფი ძირითადი ხელოვნური განათების სისტემებთან შედარებით.

მსოფლიოში აპრობირებული ხელოვნური განათების განათების თანამედროვე სისტემების [1,11,12,13,14 ,16,20,21,23,27,30,32,33] დადებითი გამოცდილებისა და ქვეყანაში ამ მხრივ შექმნილი მდგომარეობის კომპ-ლექსური მეცნიერული კვლევის შედეგების მიხედვით დასაბუთებულია საქართველოს სახალხო მეურნეობის დარგებში, საყოფაცხოვრებო მომსახურებაში და გარე განათების სისტემაში თანამედროვე ხელოვნური გა-ნათების ახალი ტექნოლოგიების საყოველთაო დანერგის ეფექტიანობა. ცხრილი 2-ში ნაჩვენებია მათი გამოყ-ენების სფეროები და არსებულთან შედარების უპირატესობები.

ცხრილი 2. საქართველოში განათების თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენების სფეროები და ეფექტიანობის მაჩვენებლები.

N	**გამოყენების სფერო**	**თანამედროვე ტექნოლოგიური განათების სესტემაში გამოყენებული სანათები (ნათურები)**	**თანამედროვე ტექნოლოგიური განათების სისტემების უპირატესობა არსებულთან შედარებით**
1	რკინიგზა	TRAIN LED 76-228 4000K SWORD.OPL LED 30-60 4000K HAMMER LED 30-60 SPIRIT.OPL LED 600-1500 AREA LED 55-140 AREA SOLAR-WIND LED 35 W 5000K AREA AP LED 110 RIGEL LED 55-140 ARGUS LED 240-960 BRIDGE LED TUNNEL LED 28 Osram Endura (LVD) Philips Master QL (LVD) JET ENDURA (LVD)	მაღალი ენერგოეფექტურობა, 50%-ზე მეტი ელექტროენერგიის ეკონომია და ენერგოსისტემაში პიკის საათებში სიმძლავრის დეფიციტის შემცირება; მუშაობის დიდი რესურსი არსებულ სანათებთან შედარებით 10-15ჯერ მეტი;
2	სამრეწველო სექტორი	LVD 0361-1 LVD 0361-2 LVD 0301 LVD 03-022 LVD-GC04001 НСП 55 Solatube® 160 DS Solatube® 290 DS Solatube® Smart LED Solatube SolaMaster® Solatube SkyVault	მიმართული შუქის ნაკადი, სტრობოსკოპური ეფექტის არარსებობა, ფერთა ტემპერატურების ფართო დიაპაზონი, მაღალი შუქგაცემა, ფერთა გადაცემა და კონტრასტულობა ობიექტების განათების მაღალ ხარისხს უზრუნველყოფით;
3	საავტომობილო გზები	ЛВД 0639М ЛВД 06-040 ЛВД LD2102 ИКУ 77-022 ИСУ 24-022 LVD 0612 LVD-ZD04000	მექანიკური ზემოქმედებისადმი მდგრადობა (ანტივანდალური დაცვა) და ვიბრომდგრადობა;

		Philips RoadFlair/Нокс Philips LumiStreet Philips StreetStar BGS212 - LED EconomyLine Laser Lightning	მუშა პარამეტრებზე მომენტალური გასვლა და ანთების ციკლების შეუზღუდავი რაოდენობა;
4	გარე განათება	ИКУ 77-022 ИСУ 24-022 LVD 0639 LVD 0612 ЛВД 0639М ЛВД 06-008 LVD-ZD10000 LVD-ZD04000 STREET LED 50, 100, 150W Laser Lightning	მდგრადობა ელექტროქსელებში ძაბვის ცვალებადობის მიმართ; დაბალ ძაბვაზე მუშაობის შესაძლებლობა;
5	საზოგადოებრივი დანიშნულების ობიექტები	LVD-ZX51000 LVD-ZX20000 LVD-ZX50000 LVD-ZQ1B LVD-ZQ1A Solatube® 160 DS Solatube® 290 DS Solatube® Smart LED Solatube SolaMaster® Solatube SkyVault Oled Lightning	მრავალფეროვანი არჩევანი შუქგაცემის ფერთა გამაში; სტაბილური შრომისუნარიანობა ნებისმიერ კლიმატურ პირობებში, მდგრადობა უკიდურესი, დაბალი და მაღალი ტემპერატურების მიმართ, მუშაობის ფართო ტემპერატურული დიაპაზონი -50-დან +60 გრადუსამდე;
6	საყოფაცხოვრებო სექტორი	LVD ITL-RT LVD ITL-ST LVD 03-708 LVD 03-714 LVD 0379 LVD 0362 (9,5”) LVD 0362 (12”) Osram Consumer LED lamps with classic bulbs Osram Consumer LED lamps with filament-style LED technology Osram LED tubes Philips Led Lights Opple Led Lights Oled Lightning	სინათლის გადაცემის მაღალი კოეფიციენტი; ეკოლოგიური უსაფრთხოება.

დასკვნა

1. მეცნიერული ანალიზის საფუძველზე, შეფასებულია ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ტექნოლოგიების დანერგვის ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტიანობა. ხელოვნური განათების თანამედროვე ტექნოლოგიების არსებულთან შედარებითი ანალიზით განსაზღვრულია ახალი ტექნოლოგიების დანერგვის დადებითი შედეგები;

2. გაანალიზებულია საქართველოს ხელოვნურ განათებაში ანჟამად გამოყენებული ტექნოლოგიების ტექნიკურ-ეკეონომიკური მაჩვენებლები. კვლევამ აჩვენა, რომ ქვეყნის ხელოვნური განათების სისტემაში ექსპლუატაციაში მყოფი მოწყობილობების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები მნიშვნელოვნად დაბალია თანამედროვე ტექნოლოგიების მაჩვენებლებთან შედარებით და ვერ პასუხობს თანამედროვე მოთხოვნებს;

3. პრობლემის გადაწყვეტისადმი კომპლექსური მიდგომით ჩატარებული კვლევებით დადგენილია საქართველოს სახალხო მეურნეობის დარგებში, საყოფაცხოვრებო მომსახურებაში და გარე განათებაში, ხელოვნური განათების მაღაეფექტიანი ტექნოლოგიების გამოყენების მიზანშეწონილობა და ნაჩვენებია ამ ტექნოლოგიების დიდი ეკონომიკური და ტექნიკური უპირატესობები;

4. საქართველოში ხელოვნური განათების სისტემის ეფექტიანობის ასამაღლებლად ქვეყანაში უნდა ჩატარდეს ამ სისტემის სრული მოდერნიზაცია, საკანონმდებლო დონეზე უნდა განესაზღვროს თითოეულ ორგანიზაცას ხელოვნური განათების მაღალეფექტიანი სისტემის დანერგვის ვალდებულებები. ჩატარებული კვლევის შედეგების ანალიზით დასტურდება, რომ ხელოვნური განათების სისტემის სრული მოდერნიზაციის შემთხვევაში შესაძლებელია ქვეყანამ ყოველწლიურად მიიღოს ერთ მილიარდ კვტ/სთ-ზე მეტი ელექტროენერგიის ეკონომია.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურიhttp://www.geostat.ge/.

2. დ. ჯაფარიძე, ნ. გიორგიშვილი, ი.ბიჭიაშვილი. „ენერგოდაზოგვის მართვის საერთაშორისო გამოცდილება და მისი დანერგვის პერპექტივები საქართველოში “. ჟურნალი ბიზნეს ინჟინერინგი. №3 2016წ.

3. www.school639.spb.ru - Мировой опыт энергосбережения.

4. www.energosvet.ru - Опыт стран Европы и Азии в энергосбережения

5. www.svitlotek.com - Освещение для офиса. Способ снизить энергопотребление

6. www.fluitech.com - Энергосбережение - путь повышения эффективности экономики.

7. http://www.nplg.gov.ge

8. https://www.statista.com
9. http://www.lgoledlight.com
10. http://nprpss.ru/ - Анализ мирового рынка | Список диаграмм
11. https://www.osram.com - Laser light for headlights
12. http://www.railway.ge/
13. http://novostienergetiki.ru - Мониторинг энергоэффективности
14. http://www.lighting.philips.com
15. http://www.lrc.rpi.edu - Energy Efficiency and Environmental Issues - Lighting Research Center
16. http://www.lumen2b.ru - Мировой рынок освещения. Аналитика и перспективы
17. https://www.alliedmarketresearch.com/LED-light-emitting-diode-market - World Light Emitting Diodes (LED) Market - Opportunities and Forecasts, 2013 – 2020 by Allied Market Research
18. https://www.mckinsey.com/ - Lighting the way: Perspectives on the global lighting market by McKinsey&Company
19. http://www.lightingmedia.ru/reviews/reviews_101.html - Лазерное освещение и новая технология изготовления светодиодных структур
20. https://www.idtechex.com/ - OLED Lighting Opportunities 2017-2027 Forecasts, Technologies, Players
21. http://www.lightingmedia.ru - OLED-освещение
22. http://www.lightingmedia.ru/reviews/reviews_107.html - Технология Li-Fi
23. www.electrik.info - Лампы FIPEL — новая технология энергосберегающего освещения
24. http://tes73.ru/osveshchenie/osveshchenie-budushchego - Освещение будущего
25. http://electrik.info/main/lighting/536-parametry-svetodiodnyh-istochnikov-sveta.html - Параметры светодиодных источников света, характеристики светодиодных ламп
26. https://ru.wikipedia.org - Индекс цветопередачи ламп
27. http://www.lgoledlight.com
28. http://www.energo.ge
29. https://ru.wikipedia.org - Индукционная лампа
30. http://electrik.info - Преимущества индукционной лампы
31. www.nf-lights.co - Induction lighting
32. http://ru.knowledgr.com - Гибридное солнечное освещение
33. http://www.solatube.su