



**ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე
ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის
დაგეგმვის ოპტიმალური ეკონომიკური
მოდელირება**

დავით ჯაფარიძე
სტუ პროფესორი
ვახტანგ კახაძე
სტუ დოქტორანტი

შესავალი

თანამედროვე მსოფლიოში ენერგეტიკული რესურსების ეკონომია ნებისმიერი ქვეყნისათვის აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს. იმის გათვალისწინებით, რომ ელექტროენერგიის მოხმარების 20% ზე მეტი მოდის ხელოვნურ განათებაზე, ამ სფეროში სინათლის ნყაროდ ენერგოეფექტური სისტემების გამოყენება უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა. დასმული პრობლემის თანამედროვე მოთხოვნების დონეზე გადაწყვეტა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საქართველოსთვის, რომელიც არის ელექტროენერგიის იმპორტიორი ქვეყანა, სადაც ენერგოეფექტურობის ღონისძიებების დანერგვა ეპიზოდურ ხასიათს ატარებს. ეს საკითხი არ არის დარეგულირებული საკანონმდებლო დონეზე და ამ მიმართულებით მუშაობას არ აქვს მიცემული გეგმაზომიერი ხასიათი. ეს მაშინ როდესაც მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანაში ენერგოეფექტურობის ამაღლება პირველი რიგის ამოცანად არის მიჩნეული.

სწორედ ამიტომ ენერგორესურსების გამოყენების ეფექტიანობის ამაღლების საკითხები მრავალი ცნობილი მეცნიერის ყურადღების ცენტრშია მოქცეული [1,2,3,4,5,6,7]. ამასთან ერთად ენერგოეფექტურობის მკვლევართა დიდი ნაწილი მრავალმხრივ მუშაობას ეწევა ხელოვნურ განათების სისტემაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერ-

გვის ეფექტიანობის შეფასების სრულყოფილი მეთოდის შე-
სამუშავებლად. ამ მიმართულებით შესწავლილია ხელოვნური
განათების სისტემაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუ-
ალებების დანერგვის ეფექტურობის შეფასების სხვადასხვა
მეთოდები [1,2,4,7]. ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ამ მეთოდების გა-
მოყენება არ იძლევა საშუალებას კომპლექსურად შევაფასოთ
ხელოვნურ განათებაში ენერგოდამზოგი საშუალებების და-
ნერგვის ეფექტიანობა და გადავწყვიტოთ ოპტიმალურად და-
გეგმვის პრობლემა. საქმე იმაშია, რომ მკვლევარების მიერ არ
არის გათვალისწინებული ეფექტიანობაზე მოქმედი ყველა
შესაძლო ფაქტორი, ხელოვნური განათების სისტემაში თანა-
მედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ოპტი-
მალური დაგეგმვის საკითხები მეცნიერულად არ არის შეს-
წავლილი და არ არის ჩამოყალიბებული შესაბამისი მეთოდი-
კა.

ძირითადი ნაწილი

ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი სა-
შუალების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის პრობლემის
შესწავლისადმი მიძღვნილ მეცნიერულ შრომებს შორის გან-
საკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს რიგი ავტორების მი-
ერ [8] ჩატარებული კვლევის შედეგები. აღნიშნულ კვლევაში
შემოთავაზებულია თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემე-
ბის დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების მრავალფაქტორი-
ანი მეთოდი. ამ მიმართულებით გამოქვეყნებული სამეცნი-
ერო შრომების [1,5,8] ანალიზის და არსებული პრაქტიკის შეს-
წავლის საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს ცალსახა დასკვნა
იმის შესახებ, რომ [1,5,8] შრომის ავტორების მიერ შემოთავა-
ზებული მეთოდიკით პრაქტიკულად შეუძლებელია ხელოვნუ-
რი განათების სისტემაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი სა-
შუალებების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვა. აღნიშნულ
ნაშრომში წმინდა დისკონტირებული შემოსავლის ანგარიში
შემოთავაზებულია გამარტივებული მეთოდით, მასში არ არის
გათვალისწინებული ეფექტურობაზე მოქმედი ფაქტორები,

სანათების რაოდენობის ანგარიში განხორციელებულია მართივით მეთოდით, მათი რაოდენობის და განლაგების ოპტიმიზაციის გარეშე, ანგარიშში არ არის ასახული ბუნებრივი განათების ფაქტორი. ანალოგიური პრობლემით ხასიათდება სინათლის ნაკადის მოთხოვნიდან გადახრის ანგარიშის მეთოდის, კრიტერიალურ მოთხოვნაში იგნორირებულია განათების ხარისხის შეფასების ისეთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი, როგორიცაა ევროსტანდარტის [10] შესაბამისი დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებელი. ანგარიშებში არ არის გამოყენებული სპეციალიზებული პროგრამული პროდუქტები.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე აუცილებელია ხელოვნური განათების სისტემაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის უზრუნველსაყოფად გადანყდეს შემდეგი ამოცანები:

1. უნდა შემუშავდეს ხელოვნური განათების სისტემაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ისეთი კრიტერიუმი, რომელშიც გათვალისწინებული იქნება ეფექტურობაზე მოქმედი ყველა შესაძლო ფაქტორი და ჩამოყალიბდეს ეფექტურობის ანგარიშის შესაბამისი მრავალფაქტორიანი მათემატიკური მოდელი;

2. არსებული სტანდარტების მიხედვით შეირჩეს განათებულობის ნორმატივი და მისი სიდიდით შეზღუდვის პირობებში [9] ხელოვნური განათების სისტემაში დასაწერგი სანათების ოპტიმალური რაოდენობა და გადაიჭრას მათი განლაგების ოპტიმიზაციის ამოცანა;

3. დადგინდეს სინათლის ნაკადის საანგარიშო სიდიდის გადახრის და დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებელის შესაბამისობა ევროსტანდარტის EN 12464-1 [10] მოთხოვნასთან.

ჩამოთვლილი ამოცანების მიხედვით, ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის ოპტიმალური გეგმის ფორმირებისათვის, ამ სტატიის ავორ-

ების მიერ [11] სხვადასხვა ტიპის ენერგოდამზოგი სისტემების საუკეთესო ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების მქონე ვარიანტის შესარჩევად გამოყენებულია ყველაზე უნივერსალური და ყველაზე მეტად გავრცელებული, წმინდა დისკონტირებული შემოსავლის მაქსიმუმის კრიტერიუმი. იგი ითვალისწინებს არა მხოლოდ ხარჯებს მთელი სასიცოცხლო ციკლისათვის, არამედ ეფექტს მიღებულს ენერგოდამზოგი სისტემის დანერგვის შედეგად. შესაბამისად ზემოთ ჩამოყალიბებული კრიტერიუმის მიხედვით ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემის დანერგვის ეკონომიკური ეფექტიანობის ანგარიშის მრავალფაქტორიანი ეკონომეტრიკული მოდელი, ეკონომიკურ ეფექტურობაზე მოქმედი ყველა შესაძლო ფაქტორის გათვალისწინებით მიიღებს სახეს:

$$\begin{aligned} \text{წდშ} = & \sum_{t=T_{\text{ფ}}}^{T_{\text{ფ}}} \frac{[\sum_{i=1}^m n_{it} (P_{i1t} - P_{i2t}) \tilde{\eta}_{\text{ფ}t} T_t + \sum_{i=1}^m n_{it} \tilde{\eta}_{i2} C_{it}^1 \eta t]}{(1 + E_t)^t} - \\ & - \sum_{t=0}^{T_{\text{ფ}}} [\Delta K_t + \sum_{i=1}^m n_{it} \tilde{\eta}_{i1} (C_{i2} + K_y)] \frac{(1 + R_{\text{ისაშ}})^t}{(1 + E_t)^t} \rightarrow \max \end{aligned} \quad (1)$$

სადაც:

n_{it} – t ბიჯზე i ტიპის სანათის (ნათურის) რაოდენობა, (ცალი);

$P_{i1t}/P_{\text{არს}}$ – i ტიპის არსებული სანათის აქტიური სიმძლავრის მოხმარების მოცულობა (ვტ);

$P_{i2t}/P_{\text{ახ}}$ – i ახალი ენერგოდამზოგი სანათის აქტიური სიმძლავრის მოხმარების მოცულობა (ვტ);

$T_{\text{ფ}}$ – საინვესტიციო პროექტის ექსპლუატაციის ვადა, წელიწადი;

m – ექსპლუატაციაში მყოფი სანათების (ნათურების) ტიპების რაოდენობა;

$\tilde{\eta}_{\text{ფ}}$ – სანათის (ნათურის) ჩართვის სანგრძლივობა (სთ);

$T_t - t$ წელიწადის ელექტროენერგიის ტარიფი, თეთრი/კვტ.სთ;

$n_{it} - t$ ბიჯზე i ტიპის სანათის (ნათურის) რაოდენობა, (ცალი);

T_{n1} - ექსპლუატაციაში მყოფი სანათების (ნათურების) სამსახურის ვადა, (საათი)

T_{n2} - ენერგოდამზოგი სანათების (ნათურების) სამსახურის ვადა, (საათი)

C_{it}^1 - არსებული სანათის და შეცვლის ღირებულების ჯამი, (ლარი);

H - ინფლაციის ინდექსი ზრდადი შედეგით t წლებისათვის, განისაზღვრება არსებული სტატისტიკის მიხედვით;

ΔK_t - ენერგოდამზოგი სისტემების რეკონსტრუქცია-მოდერნიზაციაზე და მართვის ავტომატური სისტემების დანერგვისთვის საჭირო ინვესტიციის მოცულობა (ათასი ლარი) t ბიჯზე;

$\bar{n}_1 = T_{n1} / \bar{n}_{\text{ჩხ}}$ არსებული სანათების შეცვლის ჯერადობა სამსახურის ვადაში (საათი);

$\bar{n}_2 = T_{n2} / \bar{n}_{\text{ჩხ}}$ ენერგოდამზოგი სანათების შეცვლის ჯერადობა სამსახურის ვადაში (საათი);

K_{yi} - i არსებული სანათის უტილიზაციის ღირებულება i - დისკონტის ნორმა;

მიითითებული მოდელით ხელოვნური განათების თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემის დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვისათვის, გარდა (1) კრიტერიალური მოთხოვნისა დაცული უნდა იყოს შემდეგი პირობები:

1. ევროპული სტანდარტით [10] შერჩეული განათებულობის ნორმატივით და მისი შეზღუდვის პირობებში უნდა განისაზღვროს ხელოვნურ განათების სისტემაში დასანერგი სანათების ოპტიმალური რაოდენობა და გადანყდეს მათი ოპტიმალური განლაგების ამოცანა.

2. უნდა განისაზღვროს საანგარიშო ნაკადის გადახრა ევროსტანდარტის [10] მოთხოვნასთან მიმართებაში და დადგინდეს მისი სტანდარტთან შესაბამისობა.

3. უნდა ჩატარდეს დისკომფორტის კოეფიციენტის განზოგადებული მაჩვენებლის ანგარიში და დადგინდეს მისი ევროსტანდარტთან შესაბამისობა.

ზოგადად განათების სისტემის სინათლის ნაკადის გამოყენების კოეფიციენტის მეთოდის გამოყენებით ერთი სანათის შუქის ნაკადი გამოითვლება ფორმულით [12,13] :

$$\Phi_L = \frac{E_h S K z}{N \eta n}$$

შესაბამისად სანათების რაოდენობის ანგარიშისათვის გამოიყენება შემდეგი ფორმულა:

$$N = \frac{E_h S K z}{\Phi_L \eta n} \quad (2)$$

სადაც:

N - სანათების რაოდენობა;

E_h - მინიმალური ნორმირებული სინათლის დონე;

S - არის ოთახის ფართობი;

K - რეზერვის კოეფიციენტი, რომელიც შეირჩევა არსებული სტანდარტების მიხედვით;

z - მინიმალური განათების დონის მაჩვენებელი;

Φ_L - განათების სისტემაში გამოყენებული ერთი ნათურის შუქის ნაკადი (ლუმენებში);

η - განათების სისტემაში სინათლის გამოყენების კოეფიციენტი, განისაზღვრება [12,13] ავტორის მიერ დამუშავებული მეთოდით;

n - განათების სისტემაში ნათურების რიცხვი;

სანათების რაოდენობის გამოსათვლელად ფორმულა (2) მისაღებია იმ შემთხვევაში თუ შენობაში ფანჯრებიდან არ შემოდის ბუნებრივი განათება. სანათების რაოდენობის სრულ-

ყოფილი ანგარიშისთვის აუცილებელია ბუნებრივი განათების გათვალისწინება, ბუნებრივი განათება შენობებში გამოითვლება [14,15,16] ბუნებრივი განათების კოეფიციენტით:

$$e(KEO)=\frac{E_B}{E_H} \quad (3)$$

სადაც:

E_B – არის ბუნებრივი განათება შენობის შიგნით მდებარე რომელიმე სამუშაო ზედაპირის წერტილზე;

E_H – არის გარე ჰორიზონტალური განათების ერთდროული მნიშვნელობა;

ამ კოეფიციენტის ნორმები მოცემულია [17] ნაშრომში.

მე-3 ფორმულის გათვალისწინებით სანათების რაოდენობის გამოთვლის გამოსახულება (2) - მიიღებს სახეს:

$$N=\frac{SE_{ნოტ}Kz}{UnF} * KEO \quad (4)$$

მოყვანილი მეთოდით სანათების რაოდენობის გამოთვლით მიღებული შედეგები არ იძლევა იმ დასკვნის გაკეთების საშუალებას, რომ სანათების შერჩეული რაოდენობა ოპტიმალურია, დასმული პრობლემის გადაწყვეტის საშუალებას იძლევა გერმანული კომპანიის Dial GmbH მიერ შემუშავებული კომპიუტერული პროგრამა Dialux [9]. ამ პროგრამით შესაძლებელია :

1. სანათების მოცემული რაოდენობის და მათი განლაგების თავისებურებების პირობებში შეასრულოს შენობის შიგა და გარე განათების ანგარიში;

2. შენობის ხელოვნური და ბუნებრივი განათების ანგარიში;

3. როგორც ოთახების ისე ქუჩების ტერიტორიების, სხვადასხვა სანარმოო შენობების, გზების, სპორტული მოედნების ხელოვნური განათების სისტემების დაპროექტება;

4. უნარი იმუშაოს ნებისმიერი ფაილებით ფორმატში .dwg და .dxf და გაითვალისწინოს ნინასნარ.

ანგარიშის დროს გათვალისწინებულია :

- შენობის გეომეტრია;
- კედლების, იატაკის და ჭერის ფერი, აგრეთვე მოცემული ზედაპირის სტრუქტურა;
- შენობაში განთავსებული ავეჯი;

ანგარიშის ყველაზე მოთხოვნად შედეგებს წარმოადგენს სამუშაო ზედაპირზე განათების განაწილების წარმოსახვა და გასანათებელი შენობის საერთო სამგანზომილებიანი სახე, რის საფუძველზეც უნდა გადანყდეს სანათების ოპტიმალური განლაგება და განისაზღვროს სანათების ოპტიმალური რაოდენობა.

საანგარიშო განათების ნაკადის მოთხოვნასთან მიმართებაში გადახრის ანგარიშის ფორმულას, ბუნებრივი განათების კოეფიციენტის გათვალისწინებით აქვს სახე:

$$\Delta \Phi = \frac{UnF}{SE_{\text{ნომ}} K_z K_{EO}} \quad (4)$$

ევროპული სტანდარტის შესაბამისად [10]

$$\Delta \Phi = -10\%; 20\% \quad (5)$$

როგორც აღინიშნა ხელოვნური განათების თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის მესამე პირობის ევროპული სტანდარტის [8,10] მოთხოვნასთან შესაბამისობის შესამოწმებლად უნდა ჩატარდეს დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებლის ანგარიში. ამ მაჩვენებლის გათვალისწინება განსაკუთრებით აქტუალურია შენობებისთვის, სადაც ადამიანებს უხდებათ, ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ყოფნა და მაღალია მოთხოვნები მხედველობით მუშაობაზე. ამ შემთხვევაში დისკომფორტი განზოგადებული მაჩვენებელი [12,18,20] გამოითვლება ფორმულით :

$$UGR = 8 \lg \sum_{i=1}^N \left[\frac{K_i I_{Cy_i}^2}{A_i} \right] - 8 \lg E_{WID} \quad (6)$$

სადაც :

UGR - დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებელი

N - სანათების რაოდენობა;

K_i - კოეფიციენტი [22],

I_{Cy_i} - i სანათის სინათლის ძალა მიმართული სტანდარტულ

დამკვირვებლისაკენ;

C - აზიმუტის კუთხე;

γ - მერიდიანის კუთხე;

A_i - პროექციის ფართობი.მ²

E_{WID} - განათებულობის არეკვლის მდგენელი შენობების კედლებზე;

თავის მხრივ განათებულობის არეკვლის მდგენელი შენობების კედლებზე E_{WID} განისაზღვრება ფორმულით:

$$E_{WID} = \frac{F_{UWID} N \Phi_0}{A_W} = B F_{UWID} \quad (7)$$

სადაც F_{UWID} - კედლებისთვის არეკლილი სინათლის ნაკადის გამოყენების კოეფიციენტი;

N - შენობაში სანათების რაოდენობა;

Φ_0 - განათების ზონალური შუქის ნაკადი [22];

A_W - სამუშაო სიბრტყესა და სანათების განლაგების სიბრტყეს შორის კედლების საერთო ფართი მ²;

B - კოეფიციენტი რომელიც გამოითვლება [22] პრომაში მითითებული მეთოდით;

ზემოთ ჩამოთვლილი მოთხოვნებიდან გამომდინარე ხელოვნურ განათებაში, თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების ოპტიმალური დაგეგმვის ამოცანა შეიძლება შემდეგნაირად ჩამოყალიბდეს: პრაქტიკაში აპრობირებულ N რაოდენობის ხელოვნური განათების სისტემებიდან მეცნიერულად დასაბუთებული ეფექტურობის კრიტერიუმის საფუძველზე

უნდა შეირჩეს ისეთი სისტემა, რომელიც ტექნიკურ-ეკონომიკურად იქნება ეფექტიანი და დააკმაყოფილებს შემდეგ მოთხოვნებს:

ა) განათების ნორმირებული სიდიდის პირობებში, სისტემაში დასანერგი სანათების რაოდენობა და მათი განლაგება იქნება ოპტიმალური;

ბ) საანგარიშო სინათლის ნაკადის მოთხოვნიდან გადახრა არ გადააჭარბებს -10%;20%;

გ) დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებელი $UGR \leq 19$. მოყვანილი ანალიზიდან გამომდინარე, გამოსახულებების (1,2,3,4,5,6,7) გათვალისწინებით ხელოვნური განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების ოპტიმალური დაგეგმვის ანგარიშის ალგორითმი მიიღებს სახეს:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{წდმ} = \sum_{t=T_{\text{ფ3}}}^{T_{\text{ფ3}}} \frac{[\sum_{i=1}^m n_{it}(P_{i1t}-P_{i2t})\tilde{\eta}_{\text{ფბt}}T_t + \sum_{i=1}^m n_{it}\tilde{\eta}_{i2}C_{it}^lH_t]}{(1+E_t)^t} - \\ - \sum_{t=0}^{T_{\text{ფ3}}} [\Delta K_t + \sum_{i=1}^m n_{it} \tilde{\eta}_{i1}(C_{i2} + K_y)] \frac{(1+R_{\text{ფსაფ}})^t}{(1+E_t)^t} \rightarrow \max \\ N = \frac{100SE_{\text{ნომ}}K_zKEO}{UnF} = N_{\text{ობტ}} \text{ და სანათების ოპტიმალური რაოდ-} \\ \text{ენობის განსაზღვრა} \quad (8) \\ \Delta \Phi = \frac{UnF}{SE_{\text{ნომ}}K_zKEO} = -10\%; +20\% \\ UGR = 8\lg \sum_{i=1}^N \left[\frac{K_i I_{Cyi}^2}{A_i} \right] - 8\lg E_{\text{WID}} \leq 19 \end{array} \right.$$

ოპტიმალური დაგეგმივის ანგარიშის ალგორითმის, პირველი მოთხოვნის განსასაზღვრავად ჩატარდა ამჟამად ექსლუატაციაში მყოფი განათების სისტემის და პრაქტიკაში აპრობირებული თანამედროვე ენერგოდამზოგი განათების სიტემების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარებითი ანალიზი, რისთვისაც მოძიებული იქნა საწყისი ინფორმაცია [21] საწყისი ინფორმაციის მაჩვენებლები მოცემულია ცხრილ 1-ში.

არსებული სანათების ტექნიკური პარამეტრების საწყისი ინფორმაციის და შედარებითი ანალიზის მაჩვენებლები ცხრილი 1

ბრენდი	სანათის მოდელი	მწარმოებლის მიერ დადგენილი პარამეტრები	კათოდი/ფორმა	მწარმოებლის დადგენილი სიმძლავრე ვატი	მწარმოებლის დადგენილი უბუქის ნაკადი ლუმენი	მწარმოებლის დადგენილი ეფექტურობა ლუმენი/ვატზე	მწარმოებლის დადგენილი ფერის ტემპერატურა	მწარმოებლის დადგენილი ფერის გასაცემის ინდექსი R _a	შუდიანი კოეფ. C _{Ra}	მწარმოებლის დადგენილი სამუშაო მანძილი	სანათის კორპუსის მასალის ტიპი	გარანტიის ვადა თვე	მწარმოებლის დადგენილი სანათის სიმძლავრის კადრ
Philips	G5 8718696731963 Essential	3000K 1000lm 8W M	other/T8	8	1000	128	3000	80	3.5	100-240	44	24	30000
Philips	8718696525074 EcoFit	6500K 800lm 8W M	G13/T8	8	800	111	6500	73	3.5	220-240	34	24	15000
Philips	87186966927511 MAS	6500K 1050lm 8W M	G13/T9	8	1050	137	6500	80	4.5	220-240	42	24	50000
Philips	8718696753606 Essential	4000K 800lm 8W M	G13/T10	8	800	108	4000	80	4.5	220-240	37	24	30000
Osram	LED SubstiTUBE Value STR8-0.6m -8.9W-840-EM	4000K 800lm 8.9W M	G13/T11	8.9	800	100	4000	80	3.5	220-240	41		30000
LED Technology	LT-T8-10-600 -NW-C-CM	4000K 600lm 10W	G13/T12	10	600	99	4000		3.5	220			40000
ASD	016.3001 LED- T8R-eco 10 Br	4000K 900lm 10W	G13/T13	10	900	99	4000		3.5	160-260	40	24	30000
Estares	ES-LED T8	6000K 900lm 10W M	G13/T14	10	900	86	6000		4.3	220	33	24	50000
Saffit	55058	4000K 750lm 10W M	G13/T15	10	750	80	4000		3.5	230	37	12	25000
Jazzway	PLED T8 - 600GL 10w-FROST 4000K 230V/50Hz	4000K 800lm 10W M	G13/T16	10	800	71	4000	75	1.8	185-240	42	12	35000
Экономка	ECO LED 9wT86 5	6500K 850lm 9W M	G13/T17	9	850	85	6500		2.8	220-240	40	12	30000
Foton	FL-LED T8-600 10W G13 4000K	4000K 1000lm 10W M	G13/T18	10	1000	73	4000	80	1.4	220-240	37	24	30000
Volpe	LED-T8- 10W/NW/ G13/FR/FFX/N	4000K 900lm 10W M	G13/T19	10	900	89	4000	70	3.2	200-250	40	24	25000
Feron	LB-213	4000K 800lm 10W M	G13/T20	10	800	89	4000		3.3	230	36	24	30000
Navigator	NLL-T8-11 -230-4K-G13	4000K 900lm 11W M	G13/T21	11	900	87	4000	80	4.5	176-264	50	24	40000
Opplé	LED-E-T8-600mm -9W-3000K -GLASS-CT	3.000K 800lm 9 M	G13/T22	9	800	94	3000	80	4.7	220-240	45	24	20000
Philips	PHILIPS RC091V LED34S/R65 PSU W60160 RU	6500 K 3400 lm	595 mm	34	3400	95	6500	>80	5	220-240	40	36	25000

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ტექნიკური მაჩვენებლების მიხედვით შესაძარებელ ვარიანტებს შორის უპირატესობა ენიჭება Oppl Led T8 და Philips RC091V LED Slim Panel განათების სისტემას. იმისათვის, რომ საბოლოოდ შეირჩეს ტექნიკურ-ეკონომიკურად ეფექტური სისტემა ფორმულა (1) გამოყენებით სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის შენობის მაგალითზე მოძიებული სანყის ინფორმაციის საფუძველზე [19] თითოეული შესაძარებელი სისტემისათვის განისაზღვრა მათი აღნიშნულ ოფისში დანერგვისათვის საჭირო ინვესტიციების მოცულობა. ანგარიშის შედეგები მოცემულია ცხრილ 2-ში.

სს ენერგო პრო ჯორჯიას სათაო ოფისში ხელოვნურ განათებაზე განსახორციელებელი ინვესტიციების მოცულობა (ათასი ლარი).
ცხრილი 2

N	მოწყობილობის დასახელება	ბრენდი	რაოდენობა	ერთეულის ფასი	ჯამური ღირებულება ლარი
1	გამანათილბელი ვარი	IEK WPa-36a-136 YX/13 IP31 36 მოდელიანი	8	107	856
ავტომატური ამომრთველები					
2	Siemens 5SL6325-7 3P C25	Siemens	8	35	280
3	Siemens 5SL6110-7 1P C10	Siemens	48	7.25	348
4	Siemens 5SL6216-7 2P C16	Siemens	56	24.40	1366
შერჩეული ლუმინისცეტური სანათები					
5	4X18W A6/C420 MB	New Light	880	42	36960
6	TL-D 18W/54-765 500 lm	Philips	3520	2.3	8096
შერჩეული შუქდიოდური სანათები					
5	4X18W A6/C-420 MB Opal	New Light	880	25	22000
6	LED-E-T8-600mm-9W 800 lm -3000K-GLASS-CT cosφ=0.98	Oppl	3520	11.9	41888
შერჩეული შუქდიოდური სანათები (2)					
5	SmartBright Slim Panel 34W 3400 lm	PHILIPS RC091V LED34S/865 PSU W60L60 RU 8710163317359	880	99	87120
მაღოვანი კაბელები					
7	სადენი 2x1.5	Cyklo-U 2x1.5 Borsan	5320 მეტრი	1.20	6384
8	სადენი 3x1.5	Cyklo-F 3x1.5 Borsan	2600 მეტრი	1.80	4680
9	სადენი 3x2.5	Cyklo-U 3x2.5 Borsan	3200 მეტრი	3.10	9920
ელექტრო გაყვანილობის მასალები					
10	ერთილიკანი ჩამრთველი	LEGRAND 13042413	56	3.90	218
11	ორილიკანი ჩამრთველი	LEGRAND 13042397	56	5.01	281
12	სამილიკანი ჩამრთველი	LEGRAND 13042398	8	7.60	61
13	როზეტი დამონებით	LEGRAND 13042592	480	7.80	3744
14	გამანათილბელი კოლოფი 6 კაბელიანი შეყვანით, IP44, 80x80x40mm	Kopos KSK 80_KA IP66	120	8.15	978

დამგები საშუალებები					
15	დიდილიტრიკული ფენსაგები	რეცეპირებული რეზინა	2	35.92	72
16	დიდილიტრიკული ჩექმა	Dunlop PVC 9DES 46	2	55.58	111
17	დიდილიტრიკული ხელოთამანები	Hardy #93 XL, 1514-930010	2	6.59	13
18	იზოლირებული ხელსაწყო		2	105.49	211
19	იზოლირებული მარწყები	Tolsen 38034	2	86.00	172
20	უსაფრთხოების პლაკატი		8	9.28	74
21	ცეცხლმაქრი	Yarpzhinvest ON-8 ABCE YPI	16	75.95	1215
ჯამი ლუმინისცენტრის სანათებით					76,041
ჯამი შუქდიოდური სანათებით					94,873
ჯამი შუქდიოდური სანათებით (Led Slim Panel)					118,105

ცხრილ 2-ში მოცემული მაჩვენებლების მიხედვით და ზემოთ მოყვანილი ხელოვნურ განათებაში ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ეკონომეტრიკული მოდელით, ფორმულა (1)-ით ჩატარდა არსებული და ახალი ხელოვნური განათების სისტემების შედარებითი ეკონომიკური ანალიზი. შედეგები ასახულია ცხრილ (3)-ში და სურათ (1)-ზე.

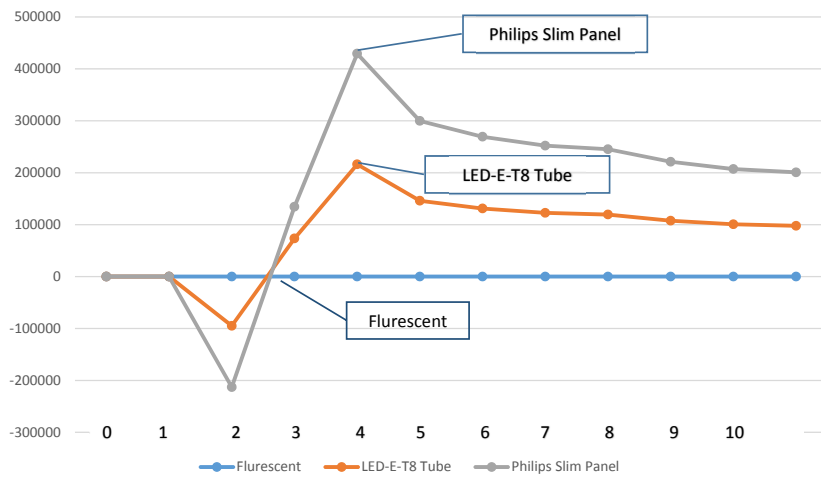
სს ენერგო პრო ჯორჯიას სათაო ოფისში არსებული და ახალი ხელოვნური განათების სისტემების ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარებითი ანალიზი. ცხრილი 3

სანათის თიბი:	FFluorescent სანათები	შუქდიოდური LED-E-T8-600mm-9W	შუქდიოდური 34W PHILIPS SmartBright Slim Panel
სანათების რაოდენობა, (ცალი):	3520 სანათი	3520 სანათი	880 სანათი
სანათების ჯამური სიმძლავრე (კვტ):	634 კვტ.	317 კვტ.	299 კვტ.
ნათურების მუშაობის დრო დღეში - საათი დღეში:	8 საათი	8 საათი	8 საათი
სანათების ექსპლუატაციის რესურსი, საათი:	5,000 საათი	20,000 საათი	25,000 საათი
ზომ - სანათის (ნათურის) წელრადში საშუალო ჩართვის სანერგობა (ლთ) (ზომ-კმ/წმ) (ზმ = 0.340.5)"	2,628 საათი	2,628 საათი	2,628 საათი
საექსპლუატაციო პერიოდში სანათების პერიოდული შეცვლის ჯერადობა :	1.9 (წელითვე)	7.6 (წელითვე)	9.5 (წელითვე)
მუქის ნაკადის გამოყენების მქ. გარე განათებაში	65%	96%	96%
სანათების და მასალის შეძენის ჯამური ღირებულება (ათასი ლარი):	76,041 ლარი	94,873 ლარი	118,105 ლარი
1 კვტ.სთ ელექტროენერგიის ღირებულება (თეთრი/კვტ.სთ):	0.2108306 თეთრი/კვტ.სთ.	0.2108306 თეთრი/კვტ.სთ.	0.2108306 თეთრი/კვტ.სთ.
1 კვტ.სთ ელექტროენერგიის ღირებულება (თეთრი/კვტ.სთ):	3%		
1 წლის განმავლობაში მოხმარებული ელექტროენერგიის რაოდენობა, (კვტ.სთ):	1,665,101 კვტ.სთ	832,550 კვტ.სთ	786,298 კვტ.სთ
ექსპლუატაციის, რემონტის, შეცვლის და უტილიზაციის დანახარები წელიწადში:	8,096 ლარი	0	0

ღარბობრივი პერნოშიკა

წლის განმავლობაში დანახარები ელექტროენერგიაზე (ათასი ლარი);		351,054 ლარი	175,527 ლარი	165,776 ლარი
ელექტროენერგიის მოხმარების შემცირება, %			50.0%	52.8%
წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი Net Present Value (Interest 10 %)				
წელი	ტარიფი	მოგება	10.0% წმშ	10.0% წმშ
0 წელიწადი		-94,873 ლარი	-94,873 ლარი	-118,105 ლარი
1 წელიწადი	0.210831	80,654 ლარი	73,322 ლარი	61,067 ლარი
2 წელიწადი	0.217156	261,447 ლარი	216,072 ლარი	213,232 ლარი
3 წელიწადი	0.223670	194,313 ლარი	145,990 ლარი	153,763 ლარი
4 წელიწადი	0.230380	191,803 ლარი	131,004 ლარი	138,282 ლარი
5 წელიწადი	0.237292	197,557 ლარი	122,668 ლარი	129,482 ლარი
6 წელიწადი	0.244410	211,580 ლარი	119,431 ლარი	125,813 ლარი
7 წელიწადი	0.251743	209,589 ლარი	107,552 ლარი	113,527 ლარი
8 წელიწადი	0.259295	215,876 ლარი	100,708 ლარი	106,303 ლარი
9 წელიწადი	0.267074	230,448 ლარი	97,733 ლარი	102,971 ლარი
10 წელიწადი	0.275086	229,023 ლარი	88,298 ლარი	93,204 ლარი
Net present value			1,107,905 ლარი	1,119,539 ლარი
წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი				

წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი



სურათი 1. წმინდა დისკონტირებული შემოსავლის ცვალებადობის დინამიკა.

სურათ 1-ზე ასახული მონაცემების მიხედვით შეიძლება გაკეთდეს ცალსახა დასკვნა იმის შესახებ, რომ როგორც ტექნიკური ისე ეკონომიკური თვალსაზრისით სს ენერგო პრო

ჯორჯიას სათაო ოფისის ხელოვნური განათების სისტემაში ყველაზე ეფექტურია PHILIPS SmartBright Slim Panel-ის დანერგვა.

სს ენერგო პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის ხელოვნური განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვისათვის პირველი აუცილებელი პირობის შესრულების შემონმების მიზნით შერჩეულ სისტემაში სანათების რაოდენობის და განლაგების ოპტიმიზაციის ამოცანის გადასაწყვეტად პროგრამული პროდუქტი EXCEL-ის მეშვეობით დაანგარიშებულია დასანერგი სანათების რაოდენობა. ერთ-ერთი სართულის ანგარიშის შედეგები ასახულია ცხრილ 4-ში:

სს ენერგო პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის ერთ-ერთ სართულზე დასანერგი სანათების რაოდენობა. ცხრილი 4

სამათის ტიპი	ერთი საათის მუშის წესის (საათი)	E - მოთხოვნილი სიძრავის (ლუმი)	X	Y	S - ოთახის ფართობი m ²	K ₁ - ოთახის რეზერვის კოეფიციენტი	L ₁ - საათის სიკვეთის კოეფიციენტი	n - განათების საათის მუშის რაოდენობა	Φ - ერთი საათის მუშის (ლუმი)	ამჟამინდელი საათის რაოდენობა	შედეგად ნაკადის რაოდენობა ზედათი განათების არარსებობის დროს	K _{ED} -ის მნიშვნელობა [17]	შედეგად ნაკადის რაოდენობა ზედათი განათების არარსებობის დროს
ოთახი - 1													
ლუმინესცენტი	500	500	7.5	6.5	48.75	1.25	0.51	4	2000	9	4	0.6	4
LED - ზედათი	500	500	7.5	6.5	48.75	1.25	0.51	4	3200	9	2	0.6	2
LED Slim Panel	1400	500	7.5	6.5	48.75	1.25	0.51	1	3400		4	0.6	2
ლუმინესცენტი	500	500	5.91	6.45	25.26	1.25	0.51	4	2000		4	0.6	2
LED - ზედათი	800	500	5.91	6.45	25.26	1.25	0.51	4	3200	2	2	0.6	1
LED Slim Panel	1400	500	5.91	6.45	25.26	1.25	0.51	1	3400		2	0.6	1
ლუმინესცენტი	500	500	0.91	6.38	5.81	1.25	0.51	4	2000	1	1	0	1
LED - ზედათი	800	500	0.91	6.38	5.81	1.25	0.51	4	3200	1	1	0	1
LED Slim Panel	1400	500	0.91	6.38	5.81	1.25	0.51	1	3400		1	0	1
ლუმინესცენტი	500	500	6.35	6.58	41.78	1.25	0.51	4	2000	6	6	0.6	4
LED - ზედათი	800	500	6.35	6.58	41.78	1.25	0.51	4	3200	6	4	0.6	2
LED Slim Panel	1400	500	6.35	6.58	41.78	1.25	0.51	1	3400		4	0.6	2
ლუმინესცენტი	500	500	6.47	6.58	42.57	1.25	0.51	4	2000	6	7	0.6	4
LED - ზედათი	800	500	6.47	6.58	42.57	1.25	0.51	4	3200	6	4	0.6	2
LED Slim Panel	1400	500	6.47	6.58	42.57	1.25	0.51	1	3400		4	0.6	2
ლუმინესცენტი	500	500	1.14	6.58	20.66	1.25	0.51	4	2000	3	3	0.6	2
LED - ზედათი	800	500	1.14	6.58	20.66	1.25	0.51	4	3200	3	2	0.6	1
LED Slim Panel	1400	500	1.14	6.58	20.66	1.25	0.51	1	3400		2	0.6	1
ლუმინესცენტი	500	500	2.05	6.58	20.07	1.25	0.51	4	2000	3	3	0.6	2
LED - ზედათი	800	500	2.05	6.58	20.07	1.25	0.51	4	3200	3	2	0.6	1
LED Slim Panel	1400	500	2.05	6.58	20.07	1.25	0.51	1	3400		2	0.6	1
ლუმინესცენტი	500	500	1.00	6.58	19.74	1.25	0.51	4	2000	3	2	0.6	1
LED - ზედათი	800	500	1.00	6.58	19.74	1.25	0.51	4	3200	3	1	0.6	1
LED Slim Panel	1400	500	1.00	6.58	19.74	1.25	0.51	1	3400		1	0.6	1
ლუმინესცენტი	500	500	1.00	6.58	19.74	1.25	0.51	4	2000	3	2	0.6	1
LED - ზედათი	800	500	1.00	6.58	19.74	1.25	0.51	4	3200	3	1	0.6	1
LED Slim Panel	1400	500	1.00	6.58	19.74	1.25	0.51	1	3400		1	0.6	1
ლუმინესცენტი	500	500	2.40	6.58	15.79	1.25	0.51	4	2000	3	2	0.6	1
LED - ზედათი	800	500	2.40	6.58	15.79	1.25	0.51	4	3200	3	2	0.6	1
LED Slim Panel	1400	500	2.40	6.58	15.79	1.25	0.51	1	3400		1	0.6	1
ლუმინესცენტი	500	500	2.60	6.58	23.69	1.25	0.51	4	2000	2	4	0.6	2
LED - ზედათი	800	500	2.60	6.58	23.69	1.25	0.51	4	3200	2	2	0.6	1
LED Slim Panel	1400	500	2.60	6.58	23.69	1.25	0.51	1	3400		2	0.6	1
ლუმინესცენტი	500	500	1.60	6.50	25.35	1.25	0.51	4	2000	4	4	0.6	2
LED - ზედათი	800	500	1.60	6.50	25.35	1.25	0.51	4	3200	4	2	0.6	1
LED Slim Panel	1400	500	1.60	6.50	25.35	1.25	0.51	1	3400		2	0.6	1
ლუმინესცენტი	500	500	1.27	4.53	14.88	1.25	0.51	4	2000	4	2	0.6	1
LED - ზედათი	800	500	1.27	4.53	14.88	1.25	0.51	4	3200	4	1	0.6	1
LED Slim Panel	1400	500	1.27	4.53	14.88	1.25	0.51	1	3400		1	0.6	1
ლუმინესცენტი	500	500	4.93	4.53	22.43	1.25	0.51	4	2000	5	3	0.6	2
LED - ზედათი	800	500	4.93	4.53	22.43	1.25	0.51	4	3200	5	2	0.6	1
LED Slim Panel	1400	500	4.93	4.53	22.43	1.25	0.51	1	3400		2	0.6	1
ლუმინესცენტი	500	500	2.65	6.30	16.70	1.25	0.51	4	2000		2	0	2

ღარბობრივი ეკონომიკა

LEB - Պոլսեցիներ	800	300	2,65	6,30	16,70	1,25	0,51	4	3200	2	1	0	1
LEB Տևա Քամ	3400	500	2,65	6,30	16,70	1,25	0,51	1	3400		1	0	1
Լեւոնեցիներ	500	500	6,15	9,65	61,28	1,25	0,51	4	2000		9	0	6
LEB - Պոլսեցիներ	500	500	6,15	9,65	61,28	1,25	0,51	4	3200	9	6	0	6
LEB Տևա Քամ	3400	500	6,15	9,65	61,28	1,25	0,51	1	3400	6	0	0	6
Լեւոնեցիներ	500	500	6,40	9,65	61,76	1,25	0,51	4	2000	9	9	0	6
LEB - Պոլսեցիներ	500	500	6,40	9,65	61,76	1,25	0,51	4	3200		6	0	6
LEB Տևա Քամ	3400	500	6,40	9,65	61,76	1,25	0,51	1	3400		6	0	6
Լեւոնեցիներ	500	500	6,40	9,65	61,76	1,25	0,51	4	2000	9	9	0	6
LEB - Պոլսեցիներ	500	500	6,40	9,65	61,76	1,25	0,51	4	3200		6	0	6
LEB Տևա Քամ	3400	500	6,40	9,65	61,76	1,25	0,51	1	3400		6	0	6
Լեւոնեցիներ	500	500	6,40	9,65	61,76	1,25	0,51	4	2000	9	9	0	6
LEB - Պոլսեցիներ	500	500	6,40	9,65	61,76	1,25	0,51	4	3200		6	0	6
LEB Տևա Քամ	3400	500	6,40	9,65	61,76	1,25	0,51	1	3400		6	0	6
Լեւոնեցիներ	500	500	6,40	9,65	61,76	1,25	0,51	4	2000	9	9	0	6
LEB - Պոլսեցիներ	500	500	6,40	9,65	61,76	1,25	0,51	4	3200		6	0	6
LEB Տևա Քամ	3400	500	6,40	9,65	61,76	1,25	0,51	1	3400		6	0	6
Լեւոնեցիներ	500	500	6,15	9,65	61,28	1,25	0,51	4	2000	9	9	0	6
LEB - Պոլսեցիներ	500	500	6,15	9,65	61,28	1,25	0,51	4	3200		6	0	6
LEB Տևա Քամ	3400	500	6,15	9,65	61,28	1,25	0,51	1	3400		6	0	6
Լեւոնեցիներ	500	500	1,50	8,50	12,75	1,25	0,51	4	2000	9	1	2	0
LEB - Պոլսեցիներ	500	500	1,50	8,50	12,75	1,25	0,51	4	3200		1	0	6
LEB Տևա Քամ	3400	500	1,50	8,50	12,75	1,25	0,51	1	3400		1	0	1
Լեւոնեցիներ	500	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	4	2000	8	11	0	6
LEB - Պոլսեցիներ	500	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	4	3200		7	0	6
LEB Տևա Քամ	3400	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	1	3400		0	0	6
Լեւոնեցիներ	500	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	4	2000	880	898	546	
LEB - Պոլսեցիներ	500	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	4	3200		561	341	
LEB Տևա Քամ	3400	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	1	3400		65	48	
Լեւոնեցիներ	500	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	4	2000	110	112	68	
LEB - Պոլսեցիներ	500	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	4	3200		70	48	
LEB Տևա Քամ	3400	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	1	3400		46	48	
Լեւոնեցիներ	500	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	4	2000	880	No KEO	KEO	
LEB - Պոլսեցիներ	500	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	4	3200		No KEO	No KEO	
LEB Տևա Քամ	3400	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	1	3400		No KEO	No KEO	
Լեւոնեցիներ	500	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	4	2000	880	898	546	
LEB - Պոլսեցիներ	500	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	4	3200		561	341	
LEB Տևա Քամ	3400	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	1	3400		65	48	
Լեւոնեցիներ	500	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	4	2000	880	898	546	
LEB - Պոլսեցիներ	500	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	4	3200		561	341	
LEB Տևա Քամ	3400	250	2,90	12,90	14,41	1,25	0,51	1	3400		65	48	

სანათების განლაგების ოპტიმიზაციის ამოცანა გადწყვეტილია პროგრამული პროდუქტი DIALUX-ის [9] მეშვეობით. ანგარიში შესრულებულია სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის მაგალითზე შედეგები ნაჩვენებია სურათ 1,2-ზე.



სურათი 1. პროგრამული პროდუქტი DIALUX-ის მეშვეობით შენობის ერთი სართულის ვიზუალიზაცია, ამჟამად არსებული ვითარება.

პროგრამული პროდუქტი DIALUX-ის მეშვეობით
სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის შენობის ხელოვნური
განათების ოპტიმალური განლაგების მიხედვით მიღებული
სანათების რაოდენობა. ცხრილი 5.

ოთახი	ამჟამად არსებული სანათების რაოდენობა	Dialux-ით ოპტიმალურად განლაგებული სანათების რაოდენობა
ოთახი - 1	9	6
კიბის უჯრედი	2	2
ტექნიკური უჯრედი	1	1
ოთახი - 2	6	4
ოთახი - 3	6	4
ოთახი - 4	3	2
ოთახი - 5	3	2
ოთახი - WC1	3	2
ოთახი - WC2	3	2
ოთახი 6 - სამზარეულო	3	2
კიბის უჯრედი 2	2	2
ოთახი - 7	4	2
ოთახი - 8	4	2
ოთახი - 9	5	3
ოთახი - WC3	2	2
ოთახი - 10	9	6
ოთახი - 11	9	6
ოთახი - 12	9	6
ოთახი - 13	9	6
ოთახი - 14	9	6
მცირე დერეფანი	1	1
დერეფანი	8	7
რაოდენობის ჯამი	110	76
შენობაში რაოდენობის ჯამი	880	608
სიმძლავრის ჯამი (ვატი)	7920	2584
რაოდენობის სხვაობა ერთ სართულზე		
	34	
რაოდენობის სხვაობა რვა სართულზე		
	272	
გამონთავისუფლებული სიმძლავრე ერთ სართულზე (ვატი)		
	5336	
გამონთავისუფლებული სიმძლავრე რვა სართულზე (ვატი)		
	42688	

**პროგრამული პროდუქტი EXCEL-ის მეშვეობით შენობის
მე-6 სართულზე საანგარიშო განათების ნაკადის მოთხოვნასთან
მიმართებაში გადახრის ანგარიშის შედეგები ბუნებრივი განათების
კოეფიციენტის გათვლისწინებით. ცხრილი 6.**

სანათის ტიპი	შედეგი N-სანათების რაოდენობა ბუნებრივი განათების დროს	საანგარიშო განათების ნაკადის მოთხოვნასთან მიმართებაში გადახრის ანგარიში ΔΦ - KEO-ს გათვალისწინებით
ოთახი - 1		
ლუმინისცენტრი	4	22%
LED - შუქდიოდური	3	36%
LED Slim Panel	2	9%
კიბის უფრედი		
ლუმინისცენტრი	2	26%
LED - შუქდიოდური	1	41%
LED Slim Panel	1	11%
ტექნიკური უფრედი		
ლუმინისცენტრი	1	25%
LED - შუქდიოდური	1	30%
LED Slim Panel	1	20%
ოთახი - 2		
ლუმინისცენტრი	4	16%
LED - შუქდიოდური	2	25%
LED Slim Panel	2	7%
ოთახი - 3		
ლუმინისცენტრი	4	15%
LED - შუქდიოდური	2	25%
LED Slim Panel	2	11%
ოთახი - 4		
ლუმინისცენტრი	2	32%
LED - შუქდიოდური	1	51%
LED Slim Panel	1	13%
ოთახი - 5		
ლუმინისცენტრი	2	33%
LED - შუქდიოდური	1	52%
LED Slim Panel	1	14%
ოთახი - WC1		
ლუმინისცენტრი	1	28%
LED - შუქდიოდური	1	33%
LED Slim Panel	1	13%
ოთახი - WC2		
ლუმინისცენტრი	1	28%
LED - შუქდიოდური	1	33%
LED Slim Panel	1	13%
ოთახი 6 - სამზარეულო		
ლუმინისცენტრი	1	41%
LED - შუქდიოდური	1	66%
LED Slim Panel	1	18%
ოთახი - კიბის უფრედი 2		
ლუმინისცენტრი	2	28%
LED - შუქდიოდური	1	44%
LED Slim Panel	1	12%

სანათის ტიპი	შედეგი N-სანათების რაოდენობა ბუნებრივი განათების დროს	საანგარიშო განათების ნაკადის მოთხოვნასთან მიმართებაში გადახრის ანგარიში ΔΦ - KEO-ს გათვალისწინებით
ოთახი - 7		
ლუმინისცენტრი	2	26%
LED - შუქდიოდური	1	41%
LED Slim Panel	1	11%
ოთახი - 8		
ლუმინისცენტრი	1	44%
LED - შუქდიოდური	1	70%
LED Slim Panel	1	19%
ოთახი - 9		
ლუმინისცენტრი	2	29%
LED - შუქდიოდური	1	47%
LED Slim Panel	1	12%
ოთახი - WC3		
ლუმინისცენტრი	2	25%
LED - შუქდიოდური	1	30%
LED Slim Panel	1	20%
ოთახი - 10		
ლუმინისცენტრი	6	11%
LED - შუქდიოდური	4	17%
LED Slim Panel	3	5%
ოთახი - 11		
ლუმინისცენტრი	6	11%
LED - შუქდიოდური	4	17%
LED Slim Panel	3	4%
ოთახი - 12		
ლუმინისცენტრი	6	11%
LED - შუქდიოდური	4	17%
LED Slim Panel	3	4%
ოთახი - 13		
ლუმინისცენტრი	6	11%
LED - შუქდიოდური	4	17%
LED Slim Panel	3	4%
ოთახი - 14		
ლუმინისცენტრი	6	11%
LED - შუქდიოდური	4	17%
LED Slim Panel	3	5%
სკოლე დერეფანი		
ლუმინისცენტრი	1	51%
LED - შუქდიოდური	1	82%
LED Slim Panel	1	22%
დერეფანი		
ლუმინისცენტრი	7	9%
LED - შუქდიოდური	4	15%
LED Slim Panel	4	4%

ცხრილი 6-ის მაჩვენებლებით დასტურდება, რომ საანგარიშო განათების ნაკადის პროცენტული გადახრა [5] შესაძარებელ ვარიანტებში ყველაზე ნაკლებია შუქდიოდური პანელის PHILIPS SmartBright Slim Panel დანერგვის შემთხვევაში, და აკმაყოფილებს ევროპული სტანდარტის მოთხოვნებს [10,15,16].

ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი

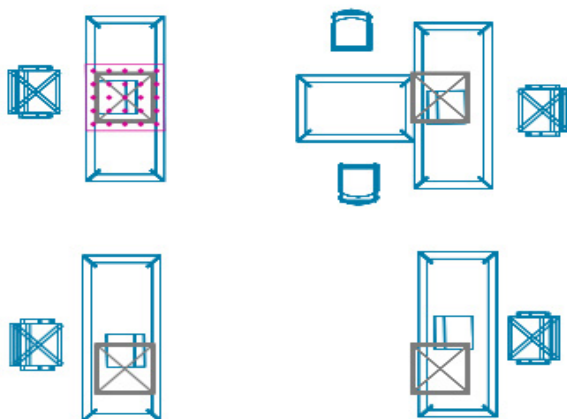
საშუალებების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის უზრუნ-
ველყოფის მეოთხე პირობის შესრულების შესამოწმებლად
პროგრამული პროდუქტი DIALUX-ის გამოყენებით ჩატარდა
დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებლის ანგარიში.
ანგარიშის საწყისი ინდორმაცია და შედეგები შეტანილია
ცხრილ 7,8-ში და ნაჩვენებია სურათ 4,5-ზე.

შენობის ერთ-ერთი ოთახის საწყისი ინფორმაცია. ცხრილი 7.

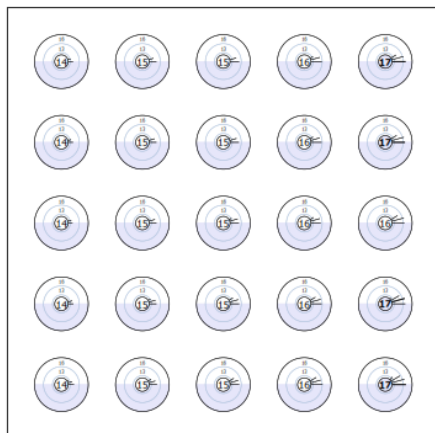
სანათის ტიპი	ოთახის სიგრძე	ოთახის სიგანე	ოთახის სიმაღლე	S - ოთახის ფართობი m ²	ბუნებრივი განათების შესაძლებლობა	განათების სისტემაში სანათების რაოდენობა	ერთი ნათურის შუქის ნაკადი
LED Slim Panel	6.47	6.58	2.80	42.57	+	4	3400

**სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის შენობის ერთ-ერთი
ოთახის ხელოვნური განათების დისკომფორტის განზოგადებული
მაჩვენებლის ანგარიშის საწყისი ინფორმაცია. ცხრილი 8.**

სიკაშკაშის შეფასება UGR-ის მიხედვით												
p Ceiling	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30		
p Walls	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30		
p Floor	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Room size X Y	Viewing direction at right angles to lamp axis					Viewing direction parallel to lamp axis						
2H	2H	15.1	16.2	15.4	16.5	16.7	16.0	17.2	16.3	17.4	17.6	
	3H	15.9	17.0	16.2	17.2	17.5	16.7	17.7	17.0	18.0	18.2	
	4H	16.4	17.3	16.7	17.6	17.9	17.0	18.0	17.4	18.3	18.6	
	6H	16.9	17.8	17.3	18.1	18.4	17.4	18.3	17.7	18.6	18.9	
	8H	17.1	18.0	17.5	18.3	18.6	17.6	18.4	17.9	18.7	19.1	
	12H	17.3	18.1	17.7	18.4	18.8	17.7	18.6	18.1	18.9	19.2	
4H	2H	15.4	16.4	15.8	16.7	17.0	16.2	17.2	16.5	17.5	17.7	
	3H	16.5	17.3	16.8	17.6	17.9	17.2	18.0	17.5	18.3	18.6	
	4H	17.1	17.8	17.5	18.2	18.5	17.7	18.4	18.1	18.7	19.1	
	6H	17.8	18.4	18.2	18.8	19.2	18.2	18.8	18.6	19.2	19.6	
	8H	18.1	18.7	18.6	19.1	19.5	18.5	19.1	18.9	19.5	19.9	
	12H	18.4	18.9	18.8	19.3	19.7	18.7	19.2	19.2	19.7	20.1	
8H	4H	17.4	17.9	17.8	18.3	18.7	17.9	18.5	18.3	18.9	19.3	
	6H	18.3	18.7	18.7	19.2	19.6	18.6	19.1	19.1	19.5	20.0	
	8H	18.7	19.1	19.2	19.5	20.0	19.0	19.4	19.5	19.9	20.3	
	12H	19.0	19.4	19.5	19.9	20.4	19.4	19.7	19.8	20.2	20.7	
12H	4H	17.4	17.9	17.8	18.3	18.8	17.9	18.4	18.4	18.8	19.3	
	6H	18.4	18.8	18.8	19.2	19.7	18.7	19.1	19.2	19.6	20.0	
	8H	18.8	19.2	19.3	19.7	20.2	19.1	19.5	19.6	20.0	20.5	
Variation of the observer position for the luminaire distances S												
S = 1.0H		+0.3 / -0.4					+0.4 / -0.5					
S = 1.5H		+0.6 / -1.0					+0.8 / -0.9					
S = 2.0H		+1.4 / -1.1					+1.6 / -1.5					
Standard table		BK05					BK04					
Correction Summand		-0.1					0.0					
Corrected glare indices referring to 3400 lm Total luminous flux												



სურათი 4. პროგრამული პროდუქტი DIALUX-ის მეშვეობით სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის შენობის ერთ-ერთი ოთახის ხელოვნური განათების დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებლის ანგარიშის საწყისი ინფორმაცია.



სურათი 5. პროგრამული პროდუქტი DIALUX-ის მეშვეობით სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის შენობის ერთ-ერთი ოთახის ხელოვნური განათების დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებლის ანგარიშის შედეგები.

როგორც სურათ 5-დან ჩანს დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებელი ($UGR \leq 19$) შემოთავაზებული შუქდიოდური პანელის PHILIPS SmartBright Slim Panel დანერგვის შემთხვევაში მისაღება და მისი მნიშვნელობა ნორმის ფარგლებშია [12,18,20].

სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი სისტემების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის შედარებითი ანალიზის შედეგები მოცემულია ცხრილ 9-ში.

**სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის შენობაში
ხელოვნურ განათების სისტემების დანერგვის შედეგების
შედარებითი ანალიზი. ცხრილი 9.**

	სტანდარტებით მოთხოვნილი ნორმა	არსებული Philips TL-D 18W	შემოთავაზებული PHILIPS RC091V Led Slim Panel
წდმ	→max	0 ლარი	1,119,539 ლარი
რაოდენობა N	← min მოთხოვნილი პარამეტრების შენარჩუნებით	880	608
საანგარიშო განათების ნაკადის გადახრა Δ Φ	-10%;20%	9-41%	4-20%
დისკომფორტის განზოგადებული მაჩვენებელი UGR	$UGR \leq 19$	>22-28	≤19

ცხრილ 9-ში ასახული მონაცემები გვიჩვენებენ, რომ სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის ხელოვნურ განათებაში შემოთავაზებული ენერგოდამზოგი სისტემის PHILIPS SmartBright Slim Panel დანერგვა აკმაყოფილებს ოპტიმალურობისადმი წაყენებულ ყველა მოთხოვნას. შესაბამისად გადამწყვეტილია მისი დანერგვის დაგეგმვის ამოცანა.

დასკვნები და რეკომენდაციები.

1. ხელოვნური განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი

სისტემების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის მსოფლიო გამოცდილების გათვალისწინებით, პრობლემის გადაწყვეტისადმი კომპლექსური მიდგომით, ღრმა მეცნიერული კვლევის საფუძველზე ფორმირებულია დაგეგმვის ოპტიმალურობის კრიტერიუმი, რომელიც ატარებს მრავალფაქტორიან ხასიათს და იგი განათების ობიექტზე დასანერგი ენერგოდამზოგი სისტემის ეფექტიანობის უზრუნველყოფის ძირითად პირობასთან ერთად ითვალისწინებს სანათების რაოდენობის და მათი განლაგების ოპტიმიზაციას, განათებულობის გადახრის და დისკომფორტის კოეფიციენტის ევროპული სტანდარტების მოთხოვნებს.

2. ფორმირებულია ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის ეკონომეტრიკული მოდელი, რომელიც საშუალებას იძლევა კომპლექსურად შეფასდეს ხელოვნური განათების დანერგვის ეფექტიანობა და სწორად განისაზღვროს მისი დაგეგმა-განვითარების პერსპექტივები.

3. ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის ეკონომეტრიკული მოდელის საფუძველზე ჩამოყალიბებულია ეფექტიანობის ანგარიშის ალგორითმი და შემოთავაზებულია მისი რეალიზაცია Excel-ის და Dialux-ის პროგრამული პროდუქტების გამოყენებით.

4. კვლევის შედეგების პრაქტიკული რეალიზაცია აპრობირებულია სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისში, ხელოვნური განათების სისტემაში ახალი თანამედროვე ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვის მაგალითზე. ანგარიშის შედეგებით დასტურდება, რომ ამ მეთოდით შერჩეული ხელოვნური განათების ენერგოდამზოგი საშუალებების დანერგვა, როგორც ტექნიკურად, ისე ეკონომიკური თვალსაზრისით მაღალეფექტიანია.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Tulchinskaya Ya.I. - Methodology for assessing the effectiveness of the replacement of lamps and lamps for energy-saving. - Electronic scientific journal "Oil and Gas Business", 2012, № 4.

2. Malafeev O. Yu. - Increasing the energy efficiency of lighting systems in the consumption and electrical sectors. - Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alekseeva], 2017.

3. Eronina M.V., Filippov V.A. Development of a set of energy-saving activities of educational institutions. - International Science Magazine "Symbol of Science" №3 / 2016.

4. G.Y. Vagin, E.B. Solntsev, O. Yu. Malafeev - On the evaluation of the characteristics of lighting systems - Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alekseeva - Bulletin of Samara State Technical University 2016. No. 3 (51).

5. G.Y. Vagin, E.B. Solntsev, A.S. Shevchenko, O. Yu. Malafeev - Methodology for the economic ranking of lighting devices based on the "total cost of ownership" - Electronic scientific journal "Engineering Bulletin of the Don" N2 Part 2 (2015).

6. A.V. Kuznetsov - Fundamentals of energy saving - "Ulyanovsk State Technical University", the work was prepared at the Department of "Electricity Supply". 2016 UDC 621.317.78 (076).

7. Martha J. Carney, Patricia Venetucci, Esther Gesick - LED Lighting in Controlled Environment- Minnesota Department of Commerce, Division of Energy Resources, August 2015 (Revised May 2016).

8. E. V. Sobolev, E. N. Poddedenny - Multi-factor method for calculating electric lighting using LED light sources - Electrical Engineering and Energy - Educational Establishment "P. O. Sukhoi Gomel State Technical University", Republic of Belarus - UDC 628.93.

9. <https://www.dial.de> - DIALux - Calculation and design of lighting [Electronic resource].

10. http://www.ageta.lt/app/webroot/files/uploads/filemanager/File/info/EN_12464-1.pdf - European Lighting Standard EN12464-1.

11. D. Japaridze, V. Kakhadze - Development of Algorithm and Implementation of Economic Performance Reporting of Energy Saving in Artificial Lighting - Scientific-Technical Journal Energy - www.energyonline.ge.

12. Eisenberg Yu.B. "Reference book on lighting" - 3rd ed. reclaiming and add. - M.: Znak, 2006. - 341p.

13. A.D. Goncharov, V.I. Tuev - Universal method for calculating the utilization factor of the luminous flux of lighting devices - ELECTRONICS, MEASURING EQUIPMENT, RADIO ENGINEERING AND COMMUNICATION - TUSUR reports, vol. 20, № 2, 2017 - UDC 628.987.

14. The coefficient of natural light - <https://ru.wikipedia.org>

15. SNiP 23-05-95 "Natural and artificial lighting".

16. Changes in SNiP 23-05-95 permitting widespread use of LED technology in lighting systems.

17. Yu. N. Leont'eva, Ye. S. Voznesenskaya - Calculation of the coefficient of natural illumination with side illumination of a room - St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. 2007.

18. O.S. Shulaeva, V.I. Yakovlev - Study of the characteristics of modern fixtures on the example of a residential complex - St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great - Department "Electrical systems and networks" - 2017.

19. www.energo-pro.ge.

20. DISCOMFORT GLARE FROM SMALL, HIGH LUMINANCE LIGHT SOURCES IN OUTDOOR NIGHTTIME ENVIRONMENTS - Yulia I. Tyukhova, University of Nebraska - Lincoln, 2015.

21. <http://lamptest.ru>.

22. Buildings and structures. Methods for determining unified

glare rating in interior lighting - The method of determining the discomfort indicator with artificial lighting of the premises; GOST 33392-2015; Date of introduction is April 1, 2016.

OPTIMAL ECONOMETRIC MODELING FOR PLANNING THE IMPLEMENTATION OF MODERN ENERGY SAVING SYSTEMS IN ARTIFICIAL LIGHTING

**David Jafaridze, Professor;
Vaxtang Kaxadze,
PhD Student of GTU**

RESUME

In the article has been analyzed the world experience of planning the introduction of the modern energy saving systems in artificial lighting. Based on scientific research, the multilateral criteria for determining the planning optimals are selected. According to criteria requirements there is established an econometric model of optimal planning the implementation of modern energy saving systems in artificial lighting and an algorithm of efficiency accounting.

The algorithm is approbated in the example of the implementation of energy saving system in artificial light of JSC ENERGO-PRO Georgia headquarters. Report is justified by the high technical-economic efficiency of the introduction of PHILIPS SmartBright Slim Panel system in artificial lighting and compliance with the requirements of the European standard of optimal planning.

Keywords: Energy efficiency, Modern artificial lighting systems, LED lighting, Artificial lighting parameters, Innovations in artificial lighting, Technical and economic efficiency, Introduction perspectives, Multilateral criteria.