MINISTERUL EDUCAŢIEI NAŢIONALE
UNIVERSITATEA "VALAHIA" DIN TÂRGOVIŞTE
IOSUD - ŞCOALA DOCTORALĂ DE ŞTIINŢE INGINEREŞTI
DOMENIUL: INGINERIE ELECTRICĂ

CONTRIBUŢII PRIVIND ANALIZA ŞI OPTIMIZAREA CONSUMURILOR DE ENERGIE ELECTRICĂ DIN INSTITUŢIILE DE ÎNVĂŢĂMÂNT PREUNIVERSITAR

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

CONDUCĂTOR DE DOCTORAT:
Prof. univ. dr. ing. Horia Leonard ANDREI

DOCTORAND:
Ing. Constantin-Sorin ORBOIU

TÂRGOVIŞTE
2020

CUPRINS

Introducere 3
1. Parametri de calitate a energiei electrice, standarde naţionale şi internaţionale 5
   1.1. Istoric 5
   1.2. Standardul de performanţă pentru serviciul de distribuţie a energiei electrice 6
   1.3. Limitarea regimului nesimetric şi deformant în reţelele electrice 7
2. Stadiul actual al instituţiilor de învăţământ preuniversitar la nivel naţional şi internaţional – consumatori de energie electrică 9
   2.1. Descrierea instituţiilor 9
   2.2. Caracteristici comune legate de consumatorii de energie electrică 9
   2.3. Procent din consumul total de energie al instituţiilor publice din ţară 10
   2.4. Regimul deformant al echipamentelor din reţeaua electrică a unui beneficiar 11
   2.5. Consumatori uzuali din reţeaua electrică a unui beneficiar 11
3. Monitorizarea şi analiza parametrilor electrici la o instituţie de învăţământ preunivesitar 12
   3.1. Tipuri de laboratoare 12
   3.2. Prezentarea instalaţiei electrice 12
   3.3. Tipuri de consumatori 13
   3.4. Descrierea aparatului cu care s-au făcut măsurătorile 13
   3.5. Rezultatele măsurătorilor efectuate 14
   3.6. Monitorizarea unor tipuri de consumatori utilizaţi 24
4. Modelarea caracteristicilor tensiune-curent u(i) pentru o unitate de învăţământ preuniversitar 25
   4.1. Prezentare algoritmi numerici de modelare a caracteristicilor unui consumator 25
      4.1.1. Modelul polinomial 25
      4.1.2. Modelarea polinomială în MATLAB 26
   4.2. Modelarea polinomială a caracteristicii u(i) pentru o sală de clasă 27
      4.2.1. Modelarea polinomială pentru intervalul 1 28
   4.3. Modelarea polinomială a caracteristicii u(i) pentru corpul A al unitaţii de învăţământ preuniversitar 33
5. Eficientizarea consumurilor specifice şi posibilitatea utilizării surselor regenerabile de energie 35
   5.1. Eficientizarea consumurilor specifice 35
   5.2. Calculul şi analiza eco-financiară ale utilizării unui sistem fotovoltaic 37
6. Concluzii, contribuţii originale şi direcţii de dezvoltare 44
Bibliografie selectivă 47

INTRODUCERE

Un deziderat al societăţii noastre, şi nu mă refer doar la România, este eficientizarea consumului de energie electrică şi creşterea procentului de utilizare a energiei verzi. Acest fapt poate fi realizat datorită cercetărilor efectuate asupra unor subiecţi reprezentativi din diferite zone ale economiei.

În România şcolile sunt unele dintre cele mai numeroase, reprezentând circa 25% dintre instituţiile publice consumatoare de energie electrică. De aceea am ales ca subiect de studiu pentru această lucrare o instituţie de învăţământ preuniversitar, Liceul Tehnologic "Goga Ionescu" Titu - Dâmboviţa, iar rezultatele obţinute în urma acestei cercetării, pot aduce beneficii majore întregii societăţi.

Lucrarea a fost structurată astfel:

Capitolul 1 – prezintă organizaţiile internaţionale şi naţionale ce concep şi stabilesc standarde de calitate ale energiei electrice ce reglementează calitatea serviciului de distribuţie a energiei în reţelele electrice publice, stabilind indicatori de performanţă, aplicabili în relaţiile comerciale dintre operatorii de distribuţie şi consumatorii conectaţi la RED (reţea electrică de distribuţie)**.**

Capitolul 2 – prezintă stadiul actual al instituţiilor de învăţământ preuniversitar la nivel naţional şi internaţional, consumatori de energie electrică existenţi în sălile de clasă, laboratoare, în sistemele de încălzire şi iluminat, precum si regimul deformant al acestora în reţeaua electrică a beneficiarului.

Capitolul 3 – prezintă monitorizarea şi analiza parametrilor energiei electrice, realizate pe baza datelor obţinute de la un sistem de achiziţii de date montat la Liceul Tehnologic "Goga Ionescu" Titu – Dâmboviţa, pe care l-am ales pentru această cercetare.

Capitolul 4 – prezintă modelarea şi eficientizarea energetică a unui consumator de tip şcoală, folosind o aplicaţie în mediul de programare Matlab-

Simulink, elaborându-se algoritmi numerici evoluaţi pentru modelarea polinomiala a caracteristicii U(I) pe mai multe intervale orare semnificative, atât pentru o sală de clasă, cât şi pentru întreg corp A al liceului.

Capitolul 5 – prezintă eficientizarea consumurilor specifice studiului de caz ales, cât şi posibilitatea utilizării surselor de energie regenerabilă, în cazul nostru a unui generator fotovoltaic on-grid de 10 kW, a cărui simulare am realizat-o cu aplicaţia BlueSol, dar şi analiza eco-financiară a utilizarii unui astfel de sistem fotovoltaic.

Capitolul 6 – prezintă concluziile acestui studiu ce cercetare, contribuţiile originale cât şi direcţiile de dezvoltare viitoare.

La final sunt prezentate : o bibliografie selectivă, lucrările ştiinţifice realizate pe parcursul cercetării doctorale, cât şi curriculum vitae al autorului.

1. PARAMETRII DE CALITATE A ENERGIEI ELECTRICE, STANDARDE NAŢIONALE ŞI INTERNAŢIONALE

1.1.Istoric

În 1999 a fost prezentat primul document elaborat de International Electrotechnical Commission (IEC), privind monitorizarea calităţii energiei electrice, a cărui structură, ce respectă tradiţia instituţiei, cuprinzând:

1. Standardele, normativele ce definesc parametrii perturbaţiilor din sistemul energetic
2. Anexele informative privind modul de monitorizare a reţelei de energie electrică

Câteva dintre standardele şi reglementările internaţionale din domeniul calităţii energiei electrice ce se referă la perturbaţiile electromagnetice sunt:

- IEEE 519/1992 recomandă limitele nivelurilor armonicilor admise în punctele de conexiune dintre furnizor şi consumator.
- EN 50160/2010 se referă la limitele şi toleranţele admise ale parametrilor tensiunii electrice din sistemele publice de distribuţie a energiei electrice.
- Familia de standarde IEC 61000 se referă în detaliu la compatibilitatea electromagnetică:

Organizaţia naţională ce concepe şi stabileşte standarde de calitate ale energiei electrice este Institutul Român de Standardizare (ASRO) ce elaborează norme în domeniul electric prin Autoritatea Naţională de Reglementare Energetic (ANRE).

Câteva dintre standardele şi reglementările existente din domeniile compatibilităţii electromagnetice şi a calităţii energiei electrice, ce au fost armonizate cu cele europene sunt:

- NTE 012/14/00 - normativ pentru diminuarea fluctuaţiilor de tensiune şi efectului de flicker în reţelele de transport şi distribuţie.
- Ordinul 45/2006 – regulament pentru stabilirea modalităţii de racordare a consumatorilor la reţelele electrice publice
- PE 143 2008 – normativ pentru limitarea regimului nesimetric şi deformant în reţelele electrice

1.2.Standardul de performanţă pentru serviciul de distribuţie a energiei electrice

Acesta reglementează calitatea serviciului de distribuţie a energiei în reţelele electrice publice, stabilind indicatori de performanţă, aplicabili în relaţiile comerciale dintre operatorii de distribuţie şi consumatorii conectaţi la RED (reţea electrică de distribuţie).

Pentru a putea fi conectat la RED, consumatorul trebuie să indeplinească cumulativ condiţiile:

a. instalaţiile electrice proprii au tensiunea nominală alternativă cuprinsă între 230V şi 110kV şi frecvenţa nominală de 50Hz.
b. datorită modului de funcţionare, aceste instalaţii nu introduc perturbaţii inacceptabile după normativele în vigoare, care să afecteze funcţionarea normală a RED sau a altor consumatori din zona respectivă.
c. sunt respectate condiţiile contractuale de distribuţie/furnizare.

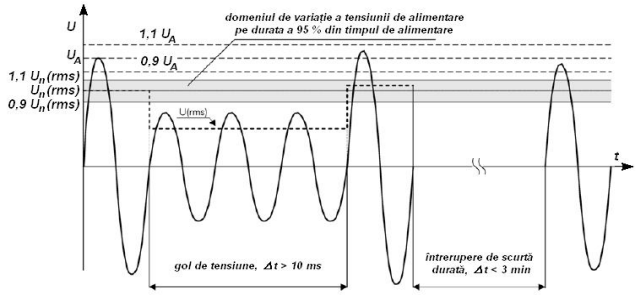
Într-un nod al reţelei electrice, gradul de calitate al energiei, poate fi descris de:

- Calitatea tensiunii, prin încadrarea în limitele impuse.
- Calitatea frecvenţei, încadrarea în limitele impuse.
- Gradul de simetrie al reţelei trifazate (tensiune/curent).
- Abaterea de la forma sinusoidă a tensiunii şi curentului.

Indicatorii de performanţă ai serviciului de distribuţie pentru energie electrică privesc:

- continuitatea alimentării beneficiarilor cu energia electrică contractată prezentate în figura 1.2.1.

Figura 1.2.1 – Tipuri de tensiuni cu caracteristicile ei: golul şi întreruperea



- calitatea tehnică din RED a energiei.
- calitatea comercială a energiei electrice contractate

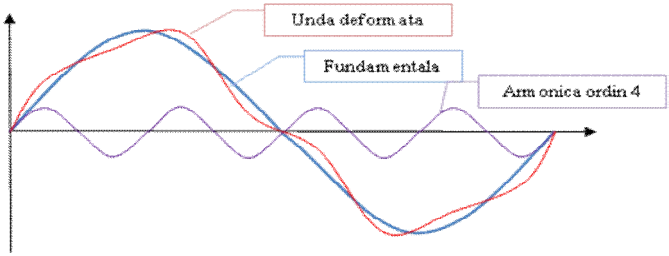
1.3. Limitarea regimului nesimetric şi deformant în reţelele electrice

Teoretic atât curentul cât şi tensiunea dintr-o reţea electrică au forma sinusoidală. În realitate, datorită curenţilor nesinusoidali din reţeaua electrică, unda tensiunii se deformează.

Astfel, efectul comportamentului curentului din reţea asupra tensiunii se poate descrie:

- pentru un curent liniar, prin suprapunerea efectelor elementare obţinem efectul asupra tensiunii
- pentru curenţii nesinusoidali, prin descompunerea lor în serie Fourier, ce se descrie ca o sumă de unde sinusoide: prima (fundamentală) pentru frecvenţa de 50Hz, iar următoarele sunt multiple ale fundamentalei, acestea numindu-se armonici fiind prezentate in figura 1.3.1.

Figura 1.3.1 – Deformarea undei sinusoidale de armonica 4



Spectrul undei periodice deformate conţine frecvenţe armonice ce sunt caracteristice naturii distorsiunii, iar unda fundamentală corespunde frecvenţei reţelei electrice.

Nivelurile de compatibilitate electromagnetică standardizate ce limitează emisiile şi imunitatea dispozitivelor alimentate din aceeaşi reţea electrică, ce nu trebuie să scadă sub 95% pentru tot sistemul energetic, sunt prezentate în figura 1.3.2, iar în figura 1.3.3 pentru un PCC din ansamblul sistemului.

Figura 1.3.2 – Nivelul de compatibilitate electromagnetică pentru intreg sistemul

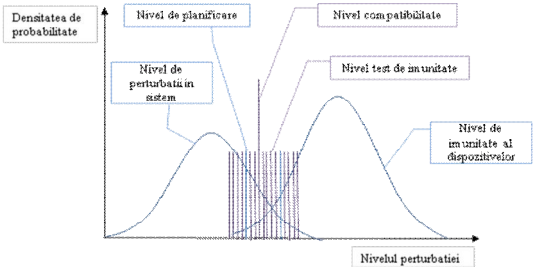
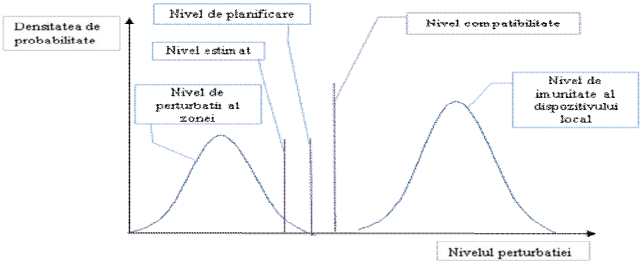


Figura 1.3.3 – Nivelul de compatibilitate electromagnetică pentru un PCC din sistem



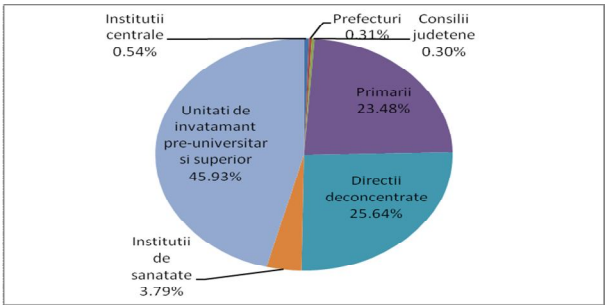
2. STADIUL ACTUAL AL INSTITUŢIILOR DE ÎNVĂŢĂMÂNT PREUNIVERSITAR LA NIVEL NAŢIONAL ŞI INTERNAŢIONAL

2.1.Descrierea instituţiilor

Conform legii 121/2014 ce transpune Directiva 2012/27/UE a Parlamentului European în ce priveşte eficienţa energetică, ţelul strategic al fiecărei ţări în privinţa politicii energetice naţionale este siguranţa alimentării cu energie printr-o dezvoltare durabilă şi competitivă, dar cu economisirea resurselor energetice primare, a reducerii noxelor cu efect de seră.

În figura 2.1.1 poate fi văzută distribuţia instituţiilor publice din România, fiecărei categorii de instituţie din totalul de 13,572 unităţi bugetare, observându-se ponderea mare a instituţiilor din educaţie.

Figura 2.1.1 – Distribuţia instituţiilor publice din România



Conform datelor funizate de Institutul Naţional de Statistică (INS) la nivelul anului 2016, distribuţia zonală în sistemul educaţional românesc nu este omogenă, mai ales învăţământul liceal şi cel universitar, fiind mai concentrată în zona urbană.

2.2.Caracteristici comune legate de consumatorii de energie electrica

Indiferent că este şcoală, spital sau administraţie financiară, în orice instituţie a statului găsim practic aceeaşi consumatori.

Acestea funcţionează corect dacă tensiunea de alimentare a lor este cât mai aproape de tensiunea nominală.

Pentru sursele de iluminat cu descărcare în gaz, tensiunea de alimentare influenţează foarte puţin fluxul luminos.

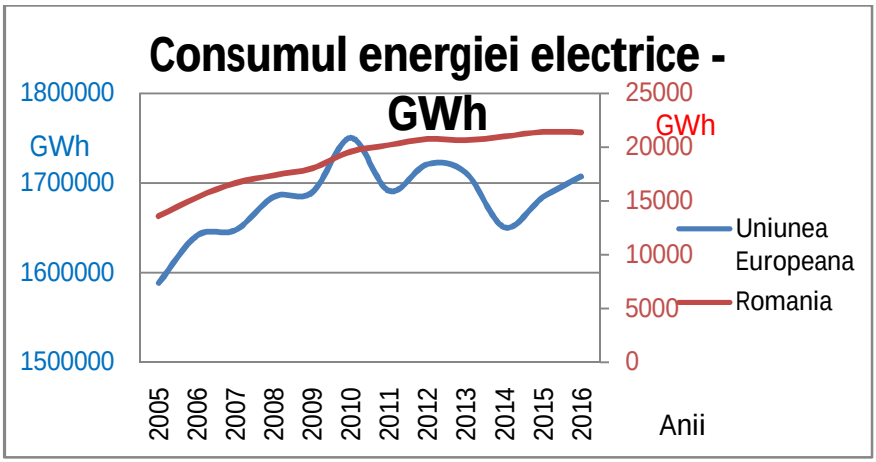
În realitate nu variază doar un singur parametru al tensiunii de alimentare, situaţia devenind mai complexă în funcţie de numărul acestora ce variază simultan. După ce analizăm în detaliu influenţa fiecărui parametru, putem suprapune rezultatele obţinute, având astfel o estimare a efectelor totale asupra funcţionării echipamentelor din reţeua electrică.

2.3.Procent din consumul total de energie al instituţiilor publice din ţară

Consumul energiei electrice este direct proporţional cu nivelul de dezvoltare al industriei, al nivelului de trai a populaţiei unei ţări. Astfel, într-o economie dezvoltată, preţul energiei electrice este mult mai ridicat în comparaţie cu o ţară a cărei economie se bazează mai puţin pe industrie.

O comparaţie a consumului de energie electrică dintre nivelul mediu al Uniunii Europene şi cel din ţara noastră, se poate studia figura 2.3.1

Figura 2.3.1 – Consumul energiei electrice pentru consumatori



2.4.Regimul deformant al echipamentelor din reţeaua electrică a unui beneficiar

Într-un PCC, beneficiarii energiei electrice, în speţă instituţiile de învăţământ, pot introduce în RED perturbaţii, datorită echipamentelor ce constituie sarcini neliniare care generează curenţi armonici.

Expunerea echipamentelor dintr-o reţea la un regim deformant armonic poate avea diferite urmări, cum ar fi:

- $THD \leq 5\% \rightarrow$ de cele mai multe ori nu apar probleme
- $5\% \leq THD \leq 7\% \rightarrow$ există posibilitatea apariţiei unor efecte negative la echipamente foarte sensibile
- $7\% \leq THD \leq 10\% \rightarrow$ există posibilitatea apariţiei unor probleme şi la echipamente robuste
- $10\% \leq THD \rightarrow$ cu siguranţă apar efecte negative

2.5.Consumatori uzuali din reţeaua electrică a unui beneficiar

Ca studiu de caz am ales din Liceul Tehnologic "Goga Ionescu" Titu - Dâmboviţa, corpul A în care sunt instalaţi consumatorii cu puterile active declarate de către producători, precizate în tabelul 2.5.1:

Tabelul 2.5.1 – Consumatorii din corpul A şi puterile lor active

CONSUMATORI	**PARTER**		**ETAJ 1**		**ETAJ 2**	
	Buc	**Consum**	**Buc**	**Consum**	**Buc**	**Consum**
Laptop 45W	26	1170W				
Computer 600W	1	600W	2	1200W		
Multifuncţională 400W	3	1200W				
Videoproiector 300W	1	300W				
Tub fluorescent 18W	32	576W	46	828W	44	792W
Tub fluorescent 36W	10	360W	10	360W	8	288W
Neon 250W			1	250W		
Pompă 70W	4	280W				
Pompă 380W	2	760W				
Pompă 1020W	1	1020W				
Centrală Keston C55 262W	6	1572W				
Total		**7838W**		**2638W**		**1080W**
TOTAL CORP A						**11556W**

3. MONITORIZAREA ŞI ANALIZA PARAMETRILOR ENERGIEI ELECTRICE LA O INSTITUŢIE DE ÎNVĂŢĂMÂNT PREUNIVESITAR

3.1. Tipuri de laboratoare caracteristice şcolii românesti

Din datele funizate de Institutul Naţional de Statistică (INS) la nivelul anului 2017, se pot observa câteva caraceristici ale învăţământul preuniversitar din sistemul educaţional românesc, în special din judeţul Dâmboviţa oraşul Titu, unde se află Liceul Tehnologic 'Goga Ionescu' pe care l-am ales pentru acest studiu de cercetare.

Astfel se poate vedea în tabelul 3.1.1, o clasificare a laboratoarelor şcolare după nivelul de educaţie.

Tabelul 3.1.1 – Distribuţia laboratoarelor şcolare pe niveluri de educaţie

Niveluri de instruire	Judeţe	Localităţi	Anul 2017
			UM: Număr
Învăţământ primar şi gimnazial (inclusiv învăţământul special)	TOTAL	TOTAL	8168
-	Dâmboviţa	TOTAL	201
-	-	Titu	6
Învăţământ liceal	TOTAL	TOTAL	8036
-	Dâmboviţa	TOTAL	170
-	-	Titu	11
Învăţământ profesional	TOTAL	TOTAL	143
Învăţământ postliceal şi de maiştri	TOTAL	TOTAL	400
-	Dâmboviţa	TOTAL	8

3.2. Prezentarea instalaţiei electrice

Instalaţia electrica al acestui corp de clădire, este formată dintr-un tablou general de distribuţie aflat în partea exterioară a peretelui parterului, la care sunt

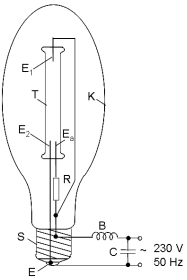
conectate celelalte trei tablouri, unul pe fiecare nivel, situate pe interiorul peretelui casei scării.

3.3. Tipuri de consumatori

Pentru iluminat s-au utilizat două tipuri de lămpi fluorescente:

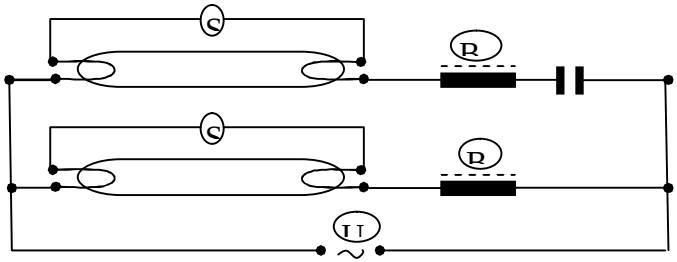
- Pentru exterior lampa cu vapori de mercur de înaltă presiune de 250W, montată la nivelul etajului II conform schemei electrice din figura 3.3.1

Figura 3.3.1 – Schema electrică de montaj a unei lămpi cu descărcare în vapori de mercur de înaltă presiune



- Pentru interior lampa fluorescentă de joasă presiune de 18 W şi respectiv 36 W, conform schemei electrice din figura 3.3.2

Figura 3.3.2 – Schema electrică de montaj "duo" a unei lămpi fluorescente de joasă presiune



3.4. Descrierea aparatului cu care s-au făcut măsuratorile

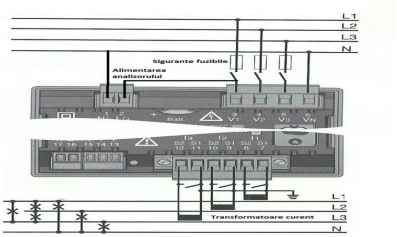
Măsuratorile au fost făcute cu analizorul de energie electrică UMG 96RM produs de Janitza şi comercializat în România de Alfa Energ, care pune la

dispoziţie o aplicaţie numită ‘GridVis’, ce dă posibilitatea de transfer a datelor memorate în aparate, prelucrarea şi respectiv afişarea lor sub forma unor grafice.

Cu ajutorul transformatoarelor de curent produse de Lumel LCTS 93/30SC 250A/5A se reduce proporţional curentul de cel mult 250A din reţeaua electrică la valoarea de maxim 5A ce poate fi utilizată de analizor.

Conexiunile dintre elementele de circuit ce compun aparatul, dar şi conectarea acestuia la reţeaua de energie electrică au fost făcute conform schemei electrice prezentată în figura 3.4.1.

Figura 3.4.1 – Schema electrică a aparatului de măsură



3.5.Rezultatele măsuratorilor efectuate

Condiţiile meteo, în care s-au făcut măsuratorile din perioada 17 – 23 octombrie 2019, sunt afişate în tabelul 3.5.1 şi reprezintă un factor de influenţă important al consumului de energie electrică, alaturi de durata nopţii dată de ora la care Soarele răsare (07:38), respectiv apune (18:21), cât şi de programul de funcţionare al liceului cuprins între orele 08:00 şi 20:00.

Valorile tensiunilor efective pentru cele 3 faze sunt prezentate în figurile 3.5.1-3.5.3.

Ştiind că limitele standardizate pentru tensiunea contractuală U_c sunt de ± 10 % faţă de tensiunea nominală U_n= 230V sunt U_i= 207V respectiv U_s= 253V, se observă că tensiunea, în ceea mai mare parte a ei, se află în zona apropiată de limita superioară pe toate cele trei linii de tensiune.

Figura 3.5.1 – Linia 1

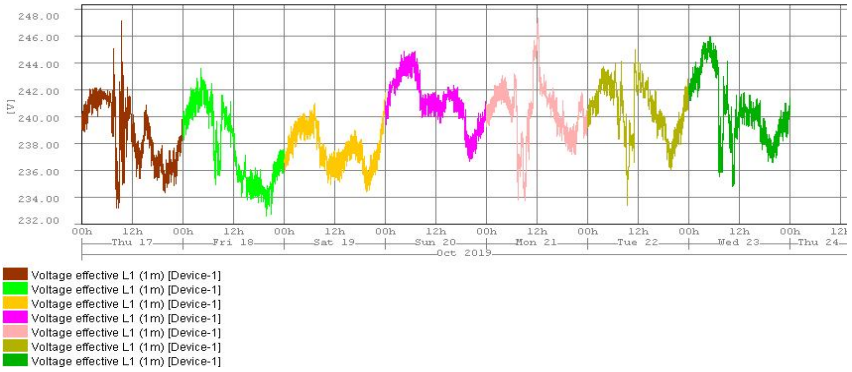


Figura 3.5.2 – Linia 2

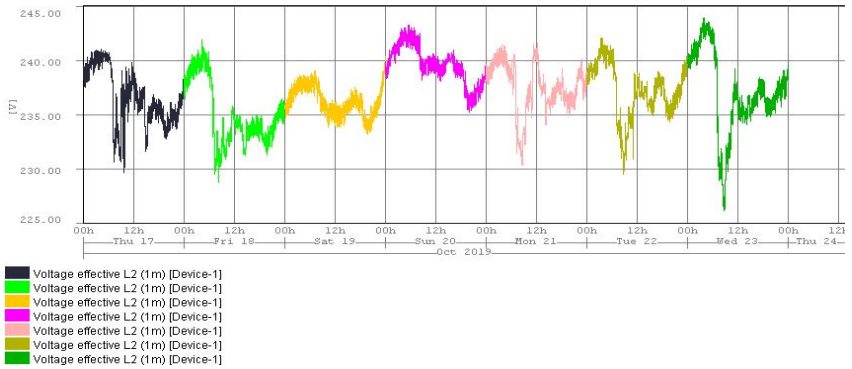
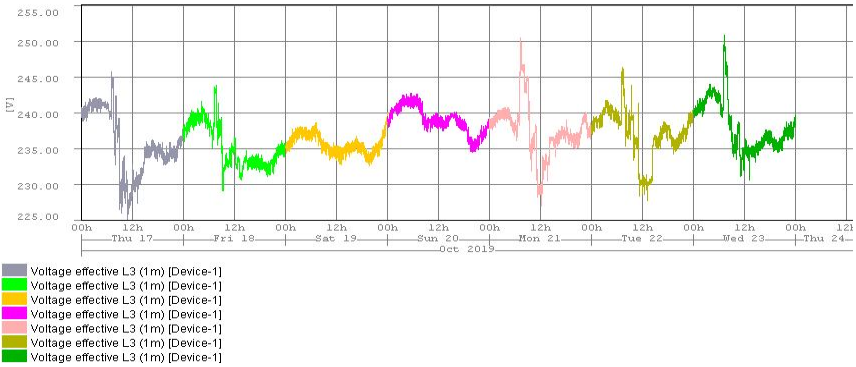


Figura 3.5.3 – Linia 3



Valorile curenţilor pentru cele 3 linii sunt prezentate în figurile 3.5.4-3.5.6.

Se pot observa diferenţe mari de curent absorbit din reţea:

i) pe linia 1 (L1) se ajunge la un consum de maxim 9A într-o perioadă a zilei cuprinsă între orele 7-14, iar în restul zilei consumul este zero;

ii) pe L2 consumul este la un maxim mediu de 4.5A/zi, cu excepţia de joi, când în perioada 9.30-10.00 apare o creştere ce ajunge până la 14A;

iii) pe L3 consumul ajunge la maxim 9,7A în perioada 7-12, scăzând apoi la aproximativ 4A până la ora 14, iar în restul perioadei din cele 24 de ore consumul este de câteva sute de mA.

Dezechilibrul dintre cele trei linii se datorează încărcării lor defectuoase, cu consumatori de puteri instalate mult diferite.

Figura 3.5.4 – Linia 1

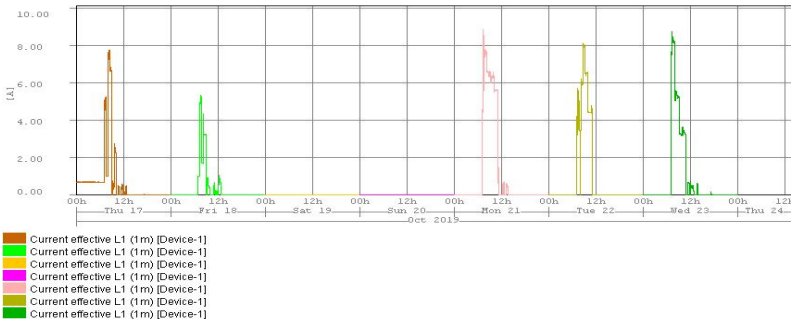


Figura 3.5.5 – Linia 2

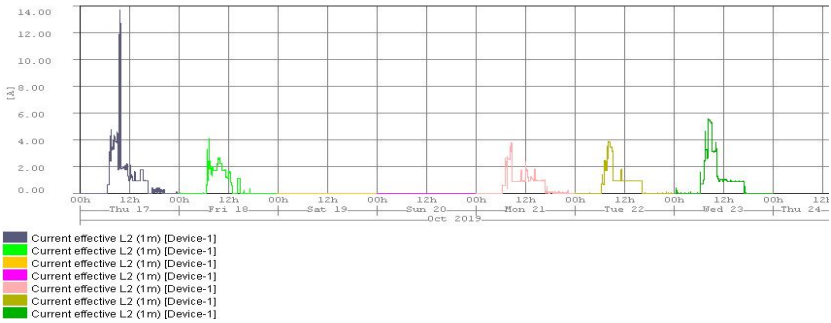
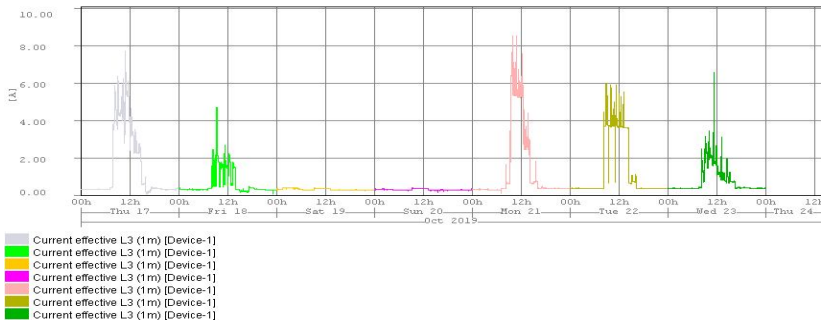


Figura 3.5.6 – Linia 3



Puterile active, reactive şi aparente pe linia 1 sunt prezentate în figurile 3.5.7-3.5.9.

Se observă ca puterile absorbite de la reţea au valorile limită astfel:

i) puterea activă nu depăşeşte 1.3 kW, cea reactivă este mai mică de 1.7kVAR

ii) cea aparentă nu trece de 2.1 kVA, în perioada zilei 7-14

iii) în restul perioadei din cele 24 de ore consumul celor 3 puteri este zero.

Figura 3.5.7 – Puterea activă Linia 1

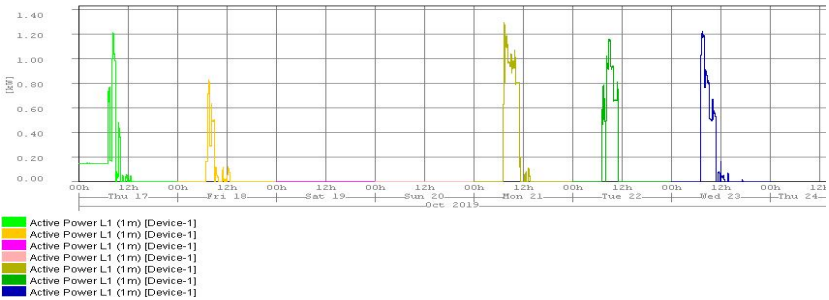


Figura 3.5.8 – Puterea reactivă Linia 1

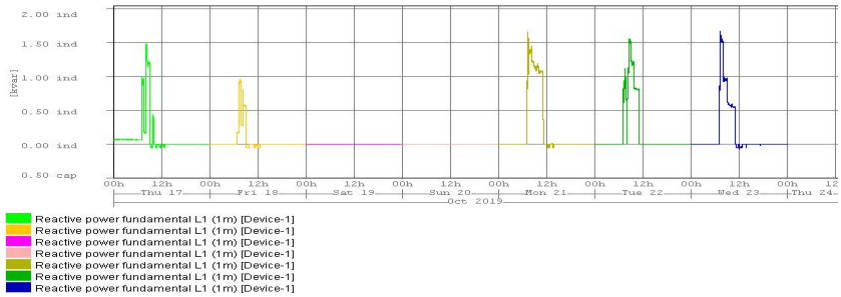
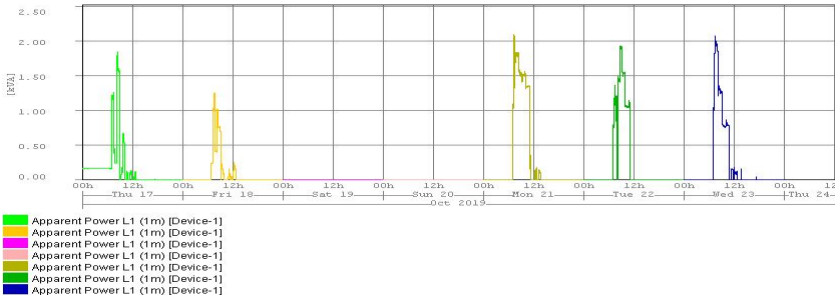


Figura 3.5.9 – Puterea aparentă Linia 1



Factorul de putere măsurat pe un interval de timp *n* (intervalul de timp la care a fost setat aparatul a fost de 1 minut) pentru fiecare fază *i*, şi este prezentat în figurile 3.5.10-3.5.12, pentru toate cele trei linii.

Observăm că factorul de putere pentru:

i) L1 în perioada orară 7-11 este cuprins între 0.6-0.9, apoi variază puternic scăzând la 0.3 până la ora 13:30, restul perioadei de 24 de ore şi în weekend fiind zero.

ii) L2 factorul de putere din perioada orară 6-16 este cuprins între 0.6 şi 0.99, iar între orele 16-6 din zilele lucrătoare el se află între 0 şi 0.4, iar în weekend este zero.

iii) L3 factorul de putere are valorile astfel: în weekend situându-se între 0.05 şi 0.35, în perioada orară 7:30-12 are valori între 0.7 şi 0.99, apoi scade treptat la aproximativ 0.25.

Figura 3.5.10 – Linia 1

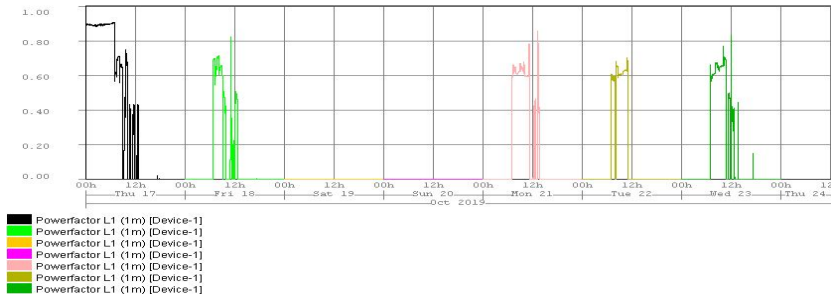


Figura 3.5.11 – Linia 2

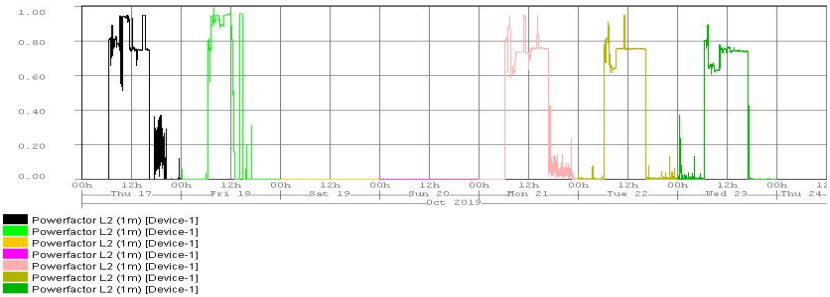
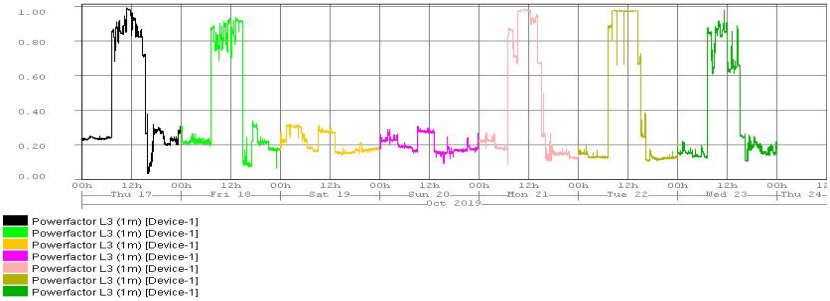


Figura 3.5.12 – Linia 3



Factorul total de distorsiune al tensiunii măsurate pe un interval de timp N (intervalul de timp la care a fost setat aparatul a fost de 1 minut) pentru cele 3 linii este prezentat respectiv în figurile 3.5.13-3.5.15.

Observăm în cele trei grafice că distribuţia factorului total de distorsiune al tensiunii este asemănătoare, procentul aflându-se în intervalul 0.64% (excepţie făcând linia 3 la care procentul minim este de 0.94%) şi 1.92%.

Figura 3.5.13 – Linia 1

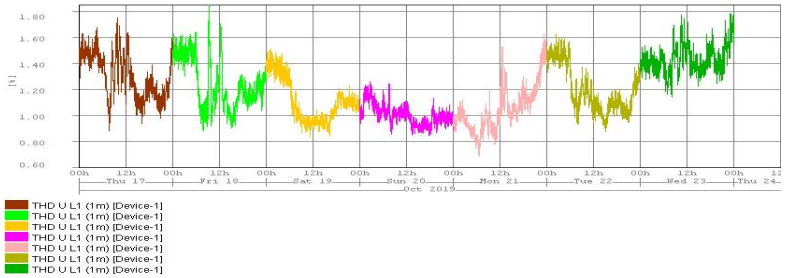


Figura 3.5.14 – Linia 2

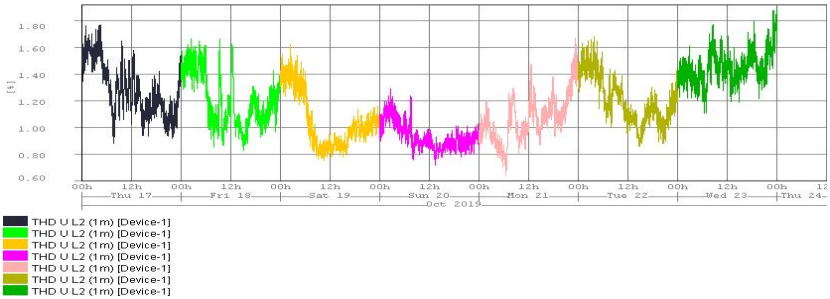
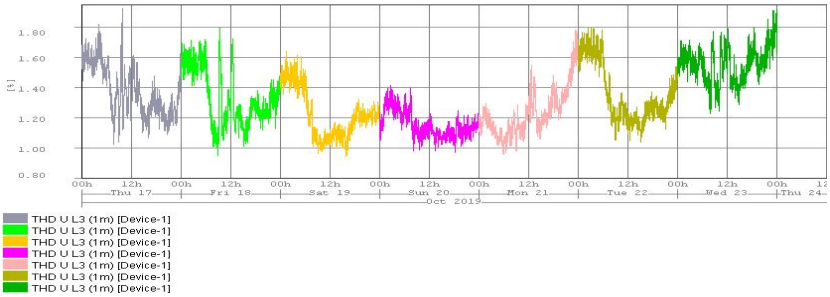


Figura 3.5.15 – Linia 3



Factorul total de distorsiune al curentului măsurat pe un interval de timp N (intervalul de timp la care a fost setat aparatul a fost de 1 minut) pentru cele 3 linii este prezentat respectiv în figurile 3.5.16-3.5.18.

Observăm diferenţe de distribuţie orară a THD_I pe cele trei faze ale reţelei astfel:

i) pe L1 se ajunge la un procent aproximativ 10% în perioada zilei 7-10:30, cu salturi de până la 154% cuprinse între 30'-1h în intervalul 10:30-14, restul zilei şi în weekend procentul situându-se la 100%.

ii) pe L2 procentul este în intervalul 100-146% între orele 15:30-6:30 din zilele lucrătoare, iar în perioada orara din zi rămasă apar scăderi, procentul ajungând între 7-60%, iar în weekend se situează la 100%.

iii) pe L3 procentul este între 6-65% în perioada orară 7-15 din zilele lucrătoare, ajungând apoi într-un interval 55-110% în restul din cele 24 de ore, excepţia reprezentând-o ziua de vineri între orele 7-18 când procentul se află între 30-

110%. Weekend-ul este caracterizat de un interval al procentelor cuprins între 51% şi 100% al THD_I.

Figura 3.5.16 – Linia 1

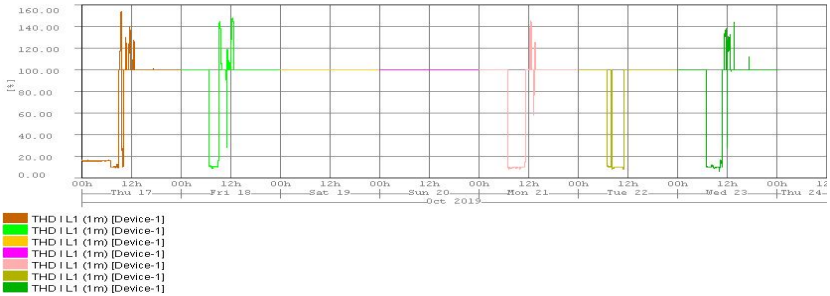


Figura 3.5.17 – Linia 2

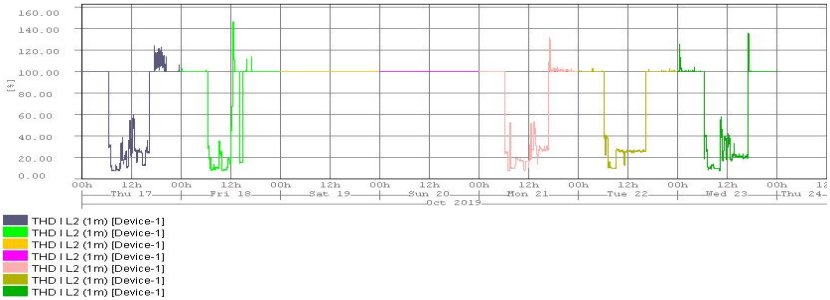
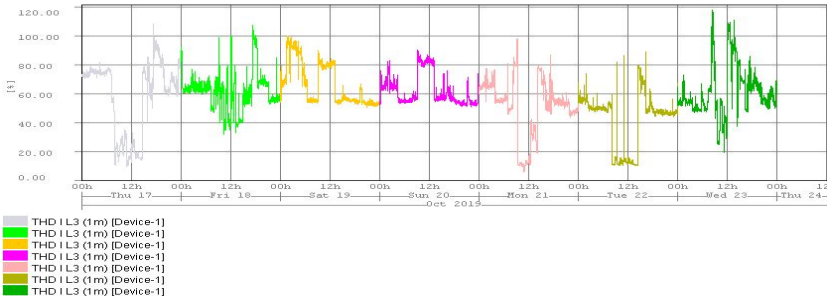


Figura 3.5.18 – Linia 3



Valorile procentuale ale armonicelor curentului pentru cele 3 linii sunt prezentate în figurile 3.5.19-3.5.21:

Figura 3.5.19 – Linia 1

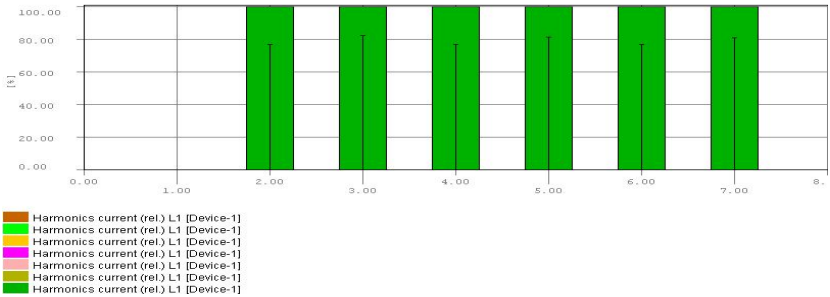


Figura 3.5.20 – Linia 2

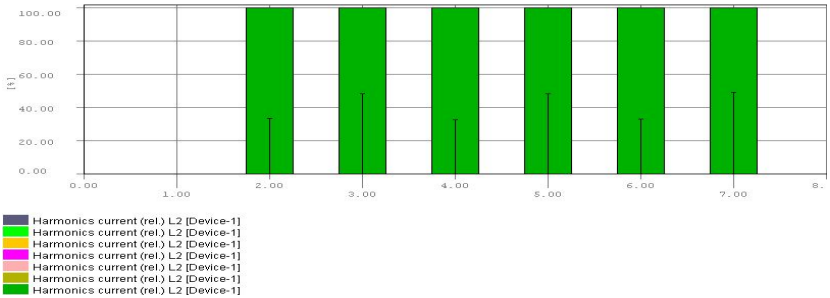
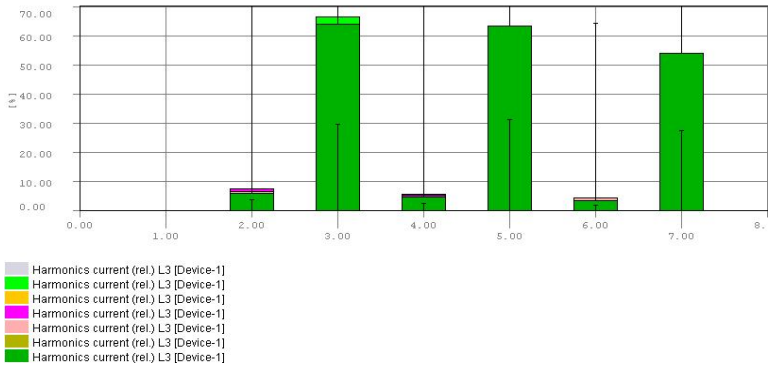


Figura 3.5.21 – Linia 3



Valorile procentuale ale armonicelor tensiunii electrice pentru cele 3 linii sunt prezentate în figurile 3.5.23-3.5.25:

O sinteză a celor prezentate se poate vedea în figura 3.5.22.

Figura 3.5.22 – Armonicele de tensiune

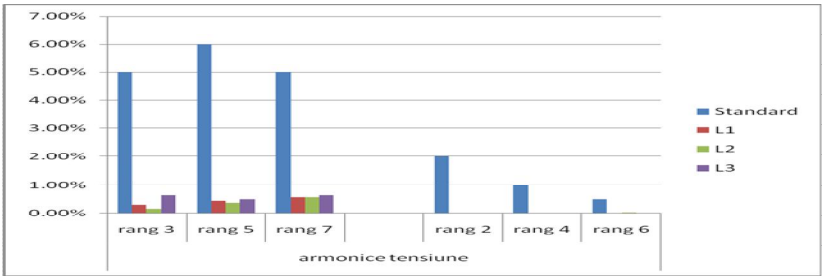


Figura 3.5.23 – Linia 1

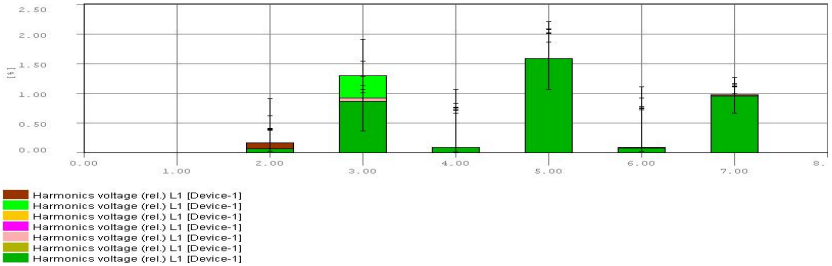


Figura 3.5.24 – Linia 2

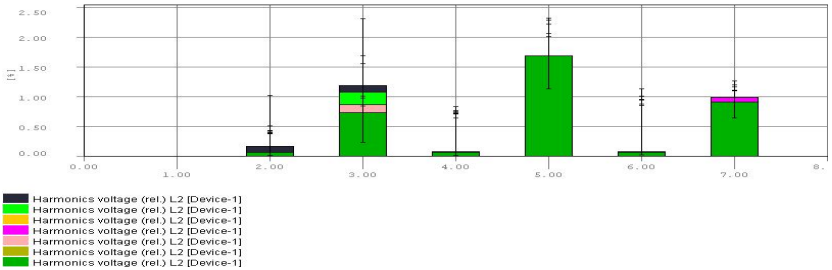
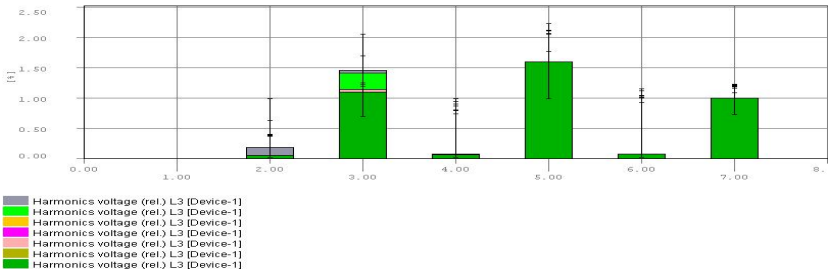


Figura 3.5.25 – Linia 3



3.6.Monitorizarea unor tipuri de consumatori utilizaţi.

Comportamentul real al unei lămpi fluorescente de înaltă presiune are parametrii electrici rezultaţi în urma măsurătorilor efectuate în data de 2 octombrie 2019 (miercurea), în intervalul orar $13^{55} – 14^{15}$.

Se poate observa evoluţia acestora astfel:

- curentul absorbit este de aproximativ 0.53A, excepţie făcând curentul de amorsare ce a atins o valoare de 1.2A
- puterea activă este de 98W, cu saltul de început la 114W ceea ce înseamnă că factorul de putere cosφ este pozitiv, adică defazajul φ dintre tensiune şi curent este în cadranul I)
- puterea reactivă inductivă este de 63VAR, cu saltul de început la 232VAR
- puterea aparentă este de 124VA, cu saltul de început la 264VA
- THD_U are valori procentuale între 1.43% şi 1.53%
- THD_I are valori procentuale 16% la pornirea lămpii şi de aproximativ 32.7% în timpul funcţionării acesteia
- TDD are valori procentuale 0.12% la pornirea lămpii şi de aproximativ 0.1% în timpul funcţionării acesteia
- armonicele de curent impare (3, 5, 7) au valorile medii (există mai multe valori medii pentru că: se calculează media valorilor măsurate într-o perioadă de 1 minut care se preia din modul de funcţionare al aparatului) ce depăşesc cu mult cei 4% recomandaţi, iar armonicele de rang par (2, 4, 6) au şi ele valorile medii şi cele maxime mai mari de 1%.
- cea de rang 6 are valoarea medie 101.39% armonicele de tensiune de rang impar (3, 5, 7) au valorile medii şi maxime ce se încadrează în norme. Cele de rang par (2, 4, 6) au valorile medii şi maxime încadrate în norme.

4. MODELAREA CARACTERISTICILOR TENSIUNE-CURENT U(I) PENTRU O UNITATE DE ÎNVĂŢĂMÂNT PREUNIVERSITAR

4.1.Prezentare algoritmi numerici de modelare a caracteristicilor unui consumator

Datorită consumatorilor din reţeaua beneficiarilor, apar curenţi nesinusoidali ce deformează unda tensiunii, ce se poate analiza prin descompunerea lor în serie Fourier, ce se descrie ca o sumă de unde sinusoidale: prima (fundamentală) pentru frecvenţa de 50Hz, iar următoarele sunt multiple ale fundamentalei.

Pentru un semnal nesinusoidal ce are perioada T, frecvenţa este f=1/T şi pulsaţia este ω=2πf, există seria Fourier dată de relaţiile (1)-(4):

$$s(t) = a_0 + \sum_{h=1}^{\infty}[a_h \cos(h\omega t) + b_h \sin(h\omega t)] \quad (1)$$

unde:

$$a_0 = \frac{1}{T}\int_0^T s(t)dt \quad (2)$$

iar pentru h≥1, termenii:

$$a_h = \frac{2}{T}\int_0^T s(t)\cos(h\omega t)\,dt \quad (3)$$

$$b_h = \frac{2}{T}\int_0^T s(t)\sin(h\omega t)\,dt \quad (4)$$

4.1.1. Modelul polinomial

Un model polinomial este cel de regresie ce foloseşte o variabilă predictivă *X*, având forma:

$$Y = a_nX^n + a_{n-1}X^{n-1} + ... + a_1X + a_0 \quad (5)$$

Condiţiile optime pentru determinarea unui polinom sunt:

- alegerea gradului optim *n*
- calculul coeficienţilor polinomului

În urma cercetărilor s-a ajuns la concluzia că parametrii statistici ce pot fi folosiţi pentru evaluarea formei de undă a unei funcţii polinomiale, sunt urmatorii:

- *R-Square* (R-Pătrat)= indicator de performanţă ce arată cum variaţia datelor măsurate se potriveşte cu graficul trasat cu ajutorul funcţiei polinomiale.
- *Ajusted R-Square* (R-Pătrat ajustat)= indicator de performanţă folosit în comparaţia a două modele apropiate, a cărui valoare ar trebui să tindă spre 1.
- *Root mean squared error - RMSE* (Rădăcina medie pătrată a erorii)= indicator de performanţă ce arată eroarea standard a regresiei polinomiale
- *The sum of squares due to error - SSE* (Suma pătratelor datorită erorilor)= indicator de performanţă ce arată diferenţa dintre datele măsurate şi modelul construit pentru estimarea lor.

4.1.2. Modelarea polinomială în MATLAB

Matrix Laboratory (MATLAB) este o aplicaţie dezvoltată de compania MathWorks specializată în crearea de software de calcul matematic, utilizată în calcul numeric şi analiză statistică. Aceasta integrează mai multe programe conectate între ele pentru: analiza numerică, calcul matriceal, reprezentări grafice, procesări de semnale şi crearea de interfeţe.

Câteva exemple din cele mai utilizate funcţii pentru regresia polinomială sunt:

- *polyvalm* – funcţie polinomială cu argument într-o matrice pătrata
- *polyval* – funcţie ce evaluează un polinom
- *polyfit* – funcţie polinomială ce întoarce numărul coeficienţilor polinomului şi structura matricei folosite de alte funcţii, cum ar fi cea precedentă.

4.2.Modelarea polinomială a caracteristicii *u(i)* pentru o sală de clasă

Deoarece în respectiva sală de clasă nu mai există şi alţi consumatori de energie electrică, în figura 4.2.1 şi 4.2.2 putem vizualiza tensiunile de alimentare şi curenţii electrici consumaţi de către corpurile de iluminat, monitorizate în data de 07.02.2018 între orele 09^{30} – 15^{00}, cu observaţia că între orele 11^{25} – 12^{05} acestea nu au funcţionat.

Figura 4.2.1 – Tensiunea de alimentare a tuburilor fluorescente din sala de clasă

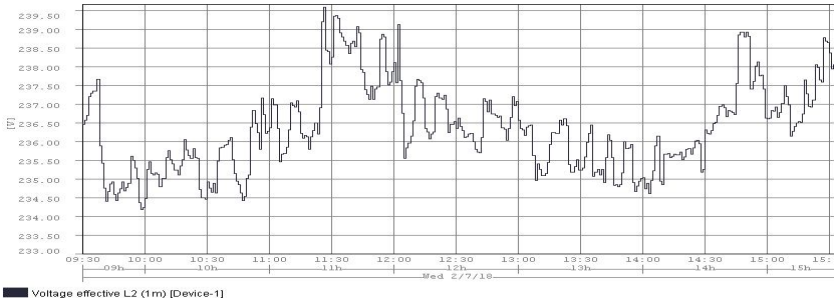
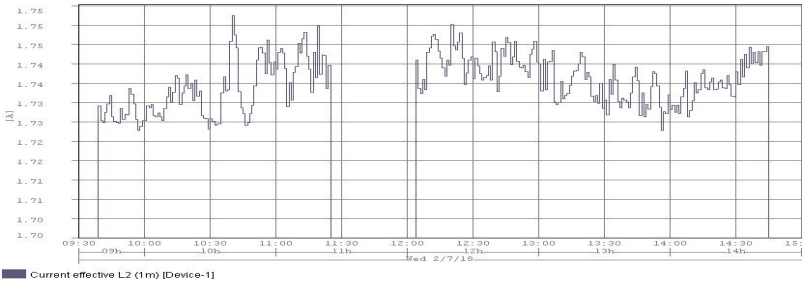


Figura 4.2.2 – Curentul electric consumat de tuburile fluorescente din sala de clasă



Analizând datele achiziţionate, am identificat 6 intervale a câte 15 minute fiecare, dintre care:

- ✓ *intervalul 1* – cuprins între orele 09^{45} – 10^{00}, în care se află U_{min}.
- ✓ *intervalul 3* – cuprins între orele 10^{30} – 10^{45}, în care apare un comportament de reţea dezechilibrata.
- ✓ *intervalul 5* – cuprins între orele 12^{20} – 12^{35}, în care se află I_{max}.

4.2.1. Modelarea polinomială pentru intervalul 1

După cum am amintit anterior, intervalul 1 este cuprins între orele 09^{45} – 10^{00}, în care se poate observa tensiunea minima. În tabelul 4.2.1.1 se pot observa datele achiziţionate utilizate la generarea graficelor din figurile ce vor urma.

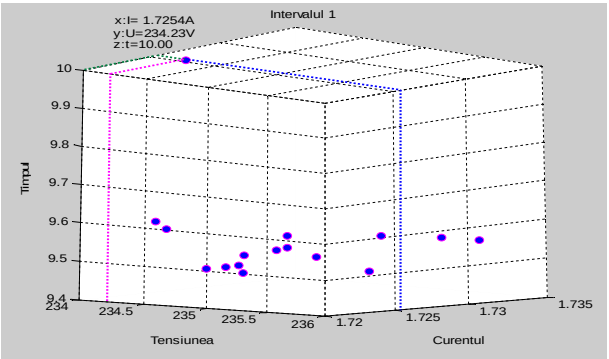
Tabelul 4.2.1.1 – Valorile datelor achiziţionate (U_2, I_2, t) pe linia 2

Tensiunea	Curentul	Intervalul orar
234.9303	1.731907	9.45
234.5928	1.72627	9.46
234.4328	1.725152	9.47
234.6227	1.724818	9.48
234.7422	1.724636	9.49
234.9323	1.72844	9.50
234.6772	1.725637	9.51
234.7756	1.727041	9.52

Tensiunea	Curentul	Intervalul orar
234.8808	1.726824	9.53
235.614	1.73365	9.54
235.4941	1.73218	9.55
235.3046	1.729701	9.56
235.0274	1.725599	9.57
234.3665	1.722847	9.58
234.1784	1.723859	9.59
234.2316	1.725413	10.00

Astfel, în figura 4.2.1.1 sunt reprezentate punctele corespunzătoare valorilor din tabelul 4.2.1.1 cu ajutorul funcţiei *plot3(I2,U2,t)* din librăria Matlab.

Figura 4.2.1.1 – Graficul 3D (U_2,I_2,t)



În acest sens din biblioteca Matlab se utilizează funcţia *polyfit*, iar funcţiile polinomiale utilizate la determinarea dependenţei tensiunii în funcţie de

curent U(I), sunt descrise în tabelul 4.2.1.2. Determinarea caracteristicii U(I) cu cea mai bună acurateţe se face în funcţie de parametri statistici calculaţi pentru fiecare funcţie polinomială în parte, fiind prezentaţi în tabelul 4.2.1.3 după gradul respectivelor funcţii.

Tabelul 4.2.1.2 – Funcţiile polinomiale

Funcţia	**Gradul Funcţiei**
f(x) = p1*x + p2 Coefficients (with 95% confidence bounds): p1 = 112.4 (73.2, 151.7) p2 = 40.6 (-27.19, 108.4)	Liniară
f(x) = p1*x^2 + p2*x + p3 Coefficients (with 95% confidence bounds): p1 = -1586 (-1.605e+004, 1.288e+004) p2 = 5596 (-4.44e+004, 5.559e+004) p3 = -4698 (-4.791e+004, 3.851e+004)	Pătratică
f(x) = p1*x^3 + p2*x^2 + p3*x + p4 Coefficients (with 95% confidence bounds): p1 = 5.042e+005 (-4.413e+006, 5.421e+006) p2 = -2.616e+006 (-2.811e+007, 2.288e+007) p3 = 4.523e+006 (-3.953e+007, 4.857e+007) p4 = -2.607e+006 (-2.798e+007, 2.277e+007)	Cubică
f(x) = p1*x^4 + p2*x^3 + p3*x^2 + p4*x + p5 Coefficients (with 95% confidence bounds): p1 = 6.33e+008 (-1.079e+009, 2.344e+009) p2 = -4.375e+009 (-1.621e+010, 7.456e+009) p3 = 1.134e+010 (-1.933e+010, 4.201e+010) p4 = -1.306e+010 (-4.84e+010, 2.227e+010) p5 = 5.643e+009 (-9.623e+009, 2.091e+010)	4
f(x) = p1*x^5 + p2*x^4 + p3*x^3 + p4*x^2 + p5*x + p6 Coefficients (with 95% confidence bounds): p1 = 8.702e+010 (-6.581e+011, 8.321e+011) p2 = -7.513e+011 (-7.19e+012, 5.687e+012) p3 = 2.595e+012 (-1.966e+013, 2.485e+013) p4 = -4.481e+012 (-4.294e+013, 3.398e+013) p5 = 3.868e+012 (-2.937e+013, 3.71e+013) p6 = -1.336e+012 (-1.282e+013, 1.015e+013)	5
f(x) = p1*x^6 + p2*x^5 + p3*x^4 + p4*x^3 + p5*x^2 + p6*x + p7 Coefficients (with 95% confidence bounds): p1 = -4.046e+011 (-2.094e+012, 1.285e+012)	6

p2 = 4.314e+012 (-1.327e+013, 2.19e+013) p3 = -1.915e+013 (-9.554e+013, 5.724e+013) p4 = 4.53e+013 (-1.321e+014, 2.227e+014) p5 = -6.023e+013 (-2.925e+014, 1.72e+014) p6 = 4.269e+013 (-1.198e+014, 2.051e+014) p7 = -1.26e+013 (-6.003e+013, 3.484e+013)	

Tabelul 4.2.1.3 – Parametrii statistici ai funcţiilor polinomiale

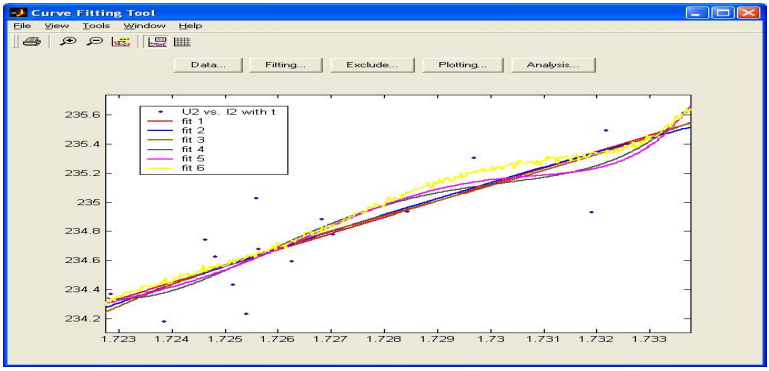
Gradul funcţiei polinomiale	R-Pătrat	R-Pătrat ajustat	RMSE	SSE
Liniară	0.7295	0.7102	0.6969	6.799
Pătratică	0.7307	0.6893	0.7216	6.77
Cubică	0.7318	0.6648	0.7495	6.742
4	0.747	0.655	0.7603	6.359
5	0.7487	0.623	0.7948	6.318
6	0.7195	0.5324	0.8852	7.052

Se poate observa ca:

- R-square cel mai aproape de 1 al modelului ales este de 0.7487 (polinomul de gradul 5), rezultând ca graficul polinomial se potriveşte în proporţie de aproximativ 75% cu variaţia datelor măsurate. Aceasta se datoreaza faptului ca s-au folosit date achiziţionate în timp real, fără ca acestea sa mai fie prelucrate ulterior.
- Adjusted R-square cel mai aproape de 1 al modelului ales este de 0.7102 (polinomul de gradul 1), rezultând o aproximare mai bună a datelor măsurate.
- RMSE cel mai aproape de 0 al modelului ales este de 0.6969 (polinomul de gradul 1), rezultând o eroare standard mai mică a regresiei polinomiale, deci o potrivire mai bună a modelului cu datele achiziţionate.
- SSE cel mai mic al modelului ales este de 6.318 (polinomul de gradul 5), rezultând cea mai mică diferenţa dintre date şi model, deci cea mai bună potrivire dintre model şi datele achiziţionate.

Deci am putea concluziona, pe baza datelor prezentate, că funcţia polinomială de gradul 5 este cea mai potrivită.

Figura 4.2.1.2 – Modelarea caracteristicii U(I) folosind funcţia *cftool(I2,U2,t)*



Pentru modelarea efectuată în figura 4.2.1.2 s-a ales un interval de încredere de 95% pentru coeficienţii polinoamelor.

Pentru o analiză mai precisă, s-a efectuat şi histograma reziduală, erorile acesteia fiind aleatorii.

În figurile 4.2.1.3 – 4.2.1.8 se poate vedea modul cum au evoluat erorile reziduale relative pentru polinoamele de gradul 1 până la gradul 6, utilizate în model, numai pentru acest interval.

Figura 4.2.1.3 – Histograma rezidurilor pentru funcţia polinomială U(I) gradul 1

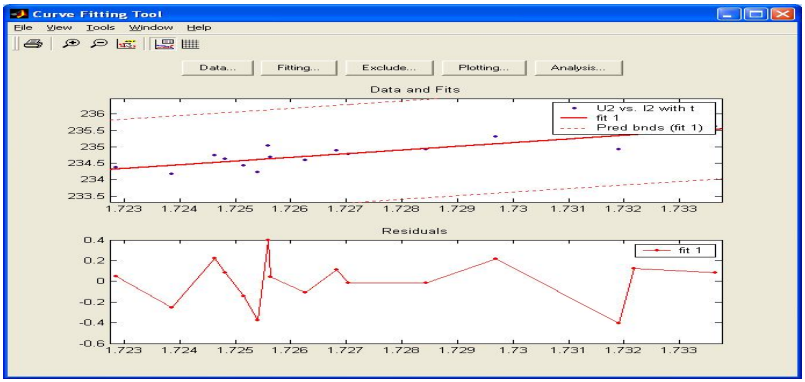


Figura 4.2.1.4 – Histograma rezidurilor pentru funcţia polinomială U(I) gradul 2

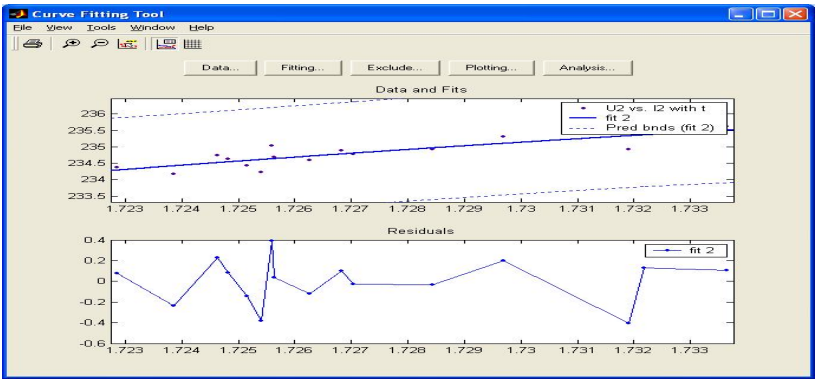


Figura 4.2.1.5 – Histograma rezidurilor pentru funcţia polinomială U(I) gradul 3

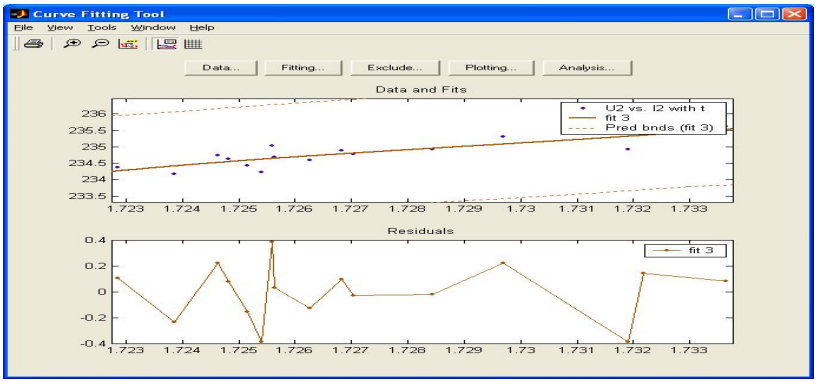


Figura 4.2.1.6 – Histograma rezidurilor pentru funcţia polinomială U(I) gradul 4

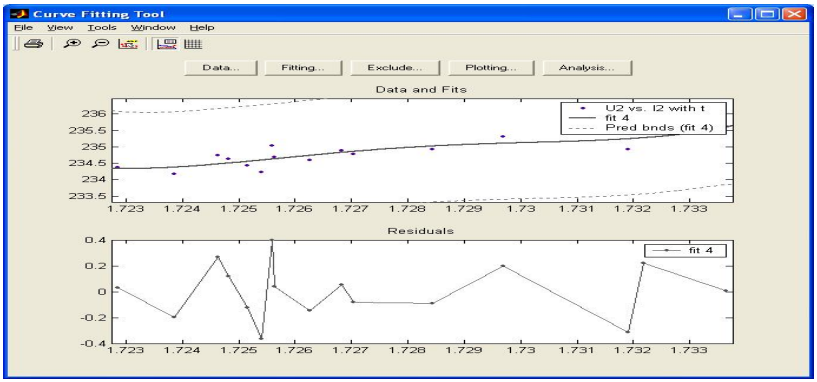


Figura 4.2.1.7 – Histograma rezidurilor pentru funcţia polinomială U(I) gradul 5

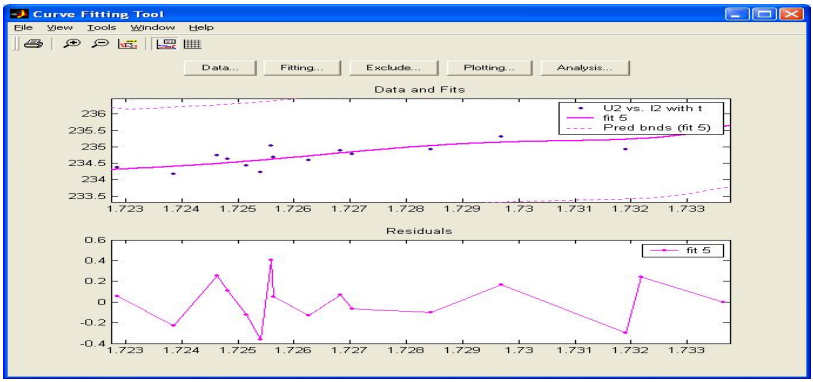
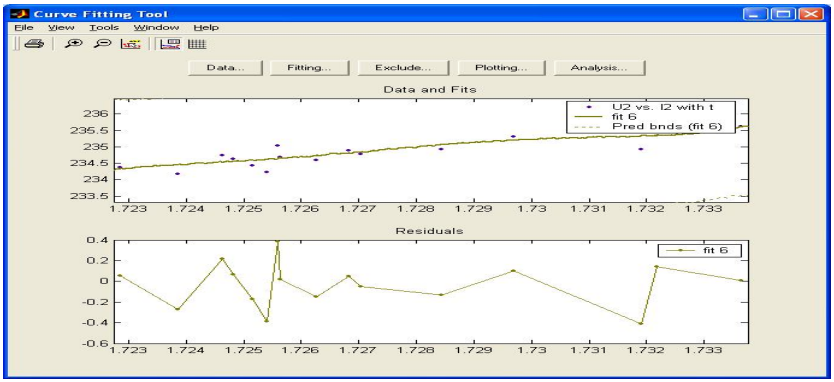


Figura 4.2.1.8 – Histograma rezidurilor pentru funcţia polinomială U(I) gradul 6



4.3.Modelarea polinomială a caracteristicii *u(i)* pentru corpul A al unităţii de învăţământ preuniversitar

Deoarece în respectivul corp al unităţii de învăţământ, ca de altfel în orice clădire, publică sau privată, nu există certitudinea că într-un anumit interval de timp, toţi consumatori de energie electrică instalaţi sunt activi, am ales totuşi pentru modelare intervalul orar 06^{00} – 12^{00} din ziua de joi 18.01.2018, în care sunt monitorizate toate cele trei linii: L1, L2 şi L3..

Condiţiile meteo, în care s-au făcut măsuratorile din perioada amintită, sunt: temperatura efectivă zi/noapte este de 9^0C/-2^0C, temperatura medie a acestei

zile fiind de 1^0C ziua şi -7^0C noaptea, şi sunt un factor de influenţă important al consumului de energie electrică, alaturi de durata nopţii, când Soarele răsare la ora 07:47, şi apune la ora 17:06, cât şi de programul de funcţionare al liceului cuprins între orele 08:00 şi 20:00.

Analizând datele achiziţionate am identificat 15 intervale a câte 15 minute fiecare, dintre care:

L1:

- ✓ *intervalul 2* – cuprins între orele $07^{45} – 08^{00}$, în care se află I_{max}.
- ✓ *intervalul 4* – cuprins între orele $11^{05} – 11^{20}$, în care se află U dezechilibrat.

L2:

- ✓ *intervalul 6* – cuprins între orele $07^{15} – 07^{30}$, în care se află U_{min}.
- ✓ *intervalul 8* – cuprins între orele $08^{10} – 08^{25}$, în care se află I_{max}.

L3:

- ✓ *intervalul 12* – cuprins între orele $08^{05} – 08^{20}$, în care se află I_{max}.
- ✓ *intervalul 14* – cuprins între orele $10^{20} – 10^{35}$, în care se află U dezechilibrat

Deoarece o funcţie polinomială nu garantează creşterea calităţii rezultatului proporţional cu mărirea ordinului acesteia, după generarea celor 6 funcţii, acestea vor fi evaluate, aflând astfel cea mai bună aproximare – ‚best fit'.

5. EFICIENTIZAREA CONSUMURILOR SPECIFICE ŞI POSIBILITATEA UTILIZĂRII SURSELOR REGENERABILE DE ENERGIE

Deoarece am ajuns în momentul recunoaşterii crizei surselor convenţionale de producere a energiei, la nivel global se caut alternative ale acestora, orientându-ne în special pe producerea de energie „verde", dar şi pe micşorarea consumului de energie, şi nu în ultimul rând utilizarea de materiale ce au un impact cât mai redus asupra mediului înconjurător.

5.1.Eficientizarea consumurilor specifice

Ajungem astfel la scopul acestei lucrări, de a prezenta câteva soluţii de eficientizare a consumurile specifice, rezultate în urma cercetării efectuate:

Înlocuirea corpurilor de iluminat formate din tuburi fluorescente cu descărcare în gaze de joasă sau înaltă presiune, cu becuri LED, ce ar duce la o reducere cu până la 50% a consumului de energie electrică, dar şi cu un ciclu de viaţă ridicat şi mult mai prietenoase cu mediul.

Să luăm de exemplu acest corp A al Liceului Tehnologic "Goga Ionescu" din Titu – Dâmboviţa în care vom înlocui corpurile de iluminat afişate în tabelul 5.1.1 cu cele economice din tabelul 5.1.2, având ca criteriu fluxul luminos exprimat în lumeni.

Tabelul 5.1.1 – Corpurile de iluminat din corpul A şi puterile lor active

CONSUMATORI	**PARTER**		**ETAJ 1**		**ETAJ 2**	
	Buc	**Consum**	**Buc**	**Consum**	**Buc**	**Consum**
Tub fluorescent 18W - 1350lm (A)	32	576W	46	828W	44	792W
Tub fluorescent 36W - 3350lm (A)	10	360W	10	360W	8	288W
Neon 250W – 4900lm			1	250W		
Total		**936W**		**1438W**		**1080W**
TOTAL CORP A						**3454W**

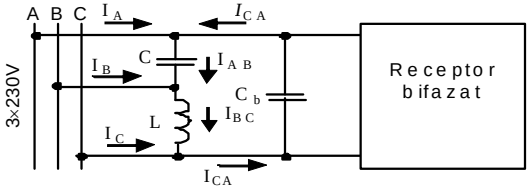
Tabelul 5.1.2 – Becuri economice propuse pentru corpul A şi puterile lor active

CONSUMATORI	**PARTER**		**ETAJ 1**		**ETAJ 2**	
	Buc	**Consum**	**Buc**	**Consum**	**Buc**	**Consum**
Bec LED filament 10W – 1400lm	32	320W	46	460W	44	440W
Bec LED 28W – 3450lm	10	280W	10	280W	8	224W
Bec LED 48W – 4200lm			1	48W		
Total		**600W**		**788W**		**664W**
TOTAL CORP A						**2052W**

Observăm că numai din înlocuirea consumatorilor de iluminat se poate face o economie a energiei consumate de 1402 W/h, reprezentând 40.59% din cea utilizată de consumatorii de iluminat folosiţi în respectiva clădire.

O altă metodă ar fi introducerea în circuit de condensatoare cu rol de micşorare a puterii reactive inductive, aducându-se astfel factorul de putere între limitele impuse de normative. Un exemplu de schemă de simetrizare folosind elemente reactive suplimentare este ilustrat în figura 5.1.1.

Figura 5.1.1 – Simetrizarea reţelei cu elemente reactive suplimentare



Unde formulele (6) pot fi utilizate în calculul valorilor celor trei elemente reactive:

$$L = \frac{\sqrt{3} \cdot U_N^2}{\omega \cdot P}; \qquad C = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot \omega \cdot U_N^2}; \qquad C_q = \frac{P \cdot \tan \varphi}{\omega \cdot U_N^2} \qquad (6)$$

Se mai poate face reducerea dezechilibrului dintre liniile reţelei electrice, prin redistribuirea consumatorilor pe cele trei linii, astfel încât indiferent de perioada anului şi de momentul unei zile, încărcarea celor trei linii să fie echilibrată.

5.2.Calculul şi analiza eco-financiară ale utilizării unui sistem fotovoltaic

Folosind aplicaţia de simulare a sistemelor fotovoltaice BlueSol Design am creat un model al sistemului fotovoltaic prezentat anterior în care am utilizat urmatoarele componente ce au caracteristicile, dar şi condiţiile de montaj, prezentate în figura 5.2.1, respectiv în tabelul 5.2.1:

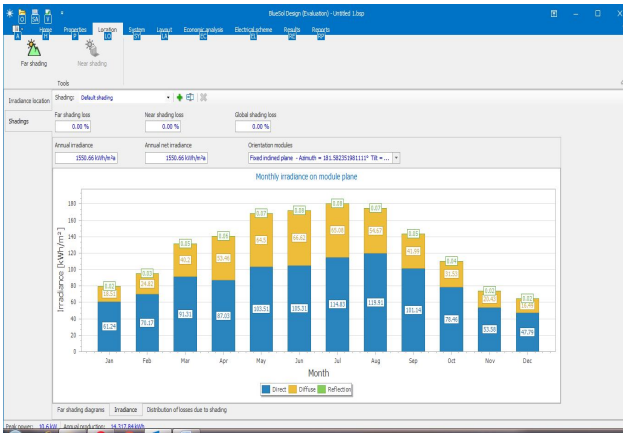


Figura 5.2.1 Date ale radiaţiei solare în zona experimentului

TABELUL 5.2.1 DATE TEHNICE ALE PANOURILOR FOTOVOLTAICE PRELUATE DIN APLICAŢIA BLUESOL

Construction data of the modules	
Manufacturer	AU Optronics Corporation
Model	GreenTriplex PM250M00 265W
Tecnology	Si-Mono
Nominal power	265.00 W
Tollerance	3.00%
Open circuit voltage (Voc)	38.10 V
Voltage at maximum power (Vmpp)	31.00 V
Short circuit current (Isc)	8.84 A
Current at maximum power (Impp)	8.58 A
Area	1.64 m²
Efficiency	16.2%

Observăm că puterea nominală a sistemului fotovoltaic este de 10.6 kW, iar tensiunea nominală 400 V, fiind de tip on grid având avantajul costurilor mai

scăzute faţă de off grid, deoarece lipsesc acumulatoarele din sistem, acestea având un preţ ridicat cât şi costuri de întreţinere, ce este conectat la sistemul de distribuţie trifazic.

Acesta a fost amplasat pe un alt corp de clădire din incinta liceului format din P+2Et având aproximativ 10 m înălţime, deoarece în jurul acestuia nu sunt obstacole ce ar putea obstrucţiona lumina pe parcursul zilei. Un alt motiv de alegere a acestui corp, a fost geometria acoperişului, acesta fiind orizontală cu o suprafaţă de aproximativ 560 m^2, faţă de corpul A pe care s-a făcut studiul al cărui acoperiş este format din planuri înclinate, ce produc umbre pe suprafaţa sudică a acestuia, micşorând astfel perioada zilei în care este radiaţie directă pe planul sudic al respectivului acoperiş.

Datele referitoare la locul de instalare al generatorului de furnizare a energiei electrice, utilizate în aplicaţia BlueSol sunt pezentate în tabelul 5.2.2:

TABELUL 5.2.2 DATE REFERITOARE LA LOCAŢIA INSTALĂRII SISTEMULUI FOTOVOLTAIC PRELUATE DIN APLICAŢIA BLUESOL

Datele locaţiei	
Locaţie	Titu
Latitudine	44.64º
Longitudine	25.59º
Altitudine	140 metri
Temperatura maximă	27.77 ºC
Temperatura minimă	-4.25 ºC
Radiaţia globală pe suprafaţa plană	1,346.85 kWh/m²
Pierdere radiaţie luminoasă	20%

În acest caz, generatorul fotovoltaic foloseşte configuraţia serie-paralelă şi va fi împărţit în 2 şiruri de module conectate în serie, prezentând o singură expunere, unghiul de înclinare şi unghiul de azimut fiind egale pentru toate modulele PV, şi anume:

Azimut: 181.582351981111°

Înclinare: 30°

Se poate calcula medie anuala a radiaţiei zilnice conform formulei (7):

$$X_{Zm} = (SUM(X_{Zl1} ... X_{Zl12})/12)*365 \quad (7)$$

rezultând pentru radiaţia zilnică difuză o valoare de 532.9 kWh/m^2, iar pentru cea directă valoarea de 813.95 kWh/m^2. Din suma celor două va rezulta valoarea radiaţiei zilnice globale anuale de 1346.85 kWh/m^2.

De altfel putem calcula şi energia produsă de sistem anual ($E_{p,y}$) folosind formula (8):

$$E_{p,y} = P_{nom} * I_{rr} * (1\text{-pierderi}) = 14317.84 \text{ kWh} \quad (8)$$

unde:

P_{nom}= puterea nominală a sistemului: 10.6 kW

I_{rr}= radiaţia anuală pe suprafaţa modulelor: 1550.66 kWh/m^2

pierderi= de putere: 12.89%

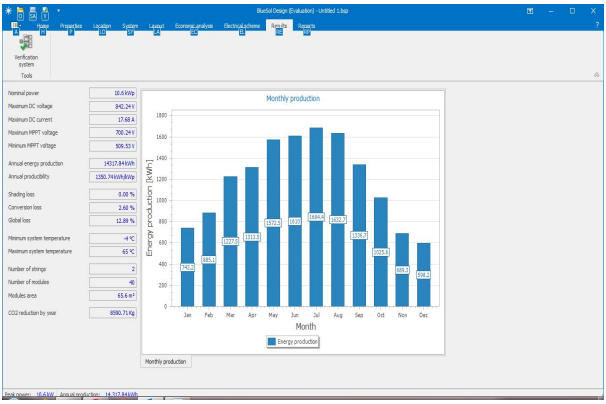


Figura 5.2.2 Producţia lunară de energie a sistemului fotovoltaic

Astfel, rezultă o previziune a producţiei de energie a sistemului fotovoltaic pe parcursul unui an, vizibilă în figura 5.2.2, cu un maxim de 1684 kW/h vara, şi un minim de 598 kW/h iarna, rezultând o reducere a CO_2 într-un an cu 8590.71 kg.

Analiza Ciclului De Viaţă

Este necesară această analiză pentru a scoate în evidenţă impactul asupra mediului a sistemului fotovoltaic prezentat anterior, prin evaluarea energiei,

materialelor utilizate în fabricarea acestuia, cât şi a poluării mediului înconjurător pe parcursul funcţionării acestuia.

De aceea se analizează micşorarea dioxidului de carbon (CO_2) din atmosferă difuzat de către sistemul fotovoltaic pe durata de viaţă a acestuia, utilizând ecuaţia (9) propusă:

$$CO_2 = (E_a \times T - E_{in}) \times \frac{1}{1 - L_a} \times \frac{1}{1 - L_{td}} \times 0.98 \quad (9)$$

unde: CO_2= cantitatea micşorată de dioxid de carbon

E_a= energia anuală generată este de 14317.84 kW/h

T= durata de viaţă este considerată 30 de ani

E_{in}= energia totală încorporată este de 94.616 kW/h

L_a= pierderea din cauza radiaţiei luminoase slabe este de 20%

L_{td}= pierderea din cauza lanţului de distribuţie este de 12.89%

Înlocuind valorile în formula (3), va rezulta cantitatea micşorată de dioxid de carbon pe durata de viaţă a sistemului fotovoltaic propus de aproximativ 604 tone.

O altă analiză a sistemului fotovoltaic am realizat-o cu aplicaţia OpenLCA, ce evaluează impactul acestuia pe parcursul duratei de viaţă, asupra mediului înconjurător, fiind folosită în general în etapa de proiectare a produselor. Prin această metodă se compară efectele produselor şi serviciilor asupra mediului, cuantificând întregul flux de materiale, şi evaluând modul cum acesta afectează mediul ambiant.

Am luat în consideraţie două cazuri:

a. alimentarea cu energie electrică a corpului A al liceului se face din sistemul fotovoltaic propus.
b. alimentarea cu energie electrică a corpului A al liceului se face numai din RD.

În cadrul acestei aplicaţii s-a folosit baza de date *Ecoinvent,* din care am selectat următoarele caracteristici:

- *Processes\Photovoltaic\Power plants* – ales pentru cazul (a), considerându-se energia electrică produsă de generatorul fotovoltaic de aproximativ 14318 kW/h conform formulei (8)
- *Processes\Energy carriers and technologies\Electricity* - ales pentru cazul (b), considerându-se energia electrică luată din RD ca fiind de aproximativ 11169 kW/h conform formulei (10).

Energia electrică anuală medie este:

30.6 kW/h*365 zile= 11169 kW/h (10)

unde valoarea energiei electrice zilnice medii consumate din RD este de 30.6 kW/h conform formulei (11).

$$W_p = \frac{W_{\max} \cdot 0.4 + W_{\min} \cdot 0.6}{2} \quad (11)$$

unde:

W_p= energia electrică ponderată

W_p= energia electrică maximă

W_p= energia electrică minimă

Pentru compararea celor două procese s-a folosit metoda LCIA: *Environmental Footprint (Mid-point indicator)*, ce este utilizată pentru impactul în viitor asupra unor categorii ecologice, dintre care putem vedea în figura 5.2.3.

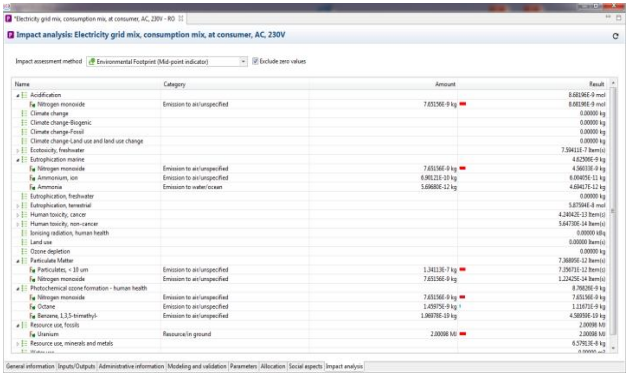


Figura 5.2.3 Metoda LCIA pentru energia consumata din RD

Se poate observa cum energia electrică produsă tradiţional are un impact negativ puternic asupra mediului, pe când aceeaşi indicatori de mediu pentru generatorul fotovoltaic au valoarea zero, scoţând în evidenţă astfel valoarea ecologică de necontestat a modului de producere a energiei electrice „verzi”.

Analiza Costului Ciclului De Viaţă

Această analiză pentru generatorul fotovoltaic propus anterior s-a făcut determinându-se costurile energiei produs de acesta.

În modelarea respectivă, au fost luate în considerare urmatoarele costuri:

- costul investiţiei iniţiale

A fost determinată printr-un studiu de piaţă privind generatoarele fotovoltaice on grid, având ca rezultat un cost mediu de aproximativ 1400 Euro/kW, ce este compus din: costul modulelor compenente şi a materialelor auxiliare, cât şi costul cu instalarea şi punerea in funcţiune.

Astfel, acesta se poate determina folosind formula (12):

$$C_i = C_{PV} * PV_{cap} \quad (12)$$

unde: C_i= costul total al investiţiei în generatorul fotovoltaic

C_{PV}= preţul unitar al generatorului fotovoltaic (Euro/kW)

PV_{cap}= capacitatea totală a generatorului fotovoltaic

- costul funcţionării şi mentenanţei

Deoarece generatorul fotovoltaic nu conţine module acumulatoare de energie electrică, procentul pentru funcţionarea şi mentenanţa acestuia pe o perioada de 15 ani, a fost considerat de 0.1% din investiţia totală, în modelul prezentat anterior în aplicaţia BlueSol, calculul privind actualizarea valorii acesteia făcându-se cu fomula (13).

$$P_M = M * \left(\frac{1+i}{1+d}\right) * \left[\frac{1-\left(\frac{1+i}{1+d}\right)^T}{1-\left(\frac{1+i}{1+d}\right)}\right] \quad (13)$$

unde: P_M= valoarea actuală a funcţionării şi mentenanţei generatorului fotovoltaic

M= costul anual de funcţionare şi mentenanţă exprimat în procente din cheltuielile cu investiţiei

T= durata de viaţă a generatorului fotovoltaic

- costul amortizării

Calculul amortizării acestor cheltuieli pentru generatorul fotovoltaic, s-a facut utilizând formula (14):

$$P_S = S * \left(\frac{1+i}{1+d}\right)^T \quad (14)$$

unde: P_S= valoarea actuală a amortizării generatorului fotovoltaic

S= valoarea de amortizare exprimată în procente, la sfârşitul duratei de viaţă a generatorului fotovoltaic

T= durata de viaţă a generatorului fotovoltaic

Totodată cheltuielile ciclului de viaţă a generatorului fotovoltaic ales sunt calculate după formula (15), utilizând indicii economici determinaţi anterior:

$$LCC = C_i + P_M - P_S \quad (15)$$

Folosind formula (16) putem determina costul anual al generatorului fotovoltaic, ce reprezintă totalitatea cheltuielilor pe durata de viaţă împărţite uniform la numărul de ani din respectivul ciclu notat cu *N*, folosindu-se atât inflaţia cât şi rata de actualizare.

$$UAC = LCC * \left[\frac{1-\left(\frac{1+i}{1+d}\right)^{\square}}{1-\left(\frac{1+i}{1+d}\right)^{N}}\right] \quad (16)$$

Determinarea costului unitar al energiei din generatorul fotovoltaic exprimată în kW/h, s-a făcut utilizând formula (17), luându-se în calcul costul anual aflat anterior şi energia produsă de acesta într-un an.

$$LCOE = \frac{UAC}{E_a} \quad (17)$$

6. CONCLUZII, CONTRIBUŢII ORIGINALE ŞI DIRECŢII DE DEZVOLTARE

La nivelul Uniunii Europene există o preocupare deosebită pentru minimizarea efectelor regimului deformant, îmbunătăţind astfel calitatea energiei electrice. Pentru obţinerea unor rezultate cât mai satisfăcătoare, se recomandă o gestionare mai bună a reţelelor de distribuţie a energiei electrice, o analiză mai profundă a regimului deformant din acestea, cunoaşterea limitărilor sistemului energetic, şi nu în ultimul rând a standardelor în vigoare.

Atunci când calitatea tensiunii de alimentare este deficitară, din punct de vedere economic, apare o cheltuială ascunsă, inutilă, suportată de către beneficiarul energiei electrice, atât în factura emisă de furnizor, cât şi prin reparaţiile defecţiunilor apărute la echipamentele conectate la reţeaua electrică în cauză.

Sarcina supravegherii activităţii furnizorului de energie electrică o are reglementatorul autohton ANRE ce are grijă să existe un echilibru între calitatea energiei electrice furnizate şi preţul acesteia.

Pentru a sublinia impactul unei calităţi deficitare a energiei electrice asupra economiei din Uniunea Europeană, vedem estimările pierderilor de aproximativ 10 miliarde de euro pe an.

Din nefericire, în România în comparaţie cu alte state din Uniunea Europeană, rata de înlocuire a echipamentelor electrice şi electronice este scăzută, depăşind ciclul de viaţă al acestora, existând astfel un potenţial de creştere a eficienţei energetice foarte ridicat.

Analizând parametrii de calitate ai energiei electrice se poate constata urmatoarele:

- dezechilibrul în încărcarea cu consumatori pe cele trei linii. De aceea este necesară echilibrarea lor prin mutarea consumatorilor,

atât din punct de vedere al influenţei lor asupra reţelei, cât şi a perioadelor de consum.

- factorul de putere minim, ce afectează puterea reactivă din reţea, ar trebui asigurat de beneficiar, pentru a nu plăti energia reactivă, este normat la 0.92, dar în realitate el are valori mult mai mici, ajungând până la 0.85.
- corpurile de iluminat formate din tuburi fluorescente cu descărcare în gaze de joasă presiune, chiar dacă au un consum mic de putere activă, cel de putere reactivă depăşeşte normele, nefiind contorizat. De aceea pentru creşterea eficienţei energetice, acestea ar putea fi înlocuite de becuri cu LED, ce ar duce la o reducere cu până la 50% a consumului de energie electrică.

Autorul şi-a adus contribuţia la dezvoltarea acestui domeniu datorită cercetărilor şi experimentelor efectuate, după cum urmează:

- ✓ a fost monitorizată şi analizată calitatea energiei electrice consumate de către corpul de clădire al instituţiei de învăţământ studiate în conformitate cu standardele naţionale din domeniul distribuţiei energiei elecrice.
- ✓ în urma analizei celor trei faze ce alimentează corpul A al instituţiei de învăţământ, s-au elaborat modele matematice atât pentru toată clădirea, cât şi numai pentru o sală de clasă, alegând intervale de timp reprezentative, cu durata unei perioade de 15 minute, în care se găsesc regimuri de funcţionare caracterizate de: tensiuni şi curenţi maximi şi minimi, tensiuni dezechilibrate, consum de curent fluctuant.
- ✓ respectivele regimuri de funcţionare au fost modelate matematic cu ajutorul regresiei polinomiale, utilizând aplicaţia Matlab, cu care s-au generat funcţii polinomiale de la ordinul 1 până la 6, rezultând forme de undă pentru tensinea U în funcţie de curentul I din perioada

analizată, ce se pot compara atât între ele cât şi cu graficul generat de datele măsurate de analizorul UMG 96RM.

- ✓ s-a observat că în majoritatea cazurilor de modelare, funcţia polinomială de ordinul 6 a generat un grafic mai apropiat de cel generat de datele reale.
- ✓ ţinându-se cont de oferta comercială din zonă, s-a exemplificat şi simulat atât eficientizarea consumurilor specifice de energie electrică, cât şi producerea de energie verde folosind panouri fotovoltaice, evidenţiindu-se beneficiile realizării acestora.
- ✓ s-a simulat amplasarea sistemului fotovoltaic on grid utilizând aplicaţia BlueSol Design, modelând sistemul de producere a energiei electrice folosind panourile fotovoltaice exemplificat anterior
- ✓ s-a facut o analiză a costului duratei de viaţă a generatorului fotovoltatic folosind aplicaţia OpenLCA dezvoltată de Green Delta, arătând beneficiile instalării unui astfel de generator într-o instituţie publică, şi impactul acestuia asupra mediului înconjurător.

Direcţii de dezvoltare

Aceste concluzii pot reprezenta punctul de plecare pentru utilizarea "energiei verzi". Beneficiile aduse de acestea vor fi nu numai economice, ci şi ecologice, prin micşorarea consumului de energie produsă prin utilizarea combustibililor fosili, reducând astfel şi emisiile nocive ce poluează mediul.

Pe baza datelor colectate, o mică parte fiind prezentate în acest raport, se poate elabora şi implementa un proiect de generare a energiei electrice de către panourile solare folosind în special fonduri europene sau accesând certificatele verzi, pentru acoperirea unei părţi foarte mari din costuri. Restul cheltuielilor poate fi acoperit din subvenţii guvernamentale şi bugetul local.

BIBLIOGRAFIE

[1] Institutul National de Statistica, http://www.insse.ro/cms/

[2] Autoritatea Naţională de Reglementare în domeniul Energiei, Str. Constantin Nacu 3, 020995 Bucureşti 37, Tel:+(4021) 311 22 44, Fax: +(4021) 312 43 65, http:// www.anre.ro, e-mail: anre@anre.ro

[3] http://www.listainstitutii.ro
[4] http://ec.europa.eu/eurostat
[5] ANRE – National report OdysseeMure 2011-2015
[6] http://www.eurocopper.org

[7] Standardul de performanţă pentru serviciul de distribuţie a energie electrice

[8] Golovanov, N., Macovei, O., Fratila, I. – Monitorizarea energiei electrice

[9] C. Răducanu, R. Pătraşcu – *Evaluarea Eficientei Energetice*, Editura AGIR, Bucuresti 2006

[10] F. D. Martzloff,T. M. Gruzs, "Monitoring Power Quality", in Powertechnics Magazine, 1990.

[11] M. Roşca, "Supravegherea centralizată a calităţii energiei electrice", in A XVI-a conferinţă confort, eficienţă, conservarea energiei şi protecţia mediului Bucureşti.

[12] G. Oprea, H. Andrei, "*Measurement Data Analysis Of Power Quality For Industrial Loads*", IEEEAdvanced Topics in Electrical Engineering - ATEE, 7-9 May, 2015, Bucharest, Romania, paper SIMOP P8, ISSN 2068-7966, indexed by ISI Web of Science

[13] http://www.janitza.de
[14] http://www.alfaenerg.ro
[44] http://www.lumel.com.pl

[15] **Orboiu, S.: „*Consumurile de energie electrică specifice instituţiilor de învăţământ preuniversitar*", Raport de cercetare doctorală, Universitatea Valahia Târgovişte, 2018**

[16] **S. Orboiu, C. Trocan, H. Andrei: „Monitoring system for electrical energy parameters in a romanian pre-university education institution", The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty, 2018, No.18/1, p. 59 - 67, ISSN 2286 – 2455 DOI:** 10.1515/sbeef-2017-0024 **https://www.degruyter.com/view/j/sbeef.2018.18.issue-1/issue-files/sbeef.2018.18.issue-1.xml?rskey=UhQ9yA&rskey=UhQ9yA.**

[17] Veldman, E., Gibescu, M., Slootweg, H., Kling, W. L. – Impact of Electrification of Residential Heating on Loading of Distribution Networks, IEEE, 2011

[18] **Orboiu, S.: *„Monitorizarea şi analiza parametrilor energiei electrice consumate de instituţiile de învăţământ preuniversitar”*, Raport de cercetare doctorală, Universitatea Valahia Târgovişte, 2018**

[19] **H. Andrei, P.C. Andrei, E. Cazacu, Marilena Stanculescu, S. Orboiu: *„Power quality analysis based on a novel nonlinear dependence between parameters of nonsinusoidal regime”*, Proc of IEEE - ISFEE 2018, Bucharest, 1 – 3 November, paper #456-POS6, ISBN 978-1-5386-7213-6, indexat IEEE Explore si ISI-WoS (CA) DOI:** 10.1109/ISFEE.2018.8742456 **https://ieeexplore.ieee.org/document/8742456**

[20] **S. Orboiu, H. Andrei: *„DAQ and power quality analysis of electrical parameters in romanian schools”*, Proc of IEEE-Advanced Topics in Electrical Engineering -ATEE, 2019, ISBN: 978-1-7281-0101-9, ISSN 2159-3604, indexat IEEE Explore si ISI-WoS (CA), DOI:** 10.1109/ATEE.2019.8725011 **https://ieeexplore.ieee.org/document/8725011**

[21] Breaz N., Crăciun M., Gaspar M., Paraschiv-Munteanu I. – Modelare prin Matlab, POSDRU/56/1.2/S/32768, 2011

[22] **Orboiu, S.: *„Modelarea şi optimizarea consumurilor specifice instituţiilor de învăţământ preuniversitar”*, Raport de cercetare doctorală, Universitatea Valahia Târgovişte, 2019**

[23] **S. Orboiu, H. Andrei: *„Modeling of pre-university education units electric energy consumption”*, Proc of IEEE - International Symposium on Electrical and Electronics Engineering - ISEEE, 2019, ISBN: 978-1-7281-2906-8, indexat IEEE Explore**

[24] Sudan M., Tiwari G.N., Energy matrices of the building by incorporating daylight concept for composite climate – An experimental study. Renewable and Sustainable Energy, 2014,6.

[25] Ecoinvent (2007). Preluat de pe Ecoinvent Center: www.ecoinvent.org

[26] EDIP 2003 Methodology. Copenhague: Danish Ministry of Environment.

[27] **S. Orboiu, H. Andrei: *„Analyze of Eco-financial Impact of PV System Integration in Educational Institutions. Case Study in Romania”*, Proc of IEEE - Electronics, Computers and Artificial Intelligence - ECAI, 2020, ISBN: 978-1-7281-6843-2, indexat IEEE Explore**

Curriculum vitae Europass

Informaţii personale

Nume / Prenume	**Orboiu, Constantin Sorin**
Adresă(e)	90, str. Feţe, 137395, Răzvad, Dâmboviţa, România
Telefon(oane)	Mobil: 0724 714 127
Fax(uri)	-
E-mail(uri)	orboiu_s@yahoo.com
Naţionalitate(-tăţi)	română
Data naşterii	25 februarie 1968
Sex	masculin

Locul de muncă vizat / Domeniul ocupaţional

Experienţa profesională

Educatie

Perioada	01.09.2009 – prezent
Funcţia sau postul ocupat	Profesor
Activităţi şi responsabilităţi principale	Educatia elevilor conform curriculum aprobat de Ministerul Educatiei Nationale.
Numele şi adresa angajatorului	Liceul Teoretic „Mihai Viteazul” Visina
Tipul activităţii sau sectorul de activitate	Invatamant
Perioada	04.05.2009 – 10.06.2009
Funcţia sau postul ocupat	Consilier informatician
Activităţi şi responsabilităţi principale	Consilierea persoanelor aflate in cautarea unui loc de munca, si responsabilul cursului de „Operator tehnica de calcul” in cadrul conversiei profesionale a acestor persoane.
Numele şi adresa angajatorului	Asociatia de Sprijin a Somerilor Dambovita
Tipul activităţii sau sectorul de activitate	Consiliere si conversie profesionala
Perioada	10.06.2005 – 01.05.2009
Funcţia sau postul ocupat	Inginer software
Activităţi şi responsabilităţi principale	Mentenanţa sistemelor de calcul, Întreţinerea şi administrarea reţelei de calculatoare, Proiectarea, dezvoltarea şi mentenanţa unor aplicaţii de produse finite şi lansare bonuri de consum si fişe tehnice, Mentenanţa aplicaţiei de salarii proiectată şi dezvoltată anterior, Iniţierea personalului din societate in utilizarea calculatorului.
Numele şi adresa angajatorului	S.C. ROMARM S.A. Filiala U.M. MIJA S.A.
Tipul activităţii sau sectorul de activitate	Fabricarea armamentului şi muniţiei
Perioada	01.12.2002 – 01.08.2004
Funcţia sau postul ocupat	Analist
Activităţi şi responsabilităţi principale	Mentenanţa sistemelor de calcul, Întreţinerea şi administrarea reţelei de calculatoare, Proiectarea, dezvoltarea şi mentenanţa unei aplicaţii de salarii cu specificul societăţii, Iniţierea personalului din societate în utilizarea calculatorului.
Numele şi adresa angajatorului	S.C. ROMARM S.A. Filiala U.M. MIJA S.A.
Tipul activităţii sau sectorul de activitate	Fabricarea armamentului şi muniţiei
Perioada	01.03.1992 – 30.11.2002
Funcţia sau postul ocupat	Pensionat medical
Perioada	10.10.1986 – 28.02.1992
Funcţia sau postul ocupat	Lăcătuş mecanic
Funcţia sau postul ocupat	Primitor-distribuitor din 01.08.1990
Activităţi şi responsabilităţi principale	Aprovizionarea cu semifabricate forjate şi debitate mecanic a Secţiei Vane 7 C.N.E. (fabrica de robineţi pentru Centrala Nucleară de la Cernavodă), cât şi urmarirea tuturor semifabricatelor în Secţia Tratamente Termice şi aducerea lor în secţie.
Numele şi adresa angajatorului	I.U.P. Târgovişte
Tipul activităţii sau sectorul de activitate	Fabricarea de vane şi utilaj petrolier

Educaţie şi formare

Perioada	2017 - prezent
Calificarea / diploma obţinută	Studii universitare de doctorat
Disciplinele principale studiate / competenţe profesionale dobândite	Specializarea: Inginerie electrica
Numele şi tipul instituţiei de învăţământ / furnizorului de formare	Universitatea "Valahia" Târgovişte IOSUD - Scoala Doctorala de Stiinte Ingineresti
Nivelul în clasificarea naţională sau internaţională	
Perioada	2007 - 2008
Calificarea / diploma obţinută	Masterat
Disciplinele principale studiate / competenţe profesionale dobândite	Specializarea: Sisteme moderne de telecomunicaţii, Prelucrarea şi transmisia informaţiei
Numele şi tipul instituţiei de învăţământ / furnizorului de formare	Universitatea "Valahia" Târgovişte Facultatea de Inginerie Electrică
Nivelul în clasificarea naţională sau internaţională	
Perioada	2001 -2004
Calificarea / diploma obţinută	Diplomă de Inginer
Disciplinele principale studiate / competenţe profesionale dobândite	Profilul: Ştiinţa Sistemelor şi a Calculatoarelor Specializarea: Automatică şi Informatică Industrială
Numele şi tipul instituţiei de învăţământ / furnizorului de formare	Universitatea "Valahia" Târgovişte Facultatea de Inginerie Electrică
Nivelul în clasificarea naţională sau internaţională	
Perioada	1998 -2001
Calificarea / diploma obţinută	Licenţiat Inginer Colegiu
Disciplinele principale studiate / competenţe profesionale dobândite	Profilul: Ştiinţa Sistemelor şi a Calculatoarelor Specializarea: Tehnică de Calcul
Numele şi tipul instituţiei de învăţământ / furnizorului de formare	Universitatea "Valahia" Târgovişte Colegiul Universitar Tehnic
Nivelul în clasificarea naţională sau internaţională	

Aptitudini şi competenţe personale

Limba(i) maternă(e)	**Româna**
Limba(i) străină(e) cunoscută(e)	**Engleza**

Autoevaluare	**Înţelegere**		**Vorbire**		**Scriere**
Nivel european (*)	Ascultare	Citire	Participare la conversaţie	Discurs oral	Exprimare scrisă
	B1	B1	B1	B1	B1

(*) Nivelul Cadrului European Comun de Referinţă Pentru Limbi Străine

Competenţe şi abilităţi sociale	Sociabil, deschis si increzator. - Foarte bune competente didactice - Capacitatea de a lucra in echipa.
Competenţe şi aptitudini tehnice	Proiectare baze de date Access
Competenţe şi aptitudini de utilizare a calculatorului	Microsoft Office, LabView, Matlab/Simulink, C++
Permis(e) de conducere	Categoria B

LUCRARI STIINTIFICE, ARTICOLE

DOCTORAND:
Ing. Constantin-Sorin ORBOIU

1. **S. Orboiu**: „*Sistem de monitorizare a parametrilor energiei electrice la o institutie de invatamant preuniversitar din Romania*”, Simpozion Doctoral septembrie 2018, Universitatea Valahia Târgovişte
2. **S. Orboiu**: „*Consumurile de energie electrică specifice instituţiilor de învăţământ preuniversitar*”, Raport de cercetare doctorală, Universitatea Valahia Târgovişte, 2018
3. **S. Orboiu**, C. Trocan, H. Andrei: „*Monitoring system for electrical energy parameters in a romanian pre-university education institution*”, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty, 2018, No.18/1, p. 59 - 67, ISSN 2286 – 2455 DOI: 10.1515/sbeef-2017-0024, https://www.degruyter.com/view/j/sbeef.2018.18.issue-1/issue-files/sbeef.2018.18.issue-1.xml?rskey=UhQ9yA&rskey=UhQ9yA.
4. **S. Orboiu**: „*Monitorizarea şi analiza parametrilor energiei electrice consumate de instituţiile de învăţământ preuniversitar*”, Raport de cercetare doctorală, Universitatea Valahia Târgovişte, 2018
5. H. Andrei, P.C. Andrei, E. Cazacu, Marilena Stanculescu, **S. Orboiu**: „*Power quality analysis based on a novel nonlinear dependence between parameters of nonsinusoidal regime*”, Proc of IEEE - ISFEE 2018, Bucharest, 1 – 3 November, paper #456-POS6, ISBN 978-1-5386-7213-6, indexat IEEE Explore si ISI-WoS (CA) DOI**:** 10.1109/ISFEE.2018.8742456, https://ieeexplore.ieee.org/document/8742456
6. **S. Orboiu**, H. Andrei: „*DAQ and power quality analysis of electrical parameters in romanian schools*”, Proc of IEEE-Advanced Topics in Electrical Engineering -ATEE, 2019, ISBN**:** 978-1-7281-0101-9, ISSN 2159-3604, indexat IEEE Explore si ISI-WoS (CA), DOI**:** 10.1109/ATEE.2019.8725011, https://ieeexplore.ieee.org/document/8725011
7. **S. Orboiu**: „*Modelarea şi optimizarea consumurilor specifice instituţiilor de învăţământ preuniversitar*”, Raport de cercetare doctorală, Universitatea Valahia Târgovişte, 2019
8. **S. Orboiu**, H. Andrei: „*Modeling of pre-university education units electric energy consumption*”, Proc of IEEE - International Symposium on Electrical and Electronics Engineering - ISEEE, 2019, ISBN**:** 978-1-7281-2906-8, indexat IEEE Explore, **DOI:** 10.1109/ISEEE48094.2019.9136142
9. **S. Orboiu**, H. Andrei: „*Analyze of Eco-financial Impact of PV System Integration in Educational Institutions. Case Study in Romania*”, Proc of IEEE – Electronics, Computers and Artificial Intelligence - ECAI 2020, Bucharest 25-27 June, ISBN: 978-1-7281-6843-2, indexat IEEE Explore
10. **S. Orboiu**: „*Contribuţii privind analiza şi optimizarea consumurilor de energie electrică din instituţiile de învăţământ preuniversitar*”, Teza de doctorat, Universitatea Valahia Târgovişte, 2020

MINISTRY OF NATIONAL EDUCATION
"VALAHIA" UNIVERSITY OF TARGOVISTE
IOSUD-DOCTORAL SCHOOL OF ENGINEERING SCIENCES
DOMAIN: ELECTRICAL ENGINEERING

CONTRIBUTIONS ON THE ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF ELECTRICITY CONSUMPTION IN PRE-UNIVERSITY EDUCATIONAL INSTITUTIONS

SUMMARY OF THE DOCTORAL THESIS

PHD SUPERVISOR:
Univ. Prof. Dr. Eng. Horia Leonard ANDREI

PHD STUDENT:
Eng. Constantin-Sorin ORBOIU

TÂRGOVIȘTE
2020

CONTENT

Introduction 3
1. Electricity quality parameters, national and international standards 5
1.1. History 5
1.2. Performance standard for electricity distribution service 6
1.3. Limitation of the unsymmetric and deforming regime in electrical networks 7
2. Current status of pre-university education institutions at national and international level-electricity consumers 9
2.1. Description of institutions 9
2.2. Common characteristics related to electricity consumers 9
2.3. Percentage of total energy consumption of public institutions in the country 10
2.4. Deforming regime of equipment in a beneficiary's electricity grid 11
2.5. Common consumers in a beneficiary's electricity network 11
3. Monitoring and analysis of electrical parameters at a pre-university educational institution 12
3.1. Types of laboratories 12
3.2. Presentation of the electrical installation 12
3.3. Types of consumers 13
3.4. Description of the device with which the measurements were made 13
3.5. Results of measurements made 14
3.6. Monitoring of the types of consumers used 24
4. Modeling voltage-current U(i) characteristics for a pre-university education unit 25
4.1. Presentation numerical algorithms for modeling the characteristics of a consumer 25
4.1.1. Polynomial model 25
4.1.2. Polynomial modeling in MATLAB 26
4.2. Polynomial modeling of the U(i) characteristic for a classroom 27
4.2.1. Polynomial modeling for interval 1 28
4.3. Polynomial modeling of the U(i) characteristic for the A building of the pre-university education unit 33
5. Efficiency of specific consumption and the possibility of using renewable energy sources 35
5.1. Efficiency of specific consumption 35
5.2. Calculation and eco-financial analysis of the use of a photovoltaic system 37
6. Conclusions, original contributions and development directions 44
Selective bibliography 47

INTRODUCTION

A goal of our society, and I am not just referring to Romania, is to make electricity consumption more efficient and to increase the percentage of green energy use. This fact can be achieved due to research conducted on representative subjects from different areas of the economy.

In Romania, schools are some of the most numerous, representing about 25% of public institutions that consume electricity. That is why we chose as the subject of study for this paper a pre-university educational institution, the Technological High School "Goga Ionescu" Titu-Dâmboviţa, and the results obtained from this research, can bring major benefits to the whole society.

The work was structured as follows:

Chapter 1 – presents international and national organizations that design and establish electricity quality standards that regulate the quality of the energy distribution service in public electricity networks, establishing performance indicators, applicable in commercial relations between distribution operators and consumers connected to the RED (electricity distribution network).

Chapter 2 – presents the current state of pre-university educational institutions at national and international level, existing electricity consumers in classrooms, laboratories, heating and lighting systems, as well as their deforming regime in the beneficiary's electricity network.

Chapter 3 – it presents the monitoring and analysis of electricity parameters, based on data obtained from a data acquisition system installed at the Technological High School" Goga Ionescu " Titu-Dâmboviţa, which we chose for this research.

Chapter 4 – it presents the modeling and energy efficiency of a school-type consumer, using an application in the MATLAB-Simulink programming environment, developing evolved numerical algorithms for polynomial modeling of the U(I) feature over several significant time intervals, both for a classroom and for the whole A building of the High School.

Chapter 5 – it presents the efficiency of the specific consumption of the chosen case study, as well as the possibility of using renewable energy sources, in our case of an on-grid photovoltaic generator of 10 kW, whose simulation we performed with the BlueSol application, but also the eco-financial analysis of the use of such a photovoltaic system.

Chapter 6 – presents the conclusions of this study what research, the original contributions as well as the directions of future development.

At the end are presented: a selective bibliography, the scientific works made during the doctoral research, as well as the curriculum vitae of the author.

1. ELECTRICITY QUALITY PARAMETERS, NATIONAL AND INTERNATIONAL STANDARDS

1.1.History

In 1999 was presented the first document prepared by the International Electrotechnical Commission (IEC), on the monitoring of the quality of electricity, whose structure, respecting the tradition of the institution, comprising:

1. Standards, norms that define the parameters of disturbances in the energy system
2. Information annexes on how to monitor the electricity network

Some of the international standards and regulations in the field of electricity quality that relate to electromagnetic disturbances are:

- IEEE 519/1992 recommends the limits of the permissible harmonic levels at the points of connection between the supplier and the consumer.
- EN 50160/2010 refers to the permissible limits and tolerances of electrical voltage parameters in public power distribution systems.
- The family of standards IEC 61000 refer in detail to electromagnetic compatibility:

The national organization that conceives and establishes quality standards of electricity is the Romanian Institute of standardization (ASRO) that develops norms in the electric field through the National Energy Regulatory Authority (ANRE).

Some of the existing standards and regulations in the fields of electromagnetic compatibility and electricity quality that have been harmonised with the European ones are:

- NTE 012/14/00 - normative for reducing voltage fluctuations and flicker effect in transmission and distribution networks.

- Ordinul 45/2006 – regulation establishing how consumers are connected to public electricity networks
- PE 143 2008 – normative for limiting the non-symmetrical and deforming regime in electrical networks

1.2.Performance standard for electricity distribution service

It regulates the quality of the energy distribution service in public power grids, establishing performance indicators, applicable in commercial relations between distribution operators and consumers connected to the RED (electricity distribution network).

In order to be connected to RED, the consumer must cumulatively meet the conditions:

a. own electrical installations have the rated alternating voltage between 230V and 110kV and the rated frequency of 50Hz.
b. due to the mode of operation, these installations do not introduce disturbances unacceptable to the regulations in force, affecting the normal operation of the RED or other consumers in the area concerned.
c. contractual distribution/supply conditions are met.

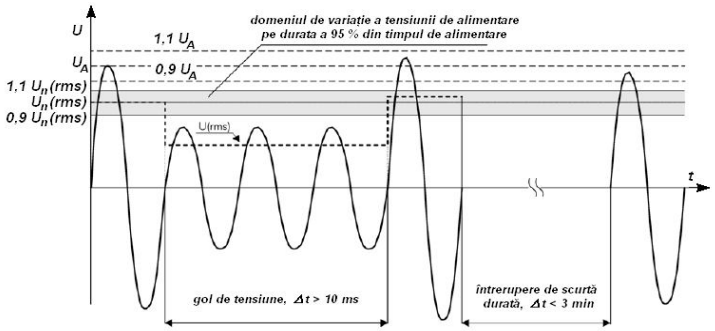
In a node of the power grid, the degree of energy quality, can be described by:

- a quality of the voltage, by falling within the limits imposed.
- a quality of frequency, within the limits imposed.
- a degree of symmetry of the three-phase network (voltage/current).
- a deviation from the sinusoid shape of the voltage and current.

The performance indicators of the electricity distribution service relate to:

- the continuity of the beneficiaries' supply of contracted electricity shown in Figure 1.2.1.

Figure 1.2.1-Types of voltages with its characteristics: emptiness and interruption



- technical quality of RED Energy.
- commercial quality of contracted electricity

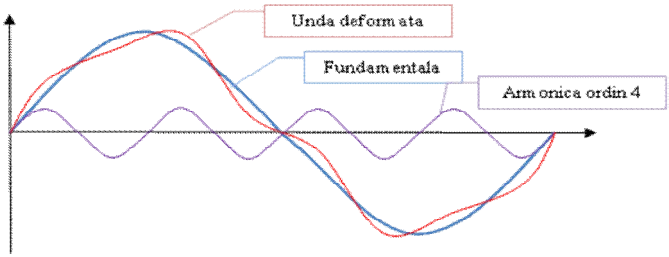
1.3.Limitation of the unsymmetric and deforming regime in electrical networks

Theoretically, both the current and the voltage in an electrical network have a sinusoidal shape. In reality, due to non-sinusoidal currents in the electrical network, the voltage wave deforms.

Thus, the effect of the behavior of the current from the network on the voltage can be described:

- for a linear current, by overlapping the elementary effects we get the effect on the voltage
- for non-sinusoidal currents, by decomposing them into Fourier series, which is described as a sum of sinusoid waves: the first (fundamental) for the frequency of 50Hz, and the following are multiple of the fundamental, they are called harmonics being shown in Figure 1.3.1.

Figure 1.3.1-Harmonic sinusoidal wave deformation 4



The deformed periodic wave spectrum contains harmonic frequencies that are characteristic of the nature of distortion, and the fundamental wave corresponds to the frequency of the electrical network.

The standardised electromagnetic compatibility levels limiting emissions and immunity of devices powered from the same electrical network, which must not fall below 95% for the entire energy system, are shown in Figure 1.3.2 and in Figure 1.3.3 for a CCP in the system as a whole.

Figure 1.3.2-Electromagnetic compatibility level for the whole system

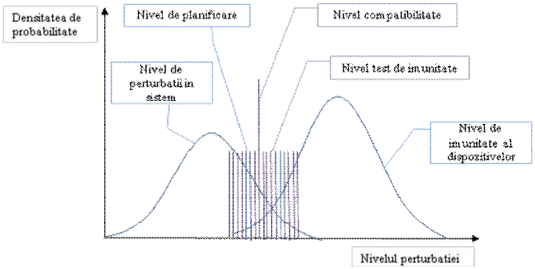
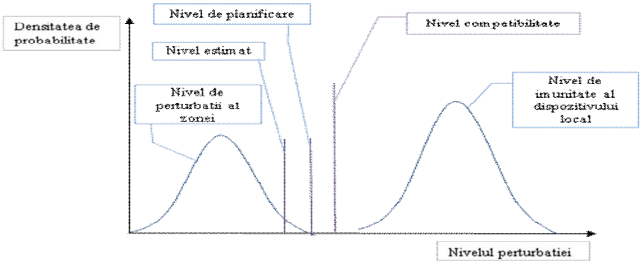


Figure 1.3.3-Electromagnetic compatibility level for a CCP in the system



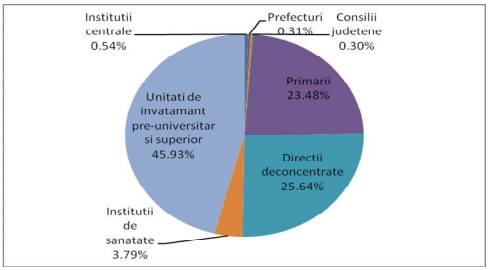
2. CURRENT STATUS OF PRE-UNIVERSITY EDUCATIONAL INSTITUTIONS AT NATIONAL AND INTERNATIONAL LEVEL

2.1.Description of institutions

According to the law 121/2014 on how to transpose Directive 2012/27/EU of the European Parliament, in terms of energy efficiency, the goal is the strategic partner of every country in terms of national energy policy is security of energy supply through the development of sustainable and competitive business, but with the saving of primary energy resources, to reduce emissions of greenhouse gases.

Figure 2.1.1 shows the distribution of public institutions in Romania, each category of institution out of the total of 13,572 budget units, observing the high share of educational institutions.

Figure 2.1.1 - Distribution of public institutions in Romania



According to data funded by the National Institute of Statistics (INS) at the level of 2016, the Zonal distribution in the Romanian educational system is not homogeneous, especially high school and university education, being more concentrated in the urban area.

2.2.Common characteristics related to electricity consumers

Whether it is school, hospital or financial administration, in any state institution we find practically the same consumers.

They work correctly if their supply voltage is as close as possible to the rated voltage.

For gas discharge lighting sources, the supply voltage has little influence on the luminous flux.

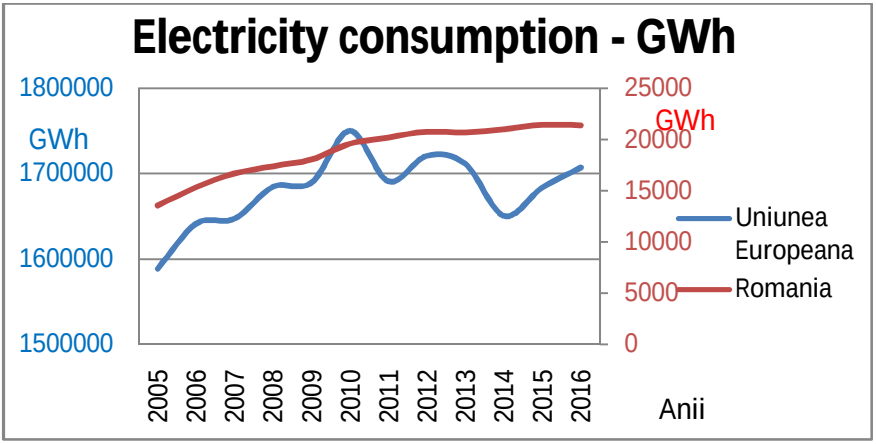
In reality, not only one parameter of the supply voltage varies, the situation becomes more complex depending on the number of them that vary simultaneously. After analyzing in detail the influence of each parameter, we can superimpose the results obtained, thus having an estimate of the total effects on the operation of equipment in the electrical network.

2.3.Percentage of total energy consumption of public institutions in the country

The consumption of electricity is directly proportional to the level of development of industry, the standard of living of the population of a country. Thus, in a developed economy, the price of electricity is much higher compared to a country whose economy relies less on industry.

A comparison of electricity consumption between the average level of the European Union and that of our country can be studied Figure 2.3.1

Figure 2.3.1-Electricity consumption for consumers



2.4.Deforming regime of equipment in a beneficiary's electricity grid

In a CCP, the beneficiaries of electricity, in this case educational institutions, can introduce disturbances in RED, due to equipment that constitute nonlinear loads that generate harmonic currents.

The exposure of equipment in a network to a harmonic deforming regime can have different consequences, such as:

- THD ≤ 5% → most of the time there are no problems
- 5% ≤ THD ≤ 7% → there is a possibility of adverse effects on very sensitive equipment
- 7% ≤ THD ≤ 10% → there is a possibility of problems with robust equipment
- 10% ≤ THD → certainly there are negative effects

2.5.Common consumers in a beneficiary's electricity network

As a case study we have chosen from the Technological High school "Goga Ionescu" Titu-Dâmbovița, A building in which are installed consumers with the active powers declared by the producers, specified in Table 2.5.1:

Table 2.5.1-Building A consumers and their active powers

CONSUMERS	**Ground floor**		**Floor 1**		**Floor 2**	
	Pcs	**Consumption**	**Pcs**	**Consumption**	**Pcs**	**Consumption**
Laptop 45W	26	1170W				
Computer 600W	1	600W	2	1200W		
Multifunctional 400W	3	1200W				
Video projector 300W	1	300W				
Fluorescent tube 18W	32	576W	46	828W	44	792W
Fluorescent tube 36W	10	360W	10	360W	8	288W
Neon 250W			1	250W		
Pump 70W	4	280W				
Pump 380W	2	760W				
Pump 1020W	1	1020W				
Central Keston C55 262W	6	1572W				
Total		**7838W**		**2638W**		**1080W**
TOTAL A Building						**11556W**

3. MONITORING AND ANALYSIS OF ELECTRICITY PARAMETERS AT A PRE-UNIVERSITY EDUCATIONAL INSTITUTION

3.1. Types of laboratories characteristic of the Romanian school

From the data funded by the National Institute of Statistics (INS) at the level of 2017, we can observe some characteristics of pre-university education in the Romanian educational system, especially in Dâmbovița County Titu city, where the Technological High School 'Goga Ionescu' is located that we chose for this research study.

Thus can be seen in Table 3.1.1, a classification of school laboratories by level of Education.

Table 3.1.1 - Distribution of school laboratories by levels of Education

Training levels	**Counties**	**Localities**	**Year 2017**
			UM: Number
Primary and Secondary Education (including special education)	TOTAL	TOTAL	8168
-	Dâmbovița	TOTAL	201
-	-	Titu	6
Secondary education	TOTAL	TOTAL	8036
-	Dâmbovița	TOTAL	170
-	-	Titu	11
Vocational education	TOTAL	TOTAL	143
Post-secondary education and foremen	TOTAL	TOTAL	400
-	Dâmbovița	TOTAL	8

3.2. Presentation of the electrical installation

The electrical installation of this building consists of a general distribution panel located on the outside of the ground floor wall, to which are

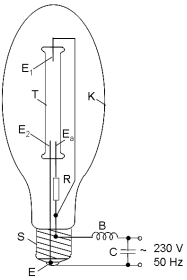
connected the other three panels, one on each level, located on the inside of the stairwell wall.

3.3. Types of consumers

For lighting, two types of fluorescent lamps were used:

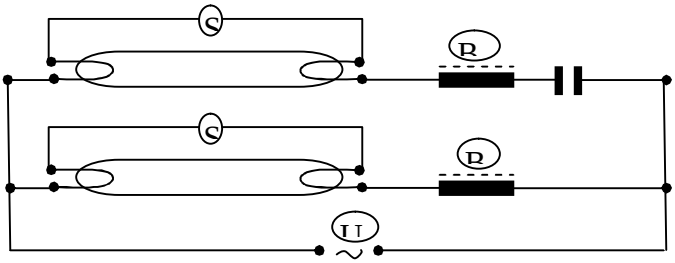
- For outdoor use the 250W high pressure mercury vapour lamp mounted on the second floor according to the electrical diagram in Figure 3.3.1

Figure 3.3.1 - Wiring diagram of a high pressure mercury vapour discharge lamp



- For indoor low pressure fluorescent lamp of 18 W and 36 W respectively, according to the electrical diagram in Figure 3.3.2

Figure 3.3.2-Wiring diagram for the “duo " installation of a low-pressure fluorescent lamp



3.4. Description of the device with which the measurements were made

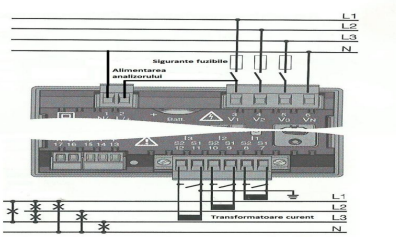
The measurements were made with the UMG 96rm electrical energy analyzer produced by Janitza and marketed in Romania by Alfa Energ, which

provides an application called 'GridVis', which allows the transfer of data stored in the devices, processing and display respectively in the form of graphs.

The current transformers produced by Lumel LCTS 93/30sc 250A / 5A proportionally reduce the current of not more than 250A in the electrical network to the maximum value of 5A that can be used by the analyzer.

The connections between the circuit elements that make up the device, as well as its connection to the electricity network were made according to the electrical scheme shown in Figure 3.4.1.

Figure 3.4.1 - Electrical diagram of the measuring device



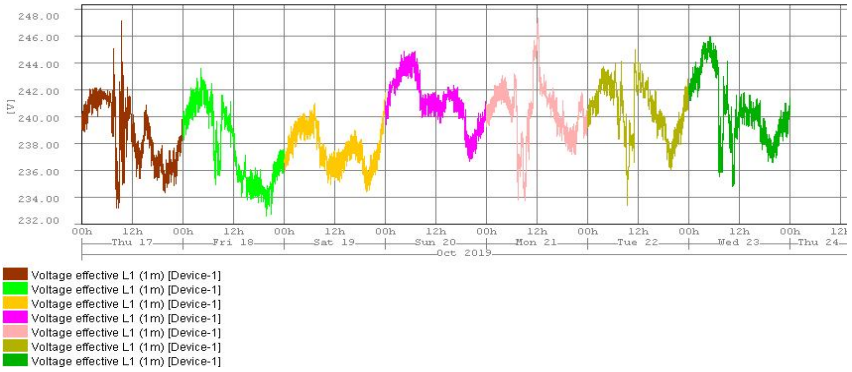
3.5.Results of measurements made

The weather conditions, in which measurements were made from 17 to 23 October 2019, are shown in Table 3.5.1 and represent an important influence factor of electricity consumption, along with the duration of the night given by the time when the sun rises (07:38) and sets (18:21), as well as the program of operation of the High School between 08:00 and 20:00.

The actual voltage values for the 3 phases are shown in Figures 3.5.1-3.5.3.

Knowing that the standardized limits for the contractual voltage Uc are of ± 10% compared to the nominal voltage Un = 230V are Ui = 207V respectively Us = 253V, it is observed that the voltage, for the most part, is in the area close to the upper limit on all three voltage lines.

Figure 3.5.1 – Line 1


248.00
246.00
244.00
242.00
240.00
238.00
236.00
234.00
232.00
[V]
00h 12h 00h 12h 00h 12h

Large differences in the current absorbed from the network can be observed:

iv) on L1 a maximum consumption of 9A is reached in a period of the day between 7-14 hours, and in the rest of the day the consumption is zero;

v) on L2 consumption is at an average maximum of 4.5 A / day, except on Thursday, when in the period 9.30-10.00 there is an increase reaching up to 14A;

vi) on L3 consumption reaches a maximum of 9.7 A in the period 7-12, then decreasing to about 4a until 14, and in the rest of the period of the 24 hours consumption is several hundred mA.

The imbalance between the three lines is due to their faulty charging, with consumers of installed powers much different.

Figure 3.5.4 – Line 1

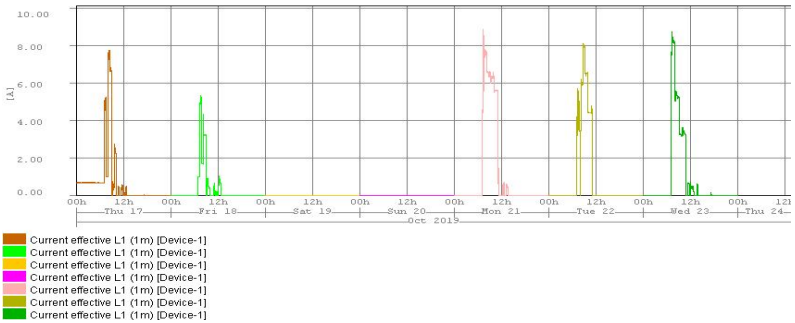


Figure 3.5.5 – Line 2

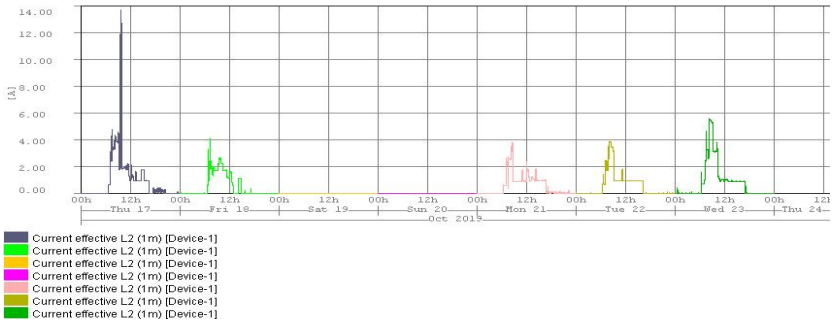
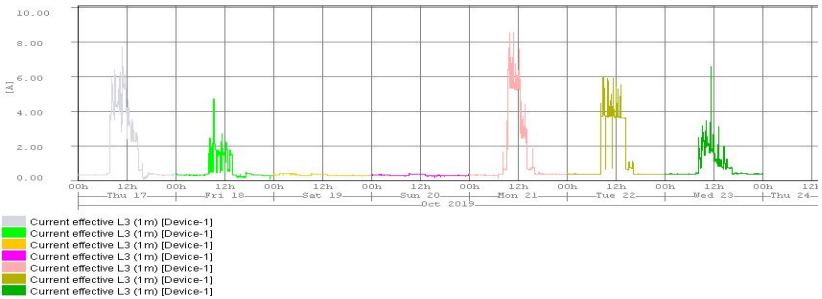


Figure 3.5.6 – Line 3



Active, reactive and apparent powers on Line 1 are shown in figures 3.5.7-3.5.9.

It is observed that the power absorbed from the network has the limit values as follows:

iv) the active power does not exceed 1.3kW, the reactive power is less than 1.7kVAR

v) the apparent no more than 2.1 kVA, during day 7-14

vi) in the rest of the 24-hour period the consumption of the 3 powers is zero.

Figure 3.5.7 - Active Power Line 1

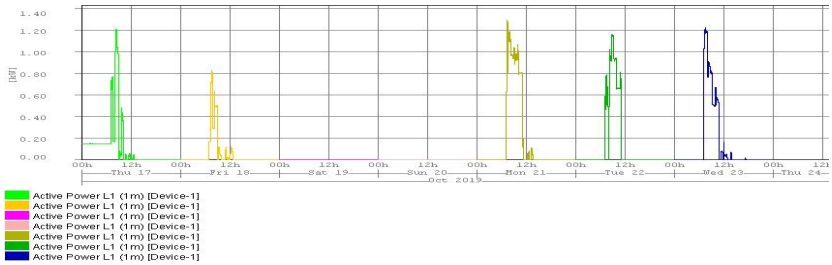


Figure 3.5.8-Reactive Power Line 1

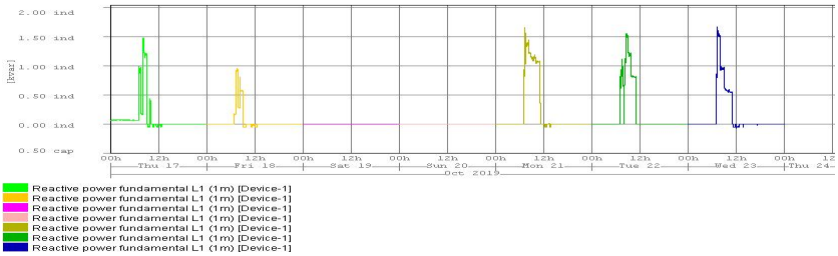


Figure 3.5.9-Apparent Power Line 1

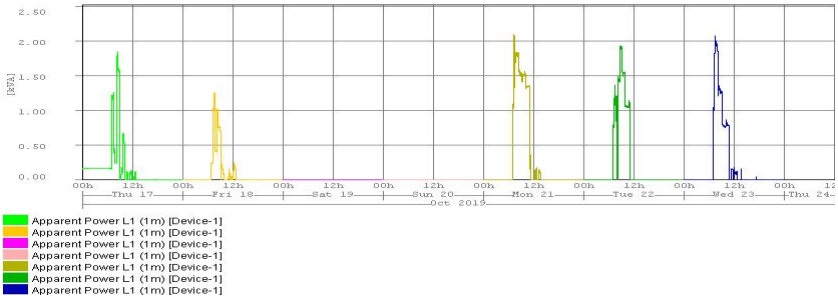

2.50
2.00
1.50
1.00
0.50
0.00
[kVA]
00h 12h 00h 12h 00h 12h

Figure 3.5.11 – Line 2

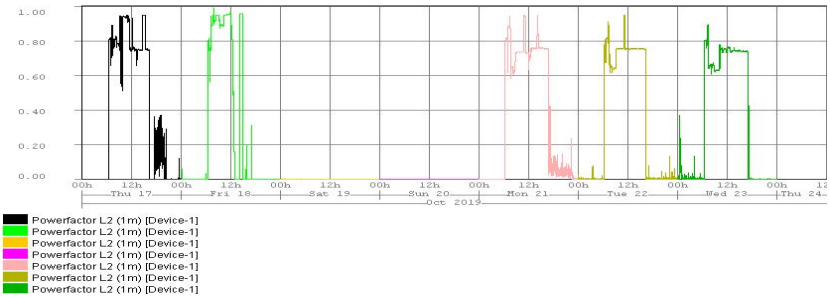
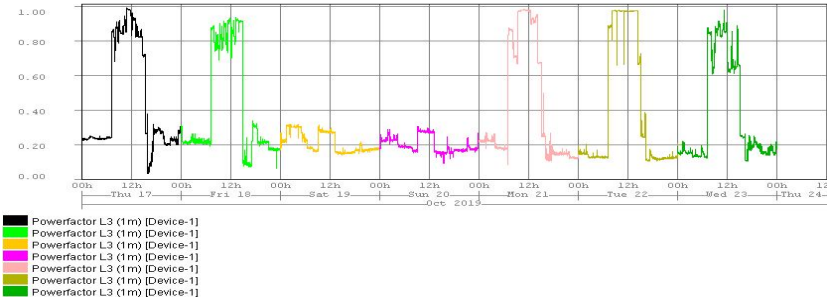


Figure 3.5.12 – Line 3



The total distortion factor of the voltage measured over a time interval N (the time interval at which the device was set was 1 minute) for the 3 lines is shown respectively in figures 3.5.13-3.5.15.

We observe in the three graphs that the distribution of the total voltage distortion factor is similar, the percentage being in the range of 0.64% (except Line 3 where the minimum percentage is 0.94%) and 1.92%.

Figure 3.5.13 – Line 1

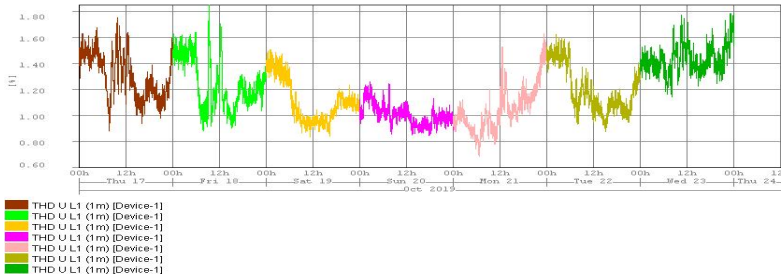


Figure 3.5.14 – Line 2

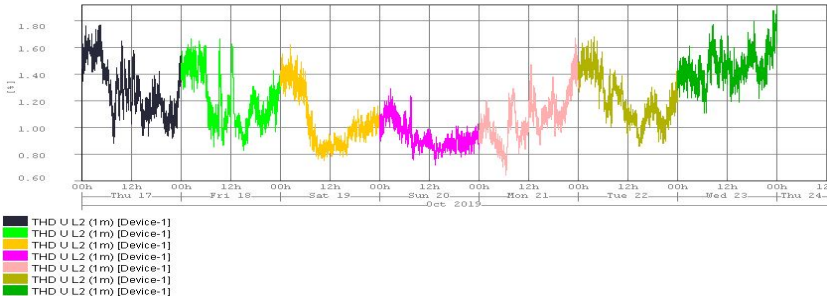
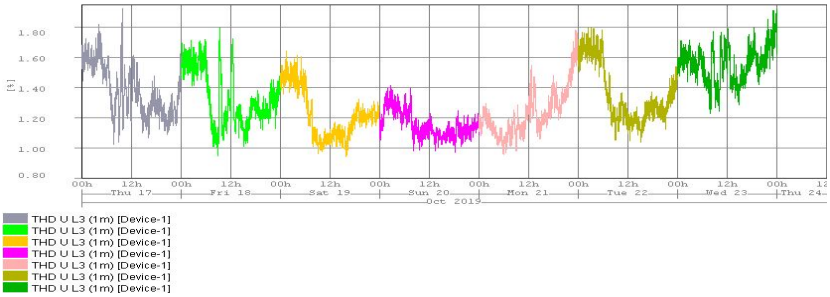


Figure 3.5.15 – Line 3



The total distortion factor of the current measured over a time interval N (the time interval at which the device was set was 1 minute) for the 3 lines is shown respectively in figures 3.5.16-3.5.18.

We observe differences in the hourly distribution of THD_I on the three phases of the network thus:

iv) on L1 it reaches a percentage about 10% during the day 7-10:30, with jumps of up to 154% between 30' - 1h in the interval 10:30-14, the rest of the day and the weekend the percentage being at 100%.

v) on L2 the percentage is in the range 100-146% between 15:30-6:30 hours of the working days, and in the hourly period of the remaining day there are decreases, the percentage reaching between 7-60%, and on weekends it is 100%.

vi) on L3 the percentage is between 6-65% in the 7-15 working days, then reaching a range of 55-110% in the rest of the 24 hours, the exception being Friday between 7-18 hours when the percentage is between 30-110%. The Weekend is characterized by a percentage range between 51% and 100% of THD_I.

Figure 3.5.16 – Line 1

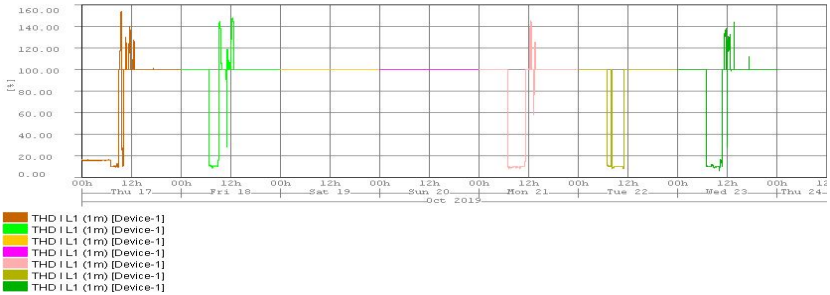


Figure 3.5.17 – Line 2

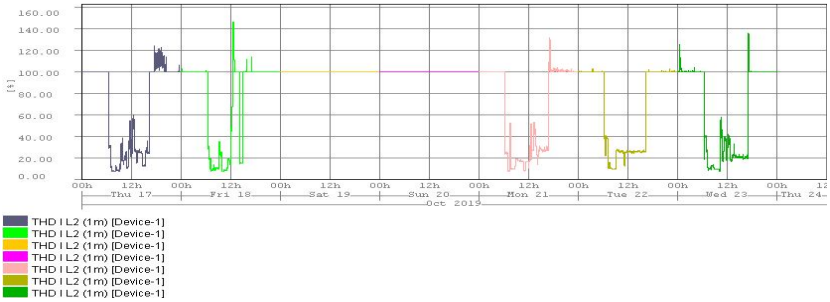
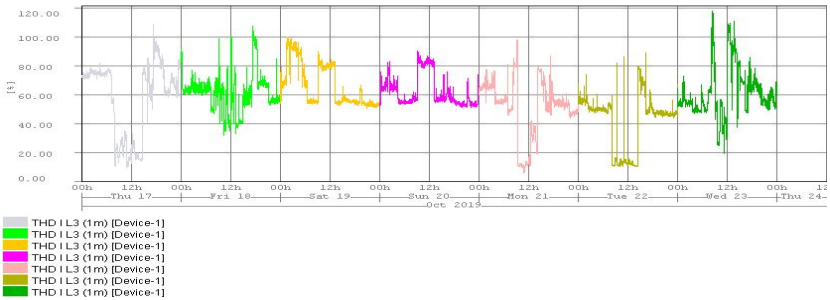


Figure 3.5.18 – Line 3



The percentage values of the current harmonics for the 3 lines are shown in figures 3.5.19-3.5.21:

Figure 3.5.19 – Line 1

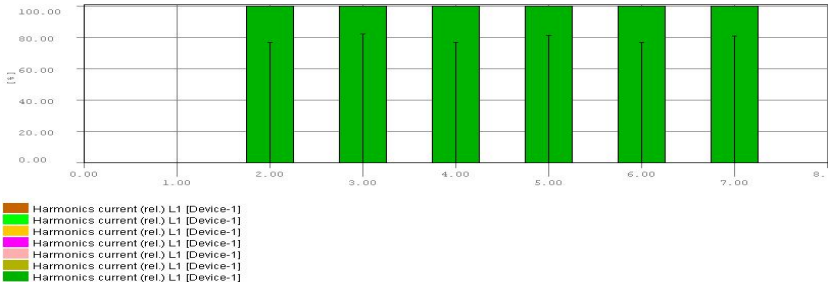


Figure 3.5.20 – Line 2

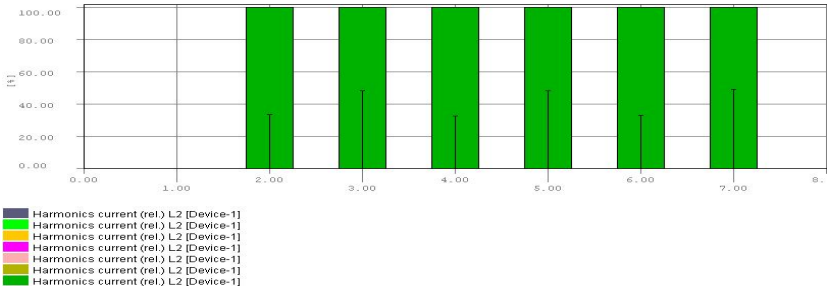
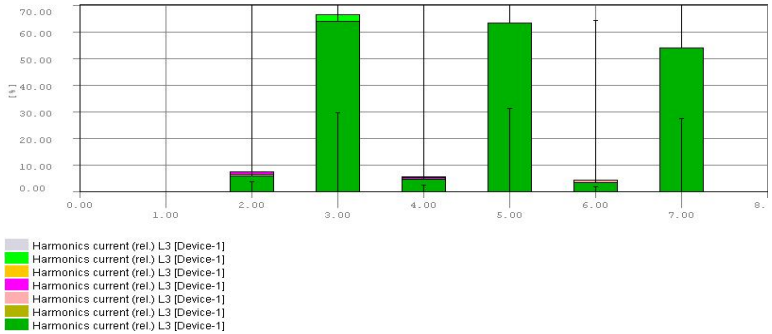


Figure 3.5.21 – Line 3



The percentage values of the electrical voltage harmonics for the 3 lines are shown in figures 3.5.23-3.5.25:

A summary of those presented can be seen in Figure 3.5.22.

Figure 3.5.22-Voltage harmonics

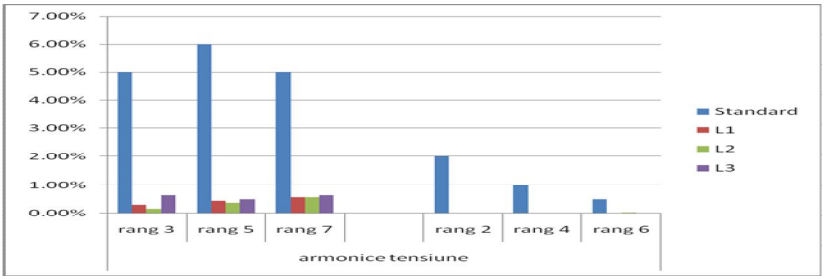


Figure 3.5.23 – Line 1

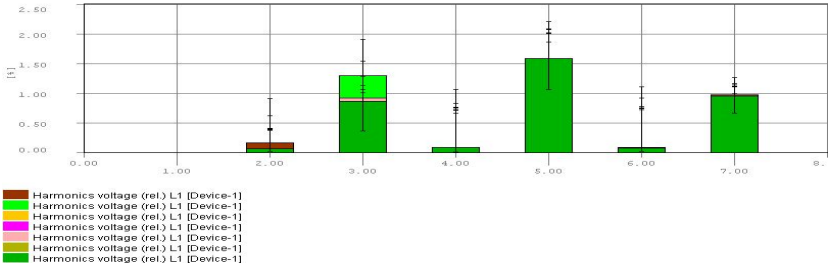


Figure 3.5.24 – Line 2

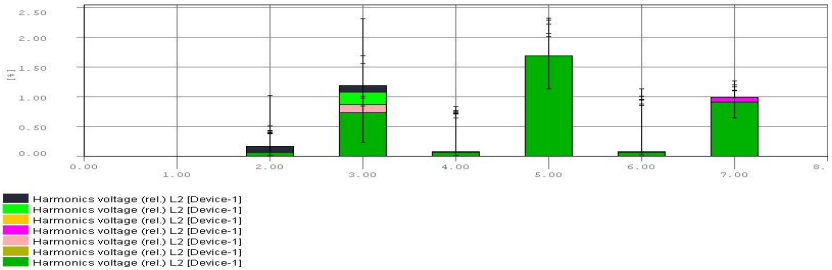
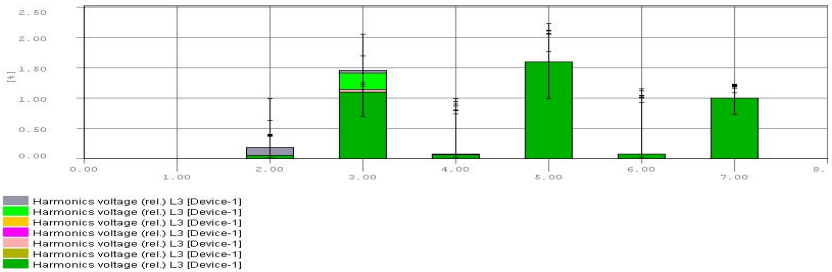


Figure 3.5.25 – Line 3



3.6.Monitoring of the types of consumers used.

The actual behavior of a high-pressure fluorescent lamp has the electrical parameters resulting from measurements made on October 2, 2019 (Wednesday), in the time range 13^{55}-14^{15}.

One can observe their evolution as follows:

- the current absorbed is about 0.53 A, except for the priming current that reached a value of 1.2 A
- the active power is 98W, with the start jump to 114W which means that the power factor cosφ is positive, i.e. the phase difference φ between voltage and current is in the I dial
- the inductive reactive power is 63VAR, with the jump start at 232VAR
- at the apparent power is 124VA, with the start jump to 264VA
- THD_U it has percentage values between 1.43% and 1.53%%
- THD_I it has 16% percentage values when starting the lamp and about 32.7% during its operation
- TDD it has 0.12% percentage values when the lamp is switched on and about 0.1% during its operation
- odd current harmonics (3, 5, 7) have average values (there are several average values because: calculate the average of the measured values in a period of 1 minute that is taken from the operating mode of the device) that far exceed the recommended 4%, and even rank harmonics (2, 4, 6) also have average values and maximum values greater than 1%.
- the 6th rank has the average value 101.39% the odd rank voltage harmonics (3, 5, 7) have the average and maximum values that fall within the norms. Even (2, 4, 6) have average and maximum values within norms.

4. MODELING VOLTAGE-CURRENT U(I) CHARACTERISTICS FOR A PRE-UNIVERSITY EDUCATION UNIT

4.1. Presentation numerical algorithms for modeling the characteristics of a consumer

Due to consumers in the network of beneficiaries, non-sinusoidal currents that deform the voltage wave appear, which can be analyzed by decomposing them into Fourier series, which is described as a sum of sinusoidal waves: the first (fundamental) for the frequency of 50Hz, and the following are multiple of the fundamental.

For a non-sinusoidal signal that has the Period T, the frequency is f=1 / T and the pulsation is ω = 2nf, there is the Fourier series given by the relationships (1)-(4):

$$s(t) = a_0 + \sum_{h=1}^{\infty}[a_h \cos(h\omega t) + b_h \sin(h\omega t)] \quad (1)$$

where:

$$a_0 = \frac{1}{T}\int_0^T s(t)dt \quad (2)$$

and for h≥1, the terms:

$$a_h = \frac{2}{T}\int_0^T s(t)\cos(h\omega t)\,dt \quad (3)$$

$$b_h = \frac{2}{T}\int_0^T s(t)\sin(h\omega t)\,dt \quad (4)$$

4.1.1. Polynomial model

A polynomial model is that of regression using a predictive variable X, having the form:

$$Y = a_nX^n + a_{n-1}X^{n-1} + ... + a_1X + a_0 \quad (5)$$

The optimal conditions for determining a polynomial are:

- choice of the optimal degree *n*
- calculation of polynomial coefficients

The research concluded that the statistical parameters that can be used to evaluate the waveform of a polynomial function are the following:

- *R-Square*= performance indicator showing how the variation of the measured data matches the graph plotted using the polynomial function.
- *Ajusted R-Square*= performance indicator used in the comparison of two close models, the value of which should tend to 1.
- *Root mean squared error - RMSE*= performance indicator showing the standard error of polynomial regression
- *The sum of squares due to error - SSE*= performance indicator showing the difference between the measured data and the model built for their estimation.

4.1.2. Polynomial modeling in MATLAB

Matrix Laboratory (MATLAB) is an application developed by MathWorks company specializing in the creation of mathematical calculation software, used in numerical calculation and statistical analysis. It integrates several programs connected to each other for: numerical analysis, matrix calculation, graphical representations, signal processing and creation of interfaces.

Some examples of the most used functions for polynomial regression are:

- *polyvalm* – polynomial function with argument in a square matrix
- *polyval* – function evaluating a polynomial
- *polyfit* – polynomial function that returns the number of polynomial coefficients and the matrix structure used by other functions, such as the previous one.

4.2.Polynomial modeling of the U(i) characteristic for a classroom

Since there are no other electricity consumers in this classroom, in Figure 4.2.1 and 4.2.2 we can view the supply voltages and electric currents consumed by

the luminaires, monitored on 07.02.2018 between 09^{30} – 15^{00} hours, with the observation that between 11^{25} – 12^{05} hours they did not work.

Figure 4.2.1-Supply voltage of fluorescent tubes in the classroom

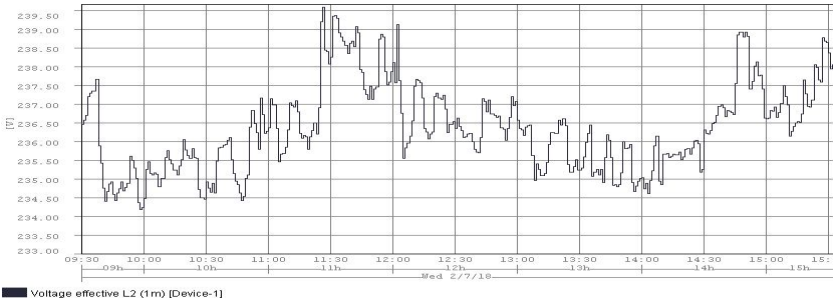
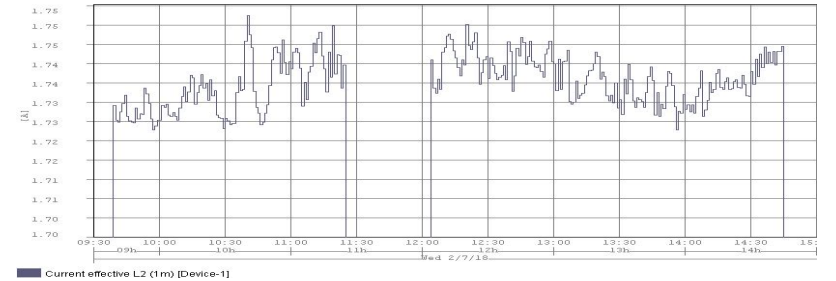


Figure 4.2.2-Electric current consumed by fluorescent tubes in the classroom



Analyzing the acquired data, we identified 6 intervals of 15 minutes each, of which:

- ✓ *range 1* – between 09^{45} and 10^{00}, in which U_{min} is located.
- ✓ *range 3* - between hours 10^{30} – 10^{45}, in which an unbalanced network behavior occurs.
- ✓ *range 5* – between 12^{20} and 12^{35} hours, in which I_{max} is located.

4.2.1. Polynomial modeling for interval 1

As we mentioned earlier, the interval 1 is between 09^{45} – 10^{00} hours, in which the minimum voltage can be observed. In Table 4.2.1.1 you can see the purchased data used to generate the graphs in the following figures.

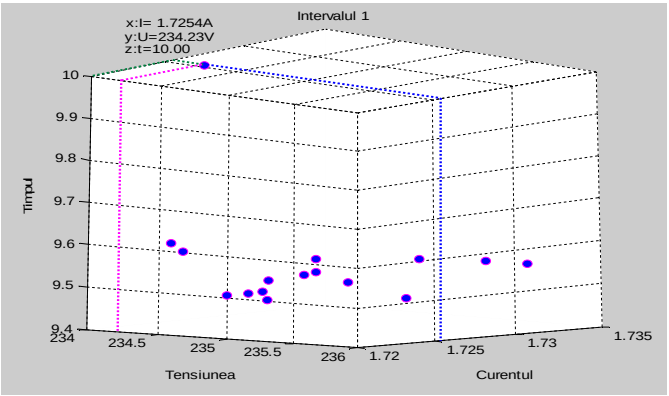
Table 4.2.1.1-Values of purchased data (U_2, I_2, t) on the line 2

Voltage	Current	Time slot
234.9303	1.731907	9.45
234.5928	1.72627	9.46
234.4328	1.725152	9.47
234.6227	1.724818	9.48
234.7422	1.724636	9.49
234.9323	1.72844	9.50
234.6772	1.725637	9.51
234.7756	1.727041	9.52

Voltage	Current	Time slot
234.8808	1.726824	9.53
235.614	1.73365	9.54
235.4941	1.73218	9.55
235.3046	1.729701	9.56
235.0274	1.725599	9.57
234.3665	1.722847	9.58
234.1784	1.723859	9.59
234.2316	1.725413	10.00

Thus, in Figure 4.2.1.1 are represented the points corresponding to the values of table 4.2.1.1 with the *plot3 function* (I_2,U_2, t) from the Matlab library.

Figure 4.2.1.1-3D graph (U_2,I_2,t)



In this regard, the *Polyfit* function is used in the MATLAB library, and the polynomial functions used to determine the voltage dependence according to the current U(I), are described in Table 4.2.1.2. The determination of the characteristic U(I) with the best accuracy is made according to the statistical parameters calculated for each polynomial function, presented in Table 4.2.1.3 by the degree of those functions.

Table 4.2.1.2 – Polynomial functions

Function	Degree Of Function
f(x) = p1*x + p2 Coefficients (with 95% confidence bounds): p1 = 112.4 (73.2, 151.7) p2 = 40.6 (-27.19, 108.4)	Linear
f(x) = p1*x^2 + p2*x + p3 Coefficients (with 95% confidence bounds): p1 = -1586 (-1.605e+004, 1.288e+004) p2 = 5596 (-4.44e+004, 5.559e+004) p3 = -4698 (-4.791e+004, 3.851e+004)	Quadratic
f(x) = p1*x^3 + p2*x^2 + p3*x + p4 Coefficients (with 95% confidence bounds): p1 = 5.042e+005 (-4.413e+006, 5.421e+006) p2 = -2.616e+006 (-2.811e+007, 2.288e+007) p3 = 4.523e+006 (-3.953e+007, 4.857e+007) p4 = -2.607e+006 (-2.798e+007, 2.277e+007)	Cubic
f(x) = p1*x^4 + p2*x^3 + p3*x^2 + p4*x + p5 Coefficients (with 95% confidence bounds): p1 = 6.33e+008 (-1.079e+009, 2.344e+009) p2 = -4.375e+009 (-1.621e+010, 7.456e+009) p3 = 1.134e+010 (-1.933e+010, 4.201e+010) p4 = -1.306e+010 (-4.84e+010, 2.227e+010) p5 = 5.643e+009 (-9.623e+009, 2.091e+010)	4
f(x) = p1*x^5 + p2*x^4 + p3*x^3 + p4*x^2 + p5*x + p6 Coefficients (with 95% confidence bounds): p1 = 8.702e+010 (-6.581e+011, 8.321e+011) p2 = -7.513e+011 (-7.19e+012, 5.687e+012) p3 = 2.595e+012 (-1.966e+013, 2.485e+013) p4 = -4.481e+012 (-4.294e+013, 3.398e+013) p5 = 3.868e+012 (-2.937e+013, 3.71e+013) p6 = -1.336e+012 (-1.282e+013, 1.015e+013)	5
f(x) = p1*x^6 + p2*x^5 + p3*x^4 + p4*x^3 + p5*x^2 + p6*x + p7 Coefficients (with 95% confidence bounds): p1 = -4.046e+011 (-2.094e+012, 1.285e+012) p2 = 4.314e+012 (-1.327e+013, 2.19e+013) p3 = -1.915e+013 (-9.554e+013, 5.724e+013) p4 = 4.53e+013 (-1.321e+014, 2.227e+014) p5 = -6.023e+013 (-2.925e+014, 1.72e+014) p6 = 4.269e+013 (-1.198e+014, 2.051e+014) p7 = -1.26e+013 (-6.003e+013, 3.484e+013)	6

Table 4.2.1.3-Statistical parameters of polynomial functions

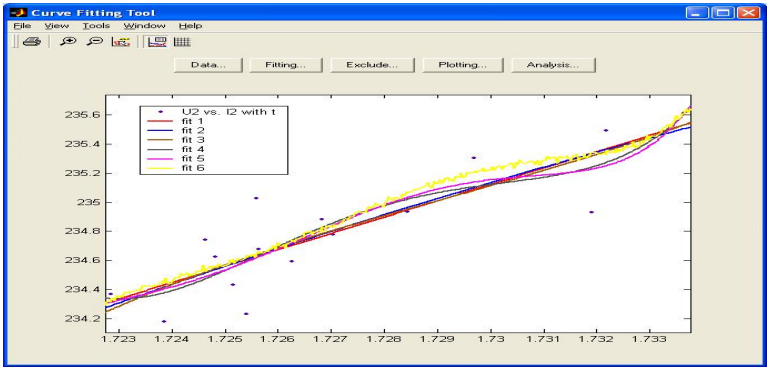
Degree of polynomial function	R-Square	Ajusted R-Square	RMSE	SSE
Linear	0.7295	0.7102	0.6969	6.799
Quadratic	0.7307	0.6893	0.7216	6.77
Cubic	0.7318	0.6648	0.7495	6.742
4	0.747	0.655	0.7603	6.359
5	0.7487	0.623	0.7948	6.318
6	0.7195	0.5324	0.8852	7.052

It can be seen that:

- R-square the closest to 1 of the chosen model is 0.7487 (polynomial Grade 5), resulting in the polynomial graph matching approximately 75% with the variation of the measured data. This is due to the fact that data acquired in real time was used, without further processing.
- Adjusted R-square the closest to 1 of the chosen model is 0.7102 (polynomial Grade 1), resulting in a better approximation of the measured data.
- RMSE the closest to 0 of the chosen model is 0.6969 (Grade 1 polynomial), resulting in a lower standard error of polynomial regression, thus a better match of the model with the purchased data.
- SSE the smallest of the chosen model is 6,318 (Grade 5 polynomial), resulting in the smallest difference between the data and the model, so the best match between the model and the purchased data.

So we could conclude, based on the presented data, that the polynomial function of Grade 5 is the most suitable.

Figure 4.2.1.2-modeling the U(I) feature using the *cftool function (I2, U2,t)*



For the modeling performed in Figure 4.2.1.2 a 95% confidence interval was chosen for polynomial coefficients.

For a more accurate analysis, the residual histogram was also performed, its errors being random.

In figures 4.2.1.3 – 4.2.1.8 it is possible to see how the relative residual errors have evolved for the polynomials of Grade 1 to Grade 6, used in the model, only for this range.

Figure 4.2.1.3-Residue histogram for polynomial function U (I) Grade 1

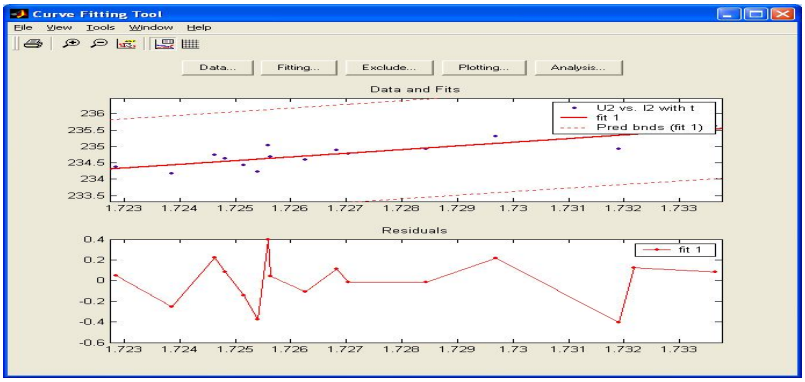


Figure 4.2.1.4-Residue histogram for polynomial function U (I) degree 2

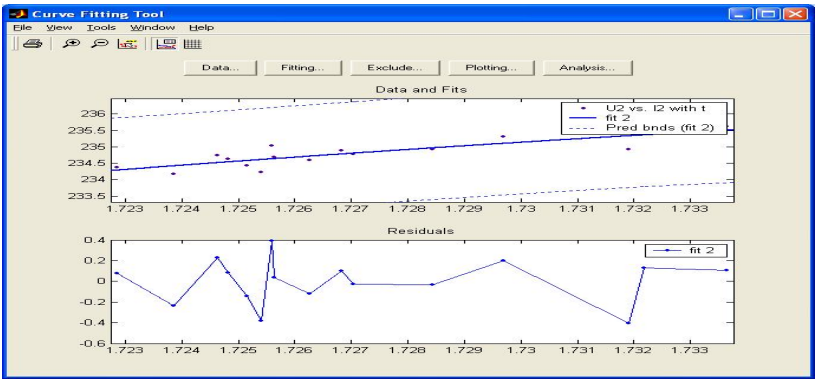


Figure 4.2.1.5 – Residue histogram for polynomial function U (I) degree 3

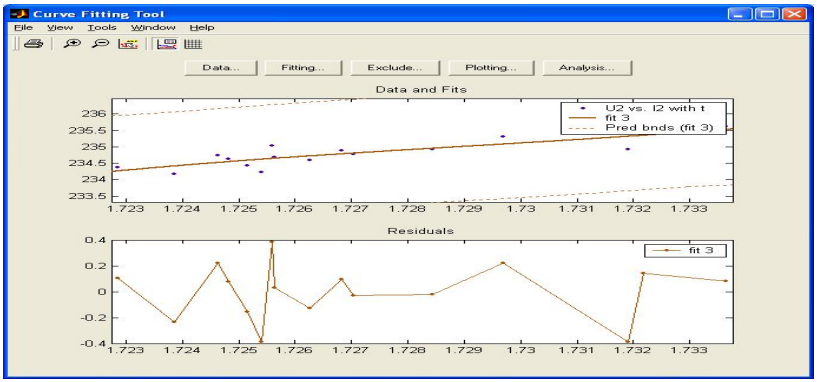


Figure 4.2.1.6 – Residue histogram for polynomial function U (I) degree 4

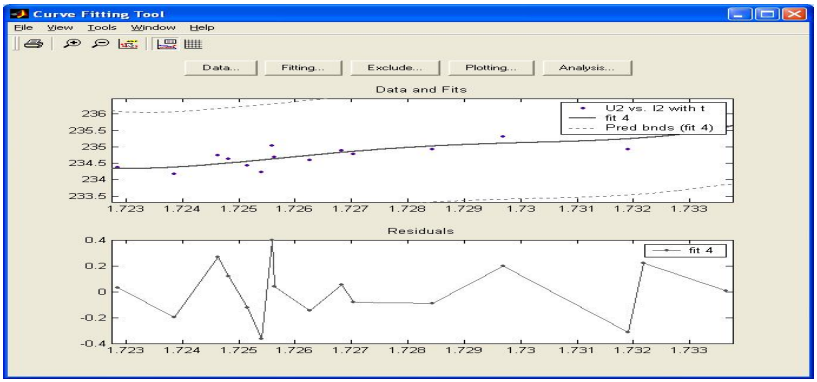


Figure 4.2.1.7 – Residue histogram for polynomial function U (I) degree 5

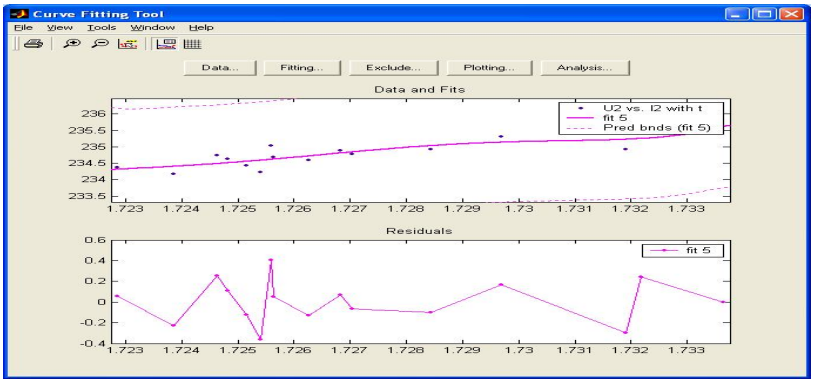
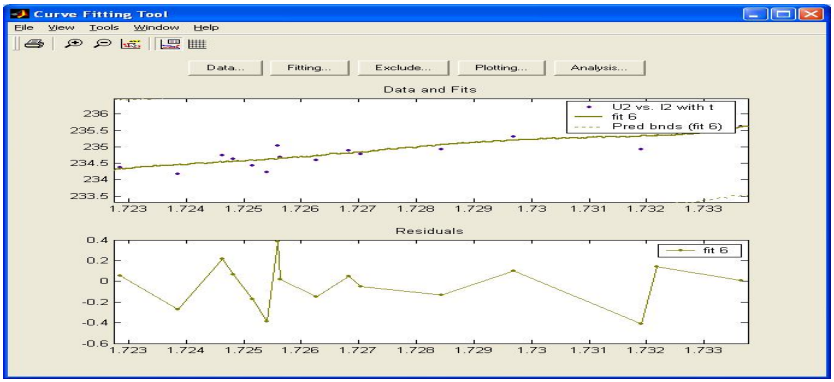


Figure 4.2.1.8 – Residue histogram for polynomial function U (I) degree 6



4.3.Polynomial modeling of the U(I) characteristic for the A building of the pre-university education unit

Since in the respective body of the educational unit, as in any building, public or private, there is no certainty that in a certain period of time, all installed electricity consumers are active, we chose for modeling the time interval 06^{00}-12^{00} from Thursday 18.01.2018, in which all three lines are monitored: L1, L2 and L3.

The weather conditions in which they made the measurements from this period, are the following: the temperature of the actual day/night of 9^0C/-2^0C, the average temperature for the day being 1^0C day and to-7^0C at night, and is a

significant factor for the influence of the consumption of electric energy with the duration of the night, when the Sun rises at 07:47 and sunset at 17:06, as well as by the operation of the school between the hours of 08:00 and 20:00.

Analyzing the acquired data we identified 15 intervals of 15 minutes each, of which:

L1:

- ✓ *range 2* – between 07^{45} and 08^{00}, in which I_{max}.
- ✓ *range 4* – between 11^{05} and 11^{20}, when U is unbalanced.

L2:

- ✓ *range 6* – between 07^{15} and 07^{30}, when they are U_{min}.
- ✓ *range 8* – between the hours 08^{10} - 08^{25}, in which it is located I_{max}.

L3:

- ✓ *range 12* – between the hours 08^{05} - 08^{20}, in which it is I_{max}.
- ✓ *range 14* – between 10^{20} and 10^{35}, when U is unbalanced

Since a polynomial function does not guarantee the increase of the quality of the result proportional to the increase of its order, after the generation of the 6 functions, they will be evaluated, thus finding the best approximation – ‚best fit'.

5. EFFICIENCY OF SPECIFIC CONSUMPTIONS AND THE POSSIBILITY OF USING RENEWABLE ENERGY SOURCES

Since we have reached the moment of recognizing the crisis of conventional energy production sources, globally we are looking for alternatives to them, focusing especially on the production of "green" energy, but also on reducing energy consumption, and last but not least the use of of materials that have as little impact as possible on the environment.

5.1.Efficiency of specific consumptions

We thus reach the purpose of this paper, to present some solutions for streamlining specific consumptions, resulting from research conducted:

Replacement of lighting fixtures consisting of fluorescent tubes with low or high pressure gas discharge, with LED bulbs, which would lead to a reduction of up to 50% of electricity consumption, but also with a high life cycle and much longer environmentally friendly.

Take for example this building A of the Technological High School "Goga Ionescu" from Titu - Dâmboviţa where we will replace the lighting fixtures shown in Table 5.1.1 with the economic ones from Table 5.1.2, having as criterion the luminous flux expressed in lumens.

Table 5.1.1 - Lighting fixtures in building A and their active powers

CONSUMERS	**GROUND FLOOR**		**FLOOR 1**		**FLOOR 2**	
	Pcs	**Consumption**	**Pcs**	**Consumption**	**Pcs**	**Consumption**
Fluorescent tube 18W - 1350lm	32	576W	46	828W	44	792W
Fluorescent tube 36W - 3350lm	10	360W	10	360W	8	288W
Neon 250W – 4900lm			1	250W		
Total		**936W**		**1438W**		**1080W**
TOTAL A Building						**3454W**

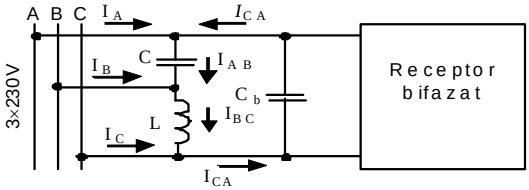
Table 5.1.2 - Proposed economical bulbs for A building and their active powers

CONSUMERS	GROUND FLOOR		FLOOR 1		FLOOR 2	
	Pcs	Consumption	Pcs	Consumption	Pcs	Consumption
LED filament bulb 10W – 1400lm	32	320W	46	460W	44	440W
LED bulb 28W – 3450lm	10	280W	10	280W	8	224W
LED bulb 48W – 4200lm			1	48W		
Total		**600W**		**788W**		**664W**
TOTAL A Building						**2052W**

We note that only the replacement of lighting consumers can make a saving of energy consumption of 1402 W/h, representing 40.59% of that used by lighting consumers used in that building.

Another method would be the introduction into the circuit of capacitors with the role of reducing inductive reactive power, thus bringing the power factor within the limits imposed by the regulations. An example of a symmetric scheme using additional reactive elements is illustrated in Figure 5.1.1.

Figure 5.1.1-Network symmetry with additional reactive elements



Where formulas (6) can be used in the calculation of the values of the three reactive elements:

$$L = \frac{\sqrt{3} \cdot U_N^2}{\omega \cdot P}; \qquad C = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot \omega \cdot U_N^2}; \qquad C_q = \frac{P \cdot \tan\varphi}{\omega \cdot U_N^2} \qquad (6)$$

It is also possible to reduce the imbalance between the power lines by redistributing consumers on the three lines, so that regardless of the time of year and the time of a day, the charge of the three lines is balanced.

5.2.Calculation and eco-financial analysis of the use of a photovoltaic system

Using the simulation application of photovoltaic systems BlueSol Design we created a model of the photovoltaic system previously presented in which we used the following components that have the characteristics, but also the mounting conditions, shown in Figure 5.2.1, respectively in Table 5.2.1:

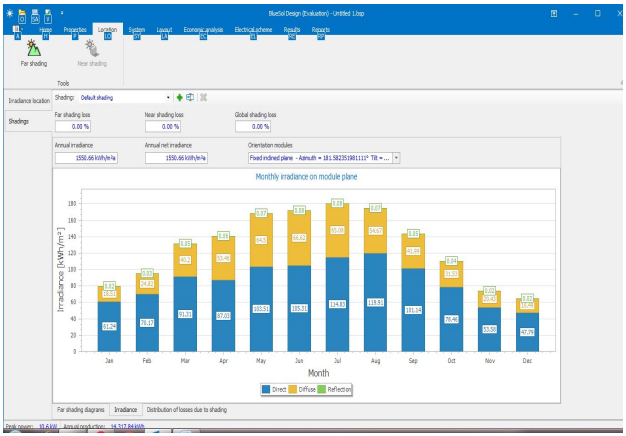


Figure 5.2.1 Solar radiation data in the experiment area

TABLE 5.2.1 TECHNICAL DATA OF PHOTOVOLTAIC PANELS TAKEN FROM THE BLUESOL APPLICATION

Construction data of the modules	
Manufacturer	AU Optronics Corporation
Model	GreenTriplex PM250M00 265W
Tecnology	Si-Mono
Nominal power	265.00 W
Tollerance	3.00%
Open circuit voltage (Voc)	38.10 V
Voltage at maximum power (Vmpp)	31.00 V
Short circuit current (Isc)	8.84 A
Current at maximum power (Impp)	8.58 A
Area	1.64 m²
Efficiency	16.2%

We note that the rated power of the photovoltaic system is 10.6 kW, and the rated voltage 400 V, being of type on grid having the advantage of lower costs compared to off grid, because the batteries are missing from the system, they have a high price and maintenance costs, which is connected to the three-phase distribution system.

It was located on another building in the precinct of the High School consisting of P+2et about 10 m high, because around it there are no obstacles that could obstruct the light during the day. Another reason for choosing this body was the geometry of the roof, which is horizontal with an area of about 560 m^2, compared to the A building on which the study was made whose roof consists of inclined planes, which produce shadows on its southern surface, thus reducing the period of the day when there is direct radiation on the Southern plane of.

Data on the installation location of the power supply generator used in the BlueSol application are shown in Table 5.2.2:

TABLE 5.2.2 PV INSTALLATION LOCATION DATA TAKEN FROM BLUESOL APPLICATION

Location data	
Location	Titu
Latitude	44.64º
Longitude	25.59º
Altitude	140 metri
Maximum temperature	27.77 ºC
Minimum temperature	-4.25 ºC
Global radiation on the flat surface	1,346.85 kWh/m²
Light radiation loss	20%

In this case, the photovoltaic generator uses the series-parallel configuration and will be divided into 2 Series Connected module strings, showing a single exposure, the angle of inclination and the angle of Azimuth being equal for all PV modules, namely:

Azimuth: 181.582351981111°

Tilt: 30°

The annual average of the daily radiation can be calculated according to the formula (7):

$$X_{Zm}= (SUM(X_{Zl1}... X_{Zl12})/12)*365 \quad (7)$$

resulting for the Daily diffuse radiation a value of 532.9 kWh/m^2 and for the direct one the value of 813.95 kWh/m^2. From the sum of the two will result the value of the annual global daily radiation of 1346.85 kWh/m^2.

We can also calculate the energy produced by the annual System (Ep,y) using the formula (8):

$$E_{p,y}= P_{nom} * I_{rr} * (1- losses)= 14317.84 \text{ kWh} \quad (8)$$

where:

P_{nom}= nominal system power: 10.6 kW

I_{rr}= annual radiation on the surface of modules: 1550.66 kWh/m^2

losses = power: 12.89%

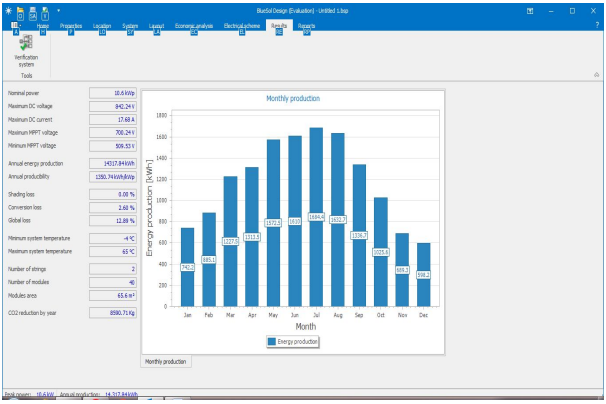


Figure 5.2.2 Monthly energy production of the photovoltaic system

Thus, it results a forecast of the energy production of the photovoltaic system over a year, visible in Figure 5.2.2, with a maximum of 1684 kW/h in summer, and a minimum of 598 kW/h in winter, resulting in a reduction of CO2 in a year by 8590.71 kg.

Life Cycle Analysis

This analysis is necessary in order to highlight the environmental impact of the photovoltaic system presented above, by assessing the energy, materials used in its manufacture and environmental pollution during its operation.

Therefore, the reduction of carbon dioxide (CO2) in the atmosphere diffused by the photovoltaic system over its lifetime is analyzed using the proposed equation (9):

$$CO_2 = (E_a \times T - E_{in}) \times \frac{1}{1 - L_a} \times \frac{1}{1 - L_{td}} \times 0.98 \quad (9)$$

where: CO_2= reduced amount of carbon dioxide

E_a= the annual energy generated is 14317.84 kW/h

T= service life is considered 30 years

E_{in}= the total built-in power is 94,616 kW/h

L_a= loss due to weak light radiation is 20%

L_{td}= the loss due to the distribution chain is 12.89%

Replacing the values in formula (3) will result in the reduced amount of carbon dioxide over the life of the proposed photovoltaic system of approximately 604 tonnes.

Another analysis of the photovoltaic system was carried out with the OpenLCA application, which assesses its impact over the Lifetime, on the environment, being generally used in the design stage of products. This method compares the effects of products and services on the environment, quantifying the entire flow of materials, and evaluating how it affects the environment.

We considered two cases:

c. the electricity supply of the A building of the high school is made from the proposed photovoltaic system.
d. the electricity supply to the A building of the high school is made only from the RD.

In this application we used the *Ecoinvent* database, from which we selected the following features:

- *Processes\Photovoltaic\Power plants* – chosen for case (a), considering the electricity produced by the photovoltaic generator of approximately 14318 kW/h according to formula (8)
- *Processes\Energy carriers and technologies\Electricity* - chosen for case (b), considering the electricity taken from the RD to be approximately 11169 kW/h according to the formula (10).

The average annual electricity is:

$$30.6 \text{ kW/h} * 365 \text{ days} = 11169 \text{ kW/h} \quad (10)$$

where the value of the average daily electricity consumed in the RD is 30.6 kW/h according to the formula (11).

$$W_p = \frac{W_{\max} \cdot 0.4 + W_{\min} \cdot 0.6}{2} \quad (11)$$

where: W_p= weighted electricity

W_p= maximum electricity

W_p= minimum electricity

The LCIA method was used to compare the two processes: *Environmental Footprint (Mid-point indicator)*, what is used for the future impact on some ecological categories, of which we can see in Figure 5.2.3.

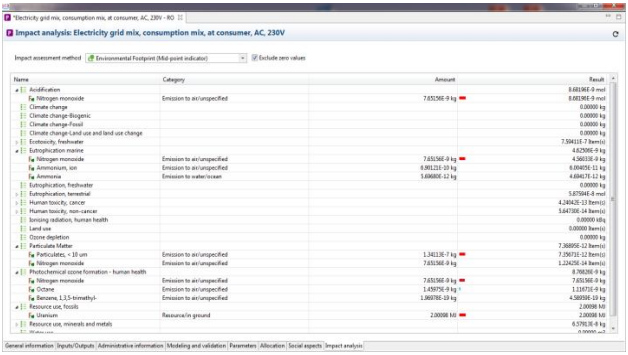


Figure 5.2.3 LCIA method for energy consumed from RD

It can be seen how the electricity produced traditionally has a strong negative impact on the environment, while the same environmental indicators for the photovoltaic generator have zero value, thus highlighting the undisputed ecological value of the mode of production of electricity " green".

Life Cycle Cost Analysis

This analysis for the previously proposed photovoltaic generator was done by determining the energy costs produced by it.

In that modelling, the following costs were taken into account:

- the cost of the initial investment

It was determined by a market study on photovoltaic generators on grid, resulting in an average cost of about 1400 Euro/kW, which is composed of: the cost of compenent modules and auxiliary materials, as well as the cost of installation and commissioning.

Thus, it can be determined using the formula (12):

$$C_i = C_{PV} * PV_{cap} \quad (12)$$

where: C_i= total cost of investment in the photovoltaic generator

C_{PV}= unit price of photovoltaic generator (Euro/kW)

PV_{cap}= total capacity of the photovoltaic generator

- cost of operation and maintenance

Since the photovoltaic generator does not contain accumulator modules of electricity, the percentage for its operation and maintenance over a period of 15 years, was considered 0.1% of the total investment, in the model previously presented in the BlueSol application, the calculation on updating its value being done with fomula (13).

$$P_M = M * \left(\frac{1+i}{1+d}\right) * \left[\frac{1-\left(\frac{1+i}{1+d}\right)^T}{1-\left(\frac{1+i}{1+d}\right)}\right] \quad (13)$$

where: P_M= current value of PV generator operation and maintenance

M= annual operating and maintenance cost as a percentage of investment expenditure

T= service life of the photovoltaic generator

- cost of depreciation

The calculation of the amortization of these expenses for the photovoltaic generator was made using the formula (14):

$$P_S = S * \left(\frac{1+i}{1+d}\right)^T \quad (14)$$

where: P_S= current value of the depreciation of the photovoltaic generator

S= depreciation value expressed as a percentage at the end of the life of the PV generator

T= service life of the photovoltaic generator

At the same time the life cycle expenses of the chosen photovoltaic generator are calculated according to the formula (15), using previously determined economic indices:

$$LCC = C_i + P_M - P_S \quad (15)$$

Using formula (16) we can determine the annual cost of the photovoltaic generator, which represents the total lifetime expenses evenly divided by the number of years of the cycle denoted by N, using both inflation and discount rate.

$$UAC = LCC * \left[\frac{1-\left(\frac{1+i}{1+d}\right)}{1-\left(\frac{1+i}{1+d}\right)^N}\right] \quad (16)$$

The determination of the unit cost of energy from the photovoltaic generator expressed in kW/h was made using formula (17), taking into account the previous annual cost and the energy produced by it in a year.

$$LCOE = \frac{UAC}{E_a} \quad (17)$$

6. CONCLUSIONS, ORIGINAL CONTRIBUTIONS AND DEVELOPMENT DIRECTIONS

At European Union level, there is a particular concern to minimise the effects of the deforming regime, thereby improving the quality of electricity. To achieve the most satisfactory results, it is recommended a better management of electricity distribution networks, a deeper analysis of the deforming regime in them, knowledge of the limitations of the energy system, and not least of the standards in force.

When the quality of the supply voltage is poor, from an economic point of view, there is a hidden, unnecessary expense, borne by the electricity beneficiary, both in the invoice issued by the supplier and in the repair of faults in the equipment connected to the electricity network in question.

The task of supervising the activity of the electricity supplier is performed by the local regulator ANRE, which ensures that there is a balance between the quality of the electricity supplied and its price.

To highlight the impact of poor electricity quality on the economy of the European Union, we see estimates of losses of around 10 billion Euros per year.

Unfortunately, in Romania compared to other European Union countries, the replacement rate of Electrical and electronic equipment is low, exceeding their life cycle, thus there is a potential for increasing energy efficiency very high.

Analyzing the quality parameters of electricity can be found the following:

- the imbalance in the load with consumers on the three lines. That is why it is necessary to balance them by moving consumers, both in terms of their influence on the network and consumption periods.

- the minimum power factor, which affects the reactive power in the network, should be provided by the beneficiary, in order not to pay the reactive energy, it is normalized to 0.92, but in reality it has much lower values, reaching up to 0.85.
- lighting fixtures formed by fluorescent tubes with low pressure gas discharge, even if they have a low consumption of active power, the reactive power exceeds the norms, not being metered. Therefore, to increase energy efficiency, they could be replaced by LED bulbs, which would lead to a reduction of up to 50% in electricity consumption.

The author contributed to the development of this field due to the research and experiments carried out, as follows:

- ✓ was monitored and analyzed the quality of electricity consumed by the building of the educational institution studied in accordance with national standards in the field of electricity distribution.
- ✓ following the analysis of the three phases that supply the A building of the educational institution, mathematical models were developed both for the whole building and only for one classroom, choosing representative time intervals, lasting a period of 15 minutes, in which there are operating regimes characterized by: maximum and minimum voltages and currents, unbalanced voltages, fluctuating current consumption.
- ✓ the respective operating regimes were mathematically modeled using polynomial regression, using the Matlab application, which generated polynomial functions from order 1 to 6, resulting in waveforms for voltage U depending on the current I in the analyzed period, which can be compared both with each other and with the graph generated by the data measured by the UMG 96RM analyzer.

- ✓ it was observed that in most modeling cases, the 6th order polynomial function generated a graph closer to the one generated by the real data.
- ✓ taking into account the commercial offer in the area, both the efficiency of specific electricity consumption and the production of green energy using photovoltaic panels were exemplified and simulated, highlighting the benefits of their realization.
- ✓ the location of the on grid photovoltaic system was simulated using the BlueSol Design application, modeling the electricity production system using the photovoltaic panels exemplified above
- ✓ an analysis was made of the cost of life of the photovoltaic generator using the OpenLCA application developed by Green Delta, showing the benefits of installing such a generator in a public institution, and its impact on the environment.

Development directions

These conclusions can be the starting point for the use of "green energy". The benefits they bring will be not only economic, but also ecological, by reducing the consumption of energy produced by the use of fossil fuels, thus reducing harmful emissions that pollute the environment.

Based on the data collected, a small part of which is presented in this report, a project to generate electricity by solar panels can be developed and implemented using mainly European funds or accessing green certificates, to cover a very large part of the costs. The rest of the expenses can be covered by government subsidies and the local budget.

BIBLIOGRAPHY

[1] National Institute of Statistics, http://www.insse.ro/cms/

[2] National Energy Regulatory Authority, Str. Constantin Nacu 3, 020995 Bucharest 37, Tel: +(4021)3112244, http:// www.anre.ro, e-mail: anre@anre.ro

[3] http://www.listainstitutii.ro
[4] http://ec.europa.eu/eurostat
[5] ANRE – National report OdysseeMure 2011-2015
[6] http://www.eurocopper.org

[7] Performance standard for the electricity distribution service

[8] Golovanov, N., Macovei, O., Fratila, I. – Electricity monitoring

[9] C. Răducanu, R. Pătraşcu - Energy Efficiency Evaluation, AGIR Publishing House, Bucharest 2006

[10] F. D. Martzloff,T. M. Gruzs, "Monitoring Power Quality", in Powertechnics Magazine, 1990.

[11] M. Roşca, "Centralized surveillance of electricity quality", in the 16th conference comfort, efficiency, energy conservation and environmental protection Bucharest.

[12] G. Oprea, H. Andrei, "*Measurement Data Analysis Of Power Quality For Industrial Loads*", IEEEAdvanced Topics in Electrical Engineering - ATEE, 7-9 May, 2015, Bucharest, Romania, paper SIMOP P8, ISSN 2068-7966, indexed by ISI Web of Science

[13] http://www.janitza.de
[14] http://www.alfaenerg.ro
[44] http://www.lumel.com.pl

[15] **Orboiu, S.: "Electricity consumption specific to pre-university education institutions", Doctoral research report, Valahia University of Târgovişte, 2018**

[16] **S. Orboiu, C. Trocan, H. Andrei: „Monitoring system for electrical energy parameters in a romanian pre-university education institution", The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty, 2018, No.18/1, p. 59 - 67, ISSN 2286 – 2455 DOI:** 10.1515/sbeef-2017-0024 **https://www.degruyter.com/view/j/sbeef.2018.18.issue-1/issue-files/sbeef.2018.18.issue-1.xml?rskey=UhQ9yA&rskey=UhQ9yA.**

[17] Veldman, E., Gibescu, M., Slootweg, H., Kling, W. L. – Impact of Electrification of Residential Heating on Loading of Distribution Networks, IEEE, 2011

[18] **Orboiu, S.: "Monitoring and analysis of electricity parameters consumed by pre-university education institutions", Doctoral research report, Valahia University of Targoviste, 2018**

[19] **H. Andrei, P.C. Andrei, E. Cazacu, Marilena Stanculescu, S. Orboiu: *„Power quality analysis based on a novel nonlinear dependence between parameters of nonsinusoidal regime"*, Proc of IEEE - ISFEE 2018, Bucharest, 1 – 3 November, paper #456-POS6, ISBN 978-1-5386-7213-6, indexat IEEE Explore si ISI-WoS (CA) DOI:** 10.1109/ISFEE.2018.8742456 **https://ieeexplore.ieee.org/document/8742456**

[20] **S. Orboiu, H. Andrei: *„DAQ and power quality analysis of electrical parameters in romanian schools"*, Proc of IEEE-Advanced Topics in Electrical Engineering -ATEE, 2019, ISBN: 978-1-7281-0101-9, ISSN 2159-3604, indexat IEEE Explore si ISI-WoS (CA), DOI:** 10.1109/ATEE.2019.8725011 **https://ieeexplore.ieee.org/document/8725011**

[21] Breaz N., Crăciun M., Gaspar M., Paraschiv-Munteanu I. - Modeling by Matlab, POSDRU / 56 / 1.2 / S / 32768, 2011

[22] **Orboiu, S.: "Modeling and optimizing the specific consumptions of pre-university education institutions", Doctoral research report, Valahia Târgovişte University, 2019**

[23] **S. Orboiu, H. Andrei: *„Modeling of pre-university education units electric energy consumption"*, Proc of IEEE - International Symposium on Electrical and Electronics Engineering - ISEEE, 2019, ISBN: 978-1-7281-2906-8, indexat IEEE Explore**

[24] Sudan M., Tiwari G.N., Energy matrices of the building by incorporating daylight concept for composite climate – An experimental study. Renewable and Sustainable Energy, 2014,6.

[25] Ecoinvent (2007). Preluat de pe Ecoinvent Center: www.ecoinvent.org

[26] EDIP 2003 Methodology. Copenhague: Danish Ministry of Environment.

[27] **S. Orboiu, H. Andrei: *„Analyze of Eco-financial Impact of PV System Integration in Educational Institutions. Case Study in Romania"*, Proc of IEEE - Electronics, Computers and Artificial Intelligence - ECAI, 2020, ISBN: 978-1-7281-6843-2, indexat IEEE Explore**

Curriculum vitae Europass

Personal Information

Name / Surname	**Constantin Sorin, Orboiu**
Address (es)	90, str. Feţe, 137395, Răzvad, Dâmboviţa, Romania
Telephone (es)	Mobile: 0724 714 127
Fax (s)	-
E-mails	orboiu_s@yahoo.com
Nationality (es)	Romanian
Date of birth	February 25, 1968
Sex	male

Targeted job / Occupational field

Education

Professional experience

Period	01.09.2009 - present
Occupation or position held	Professor
Main activities and responsibilities	Education of students according to the curriculum approved by the Ministry of National Education.
Name and address of employer	"Mihai Viteazul" Theoretical High School Visina
Type of business or sector	Education
Period	04.05.2009 - 10.06.2009
Occupation or position held	Computer consultant
Main activities and responsibilities	Advising people looking for a job, and the person in charge of the "Computer Technician" course within the professional conversion of these people.
Name and address of employer	Dambovita Unemployment Support Association
Type of business or sector	Professional counseling and conversion
Period	10.06.2005 – 01.05.2009
Occupation or position held	Software engineer
Main activities and responsibilities	Maintenance of computer systems, Maintenance and administration of the computer network, Design, development and maintenance of applications of finished products and launch of consumption vouchers and data sheets, Maintenance of the salary application previously designed and developed, Initiation of company staff in computer use.
Name and address of employer	SC ROMARM S.A. The U.M. MIJA S.A.
Type of business or sector	Manufacture of weapons and ammunition
Period	01.12.2002 – 01.08.2004
Occupation or position held	Analyst
Main activities and responsibilities	Maintenance of computer systems, Maintenance and administration of the computer network, Design, development and maintenance of a salary application with the specifics of the company, Initiation of the company's staff in the use of the computer.
Name and address of employer	SC ROMARM S.A. The U.M. MIJA S.A.
Type of business or sector	Manufacture of weapons and ammunition
Period	01.03.1992 – 30.11.2002
Occupation or position held	Medical pensioner
Period	10.10.1986 – 28.02.1992
Occupation or position held	Mechanical locksmith
Occupation or position held	Receiver-distributor since 01.08.1990
Main activities and responsibilities	Supply of forged and mechanically debuted blanks of The Vane Section 7 C.N.P. (valve factory for Cernavodă Nuclear Power Plant), as well as follow-up of all blanks in the heat treatment section and bringing them to the section.
Name and address of employer	I.U.P. Targoviste
Type of business or sector	Manufacture of valves and oil equipment

Education and Training

Period	2017 - present
Qualification / Diploma obtained	Doctoral studies
Main subjects studied / Professional skills acquired	Specialization: Electrical engineering
Name and type of educational institution / Training provider	"Valahia" University of Târgovişte DSES - Doctoral School of Engineering Sciences
Level in national or international classification	
Period	2007 - 2008
Qualification / Diploma obtained	Master
Main subjects studied / Professional skills acquired	Specialization: Modern telecommunication systems, Information processing and transmission
Name and type of educational institution / Training provider	"Valahia" University of Târgovişte Faculty of Electrical Engineering
Level in national or international classification	
Period	2001 -2004
Qualification / Diploma obtained	Engineer Diploma
Main subjects studied / Professional skills acquired	Profile: Systems and Computer Science Specialization: Automation and Industrial Informatics
Name and type of educational institution / Training provider	"Valahia" University of Târgovişte Faculty of Electrical Engineering
Level in national or international classification	
Period	1998 -2001
Qualification / Diploma obtained	Licensed College Engineer
Main subjects studied / Professional skills acquired	Profile: Systems and Computer Science Specialization: Computing Technique
Name and type of educational institution / Training provider	"Valahia" University of Târgovişte Technical University College
Level in national or international classification	

Personal skills and competences

Native (s) Language (s)	**Romanian**
Known foreign language (s)	**English**

Self-assessment	**Understanding**		**Speaking**		**Writing**
European level (*)	Obedience	Reading	Join the conversation	Oral speech	written expression
	B1	B1	B1	B1	B1

(*)Level of the Common European Framework of Reference for Languages

Social skills and competences	Sociable, open and confident. - Very good teaching skills. - Ability to work in a team.
Technical skills and competences	Access database design
Computer skills and competences	Microsoft Office, LabView, Matlab / Simulink, C ++
Driving license (s)	B Category

SCIENTIFIC WORKS, ARTICLES

PHD STUDENT:
Eng. Constantin-Sorin ORBOIU

1. **S. Orboiu**: „*Electricity parameters monitoring system at a pre-university education institution in Romania”*, Doctoral Symposium September 2018, Valahia University Târgovişte
2. **S. Orboiu**: „*Electricity consumption specific to pre-university education institutions”*, Doctoral research report, Valahia University of Târgovişte, 2018
3. **S. Orboiu**, C. Trocan, H. Andrei: „*Monitoring system for electrical energy parameters in a romanian pre-university education institution*”, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty, 2018, No.18/1, p. 59 - 67, ISSN 2286 – 2455 DOI: 10.1515/sbeef-2017-0024, https://www.degruyter.com/view/j/sbeef.2018.18.issue-1/issue-files/sbeef.2018.18.issue-1.xml?rskey=UhQ9yA&rskey=UhQ9yA.
4. **S. Orboiu**: „*Monitoring and analysis of electricity parameters consumed by pre-university education institutions”*, Doctoral research report, University of Valahia Târgovişte, 2018
5. H. Andrei, P.C. Andrei, E. Cazacu, Marilena Stanculescu, **S. Orboiu**: „*Power quality analysis based on a novel nonlinear dependence between parameters of nonsinusoidal regime*”, Proc of IEEE - ISFEE 2018, Bucharest, 1 – 3 November, paper #456-POS6, ISBN 978-1-5386-7213-6, indexat IEEE Explore si ISI-WoS (CA) DOI**:** 10.1109/ISFEE.2018.8742456, https://ieeexplore.ieee.org/document/8742456
6. **S. Orboiu**, H. Andrei: „*DAQ and power quality analysis of electrical parameters in romanian schools*”, Proc of IEEE-Advanced Topics in Electrical Engineering -ATEE, 2019, ISBN**:** 978-1-7281-0101-9, ISSN 2159-3604, indexat IEEE Explore si ISI-WoS (CA), DOI**:** 10.1109/ATEE.2019.8725011, https://ieeexplore.ieee.org/document/8725011
7. **S. Orboiu**: „*Modeling and optimization of specific consumptions of pre-university education institutions”*, Doctoral research report, Valahia University of Târgovişte, 2019
8. **S. Orboiu**, H. Andrei: „*Modeling of pre-university education units electric energy consumption*”, Proc of IEEE - International Symposium on Electrical and Electronics Engineering - ISEEE, 2019, ISBN**:** 978-1-7281-2906-8, indexat IEEE Explore, **DOI:** 10.1109/ISEEE48094.2019.9136142
9. **S. Orboiu**, H. Andrei: „*Analyze of Eco-financial Impact of PV System Integration in Educational Institutions. Case Study in Romania*”, Proc of IEEE – Electronics, Computers and Artificial Intelligence - ECAI 2020, Bucharest 25-27 June, ISBN: 978-1-7281-6843-2, indexat IEEE Explore
10. **S. Orboiu**: „*Contributions on the analysis and optimization of electricity consumption in pre-university educational institutions”*, PhD thesis, Valahia University of Targoviste, 2020