

## MEMORIU TEHNIC – CEF Universitate Bacău

### 1. Informații generale

Obiectivul de investiții poartă denumirea „Capacitate nouă de producere a energiei electrice din surse solare pentru autoconsum la Universitatea *Vasile Alecsandri* din Bacău” și este localizat în Municipiul Bacău, județul Bacău, pe amplasamentele aferente campusurilor universitare din str. Calea Mărășești nr. 157, str. Spiru Haret nr. 8 și str. Violetelor nr. 9A.

Beneficiarul investiției este Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, instituție de învățământ superior de interes public, aflată în subordinea Ministerului Educației.

Elaboratorul documentației tehnice este S.C. General Electric S.R.L. din Bacău, societate specializată în proiectare de instalații electrice, cu experiență în domeniul energiilor regenerabile.

Amplasamentele vizate sunt opt clădiri: Căminele studențești nr. 1, 2 și 4, Biblioteca, Corp B, Corp C, Corp D și Corp BO, cu diverse tipuri de acoperișuri (șarpantă și terasă).

Sursa de finanțare este Fondul pentru Modernizare, conform Contractului de finanțare nr. 835 din 02.04.2025, semnat cu Ministerul Energiei.

### 2. Date tehnice generale ale centralei fotovoltaice

#### 2.1. Putere instalată DC / AC

Puterea instalată a centralei electrice fotovoltaice (CEF) de la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău este de **516.88 kW DC** (pe partea de curent continuu, generată de panourile fotovoltaice) și **517.00 kW AC** (pe partea de curent alternativ, livrată în sistemul intern prin invertoare). Raportul de încărcare între DC și AC este de 1.00, ceea ce indică o dimensionare echilibrată a sistemului, minimizând pierderile din conversie și optimizând performanța energetică.

#### 2.2. Tipuri de echipamente utilizate

##### a) Module fotovoltaice:

- Model: **SPDG280-BC64R10-280W**, producător **Astronergy**
- Număr total module: **1.846 bucăți**, împărțite astfel:
  - **1.846 bucăți SPDG280-BC64R10-280W**
- Puterea nominală a fiecărui modul: **280 Wp**
- Tehnologie: policristalină, tensiune de operare 1000V, fără caracter bifacial

##### b) Invertoare:

- Tipuri utilizate:
  - **STP 25000TL-30** – 3 bucăți

- **STP 20000TL-30** – 2 bucăți
- **STP 12000TL-US-10 (480V)** – 1 bucată
- **STP 50-40** – 5 bucăți
- **STP 110-60** – 1 bucată
- **STP10.0-3AV-40 (400V)** – 3 bucăți
- **Total: 15 invertoare**
- Puteri instalate: între 10 kW și 110 kW, adaptate pentru segmentarea sistemului

#### c) Cabluri:

- Tip: **10 AWG cupru**, utilizate pentru stringuri fotovoltaice
- Total stringuri: **91**, dimensionate conform lungimilor și curenților proiectați

### 2.3. Configurația sistemului

#### a) Structura de montaj:

- Sistem cu **înclinare fixă de 10°**
- Tip montaj: **pe acoperișuri tip șarpantă și terasă necirculabilă (Corp D)**
- Orientare: **diversificată**, predominant **sud, sud-vest și vest**, în funcție de geometria fiecărui acoperiș (azimut între 167° și 288°)
- Material structură: **aluminiu**, cu prinderi și talpă de cauciuc pe terase

#### b) Configurație stringuri:

- Lungimi de stringuri: între **17 și 24 module/string**
- Distribuite uniform pentru fiecare zonă de acoperiș
- Prindere în **structuri 1x1** (portret sau peisaj, în funcție de segmentul de câmp)

#### c) Zone de cablare:

- Definite 11 zone de cablare, fiecare cu:
  - Combiner box-uri specifice
  - Dimensiuni ale stringurilor adaptate pe lungimi ale rackingului
  - Trasee de cablu „along racking” – adică urmând structura de susținere

### 2.4. Sistem de monitorizare

Sistemul de monitorizare și control al CEF este digital și integrat, cu următoarele componente și funcții:

#### a) Conectivitate și acces:

- **Conexiune Ethernet** permanentă pentru fiecare invertor
- **Protocol de comunicare liber programabil**, compatibil SCADA și alte aplicații

#### **b) Funcționalități monitorizare:**

- Monitorizare în timp real a **producției individuale pe fiecare invertor**
- Înregistrarea automată a datelor de producție, tensiune, curent și eficiență
- **Control de tip buclă închisă/deschisă** – pentru reglaje automate
- Generare de **alerte automate în caz de pierdere de comunicare** cu un invertor
- Compatibil cu **rețelele de 230/400V** – cu detecție dezechilibre sau pierderi de fază

#### **c) Cerințe specifice:**

- Sistemul permite integrarea cu aplicații precum Huawei FusionSolar, Goodwe SEMS sau echivalent
- Include **posibilitate de conectare la acumulatori** (pentru viitoare extinderi)
- Sistemul este conform cerințelor ANRE, **SR EN 62109, SR EN 61000, SR EN 50438**

### **3. Fundamentarea soluției tehnice**

#### **3.1. Fundamentarea alegerii amplasamentului**

Amplasamentele alese pentru implementarea centralei electrice fotovoltaice sunt cele opt clădiri componente ale campusului Universității „Vasile Alecsandri” din Bacău. Clădirile selectate sunt:

- Cămine studențești nr. 1, 2, 4
- Biblioteca Universității
- Corpurile B, C, D și BO

Criteriile principale care au stat la baza alegerii acestor amplasamente au fost:

- **Suprafețele utile disponibile pe acoperișuri**
- **Tipul acoperișului** (șarpantă sau terasă necirculabilă)
- **Accesibilitatea pentru montaj și întreținere**
- **Absența umbririlor semnificative de la copaci, clădiri sau alte obstacole**
- **Posibilitatea de racordare la punctele de consum existente**

În plus, toate imobilele sunt în proprietatea Universității, iar locațiile sunt în afara zonelor protejate arhitectural sau de patrimoniu, facilitând astfel implementarea fără constrângeri urbanistice majore.

### 3.2. Analiza potențialului solar și justificarea orientării panourilor

Analiza potențialului solar a fost realizată pe baza datelor meteorologice TMY (Typical Meteorological Year) furnizate de stația 3E – Mitiska Bacău, într-un format personalizat pentru proiect. Valorile relevante sunt:

- **Irradiere globală pe plan orizontal (GHI): 1.315,9 kWh/m<sup>2</sup>/an**
- **Irradiere pe planul panoului (POA): 1.359,1 kWh/m<sup>2</sup>/an**

Această diferență pozitivă este determinată de **orientarea și înclinarea optimă** a panourilor montate. Panourile au fost poziționate cu o înclinare de **10°** și azimuturi variabile în intervalul **167° – 288°**, pentru a se adapta fiecărei configurații de acoperiș.

Această alegere reduce pierderile din cauza umbrelor și optimizează captarea energiei solare, mai ales în lunile de vară când producția maximă coincide cu necesarul ridicat de energie pentru activitățile universitare.

### 3.3. Simulare producție anuală de energie (Raport 3E – Eninvest Realto)

Pe baza simulărilor efectuate de către Eninvest Holding Realto, utilizând software de simulare 3E și datasetul TMY, producția anuală estimată a sistemului este de **422.125 kWh/an**.

Simularea a inclus:

- Modelarea fiecărui segment de câmp (Field Segment 1–17)
- Considerarea exactă a orientării, unghiului de înclinare și tipului de montaj (portret/peisaj)
- Pierderi modelate în timp (umbrire, soiling, temperatură, mismatch, etc.)

Graficul lunar al producției arată un vârf în luna iulie (**~60.570 kWh**) și o valoare minimă în decembrie (**~10.868 kWh**), cu o distribuție corespunzătoare regimului solar din zona Bacău.

### 3.4. Estimarea randamentului și pierderilor în sistem

Randamentul general este exprimat prin **Performance Ratio (PR)**, care în acest caz este de **60,1%**, ceea ce reprezintă o valoare solidă pentru un sistem urban integrat pe acoperișuri.

**Pierderile sistemului** sunt detaliate astfel:

Tip pierdere	Valoare (%)
Umbrire	25,6%
Mismatch electric	7,4%
Temperatură	2,3%

Reflexie	4,1%
Soiling	2,0%
Invertor	2,2%
Clipping	0,8%
Pierderi AC	0,5%
Pierderi pe cabluri	0,2%

Pierderile majore vin din **umbriri inevitabile** cauzate de geometriile complexe ale acoperișurilor și de prezența unor elemente arhitecturale (coșuri, structuri înalte). Acestea au fost integrate în modelul de simulare și compensate parțial prin selecția de panouri și stringuri independente.

### 3.5. Calculul producției specifice și pierderilor energetice

Producția specifică este raportul dintre energia produsă anual și puterea instalată:

- **Producție specifică = 816,7 kWh/kWp/an**
- **Putere instalată = 517 kWp**
- **Producție totală = 816,7 × 517 ≈ 422.125 kWh/an**

Calculul pierderilor se face pornind de la puterea brută generată (nameplate) – 492.401 kWh:

<b>Etapă</b>	<b>Energie (kWh)</b>	<b>Pierdere (%)</b>
Brute (Nameplate)	492.401	-
Irradianță redusă	484.138	-1,7%
Derating temperatură	472.929	-2,3%
Pierdere mismatch electric	437.815	-7,4%
Output DC optimizat	437.002	-0,2%
Output DC restricționat	433.713	-0,8%
Output invertor	424.246	-2,2%
Energie livrată în rețea	422.125	-0,5%

Această secvență de deratinguri permite o evaluare realistă a performanței, iar pierderile sunt în marje acceptabile pentru proiecte integrate pe acoperiș.

### 3.6. Alegerea echipamentelor conform performanței

#### a) Panouri fotovoltaice

A fost ales modelul **SPDG280-BC64R10-280W**, datorită:

- Fiabilității testate în medii climatice variate
- Tensiunii de sistem de 1000V, favorabilă pierderilor reduse
- Compatibilitate cu structurarea pe șarpante și terase
- Eficienței acceptabile în contextul prețului și spațiului disponibil

#### **b) Invertoare**

Soluția multibrand propusă include:

- Invertoare de la 10 la 110 kW, pentru adaptabilitate
- Eficiență > 98%
- MPPT multi-trackere pentru optimizarea pe stringuri
- Protecții integrate: anti-insularizare, supratensiune, curent rezidual

#### **c) Structuri de susținere**

- Aluminiu anodizat cu cleme de echipotentializare
- Sisteme de prindere fără perforare pentru terasa (Corp D)
- Cleme cu talpă de cauciuc și lestare testată

#### **d) Cabluri și protecții**

- 10 AWG cupru, dimensionat pentru curenți nominali
- Combiner box-uri echipate cu SPD DC și siguranțe fuzibile
- Sistem complet de împământare și protecție echipotentială

*Soluția tehnică aleasă maximizează producția pe un spațiu urban limitat, optimizează randamentul prin selecția echipamentelor și reduce impactul pierderilor sistemice. Sistemul este scalabil, compatibil cu stocare viitoare și respectă toate reglementările ANRE și standardele europene relevante.*

### **4. Descrierea lucrărilor de execuție**

#### **4.1. Montaj panouri fotovoltaice**

Montajul panourilor fotovoltaice reprezintă una dintre fazele esențiale ale execuției centralei electrice fotovoltaice și implică amplasarea a **1.846 module fotovoltaice** de tip **SPDG280-BC64R10-280W** (Astronergy) pe acoperișurile a 8 clădiri ale Universității „Vasile Alecsandri” din Bacău.

Clădirile beneficiază de acoperișuri **tip șarpantă** și **terasă necirculabilă**, ceea ce impune adaptarea tipului de structură pentru fiecare caz:

- Pe **acoperișurile șarpantă**, panourile vor fi montate în sistem înclinat de **10°**, orientate spre sud, sud-vest sau vest, în funcție de dispunerea fiecărui acoperiș.

- Pe **acoperișul tip terasă (Corp D)**, montajul se face **prin lestare** cu structuri special concepute pentru a **nu perfora hidroizolația** și pentru a proteja stratul suport prin talpă de cauciuc.

#### **Etape specifice montajului:**

1. Trasarea amplasamentului conform planurilor de execuție
2. Ancorarea sau fixarea structurilor de susținere pe șarpante
3. Lestarea structurilor pe terasă
4. Montajul modulelor fotovoltaice în configurație portret/peisaj
5. Prinderea cu cleme de capăt și mijloc, echipotentializare cu conectori speciali
6. Verificarea poziționării și alinierii panourilor

Montajul trebuie să țină cont de rezistența la vânt (până la 2400 Pa) și încărcarea cu zăpadă (până la 5400 Pa), conform fișelor tehnice ale modulelor.

#### **4.2. Montaj invertoare și tablouri electrice**

Invertoarele utilizate sunt de tipuri multiple (STP 25000TL-30, STP 50-40, STP 110-60 etc.) și sunt grupate în funcție de amplasament și puterea secțiunii.

#### **Montajul acestora presupune:**

- Fixarea pe perete sau pe cadru metalic în camere tehnice sau spații ventilate
- Racordarea la stringuri DC provenite de la combiner box-uri
- Racordarea la tablouri AC de distribuție

Fiecare invertor este dotat cu protecții încorporate: anti-insularizare, protecție la supratensiune, arc electric, MPPT și poate fi configurat individual prin interfață digitală sau Ethernet.

#### **Tablourile electrice (AC) vor include:**

- Siguranțe automate
- Protecții diferențiale
- Disjunctoare pentru fiecare ramură
- Contor bidirecțional certificat ANRE
- Paratrăsnet AC clasa II

Se va realiza **marcarea circuitelor**, **eticheta de avertizare** și se va asigura **accesibilitate și protecție la umiditate (IP65+)**.

#### **4.3. Cablaje și conexiuni AC/DC**

Pentru partea de curent continuu (DC), cablurile utilizate sunt de **tip 10 AWG cupru**, proiectate pentru tensiuni de până la 1000V și rezistente la UV și temperaturi extreme.

**Conexiunile DC includ:**

- Legătura dintre module în cadrul stringurilor
- Trasee între stringuri și combiner box-uri
- Trasee combiner box → inverter

**Pe partea de curent alternativ (AC):**

- Se vor utiliza cabluri cu secțiuni de 6–35 mm<sup>2</sup>, în funcție de distanță și sarcină
- Cablurile vor fi trase în tuburi HDPE sau canale metalice
- Se va asigura echipotențializarea între circuite și carcasele metalice

Toate traseele vor fi prevăzute cu protecție mecanică, fixare din 0,5m în 0,5m, iar conexiunile vor fi executate cu conectori industriali certificați.

#### **4.4. Structuri de susținere și lucrări civile**

Structura de susținere a panourilor va fi realizată din **aluminiu anodizat**, oferind:

- Rezistență ridicată la coroziune
- Garanție minimă de 15 ani
- Greutate redusă per m<sup>2</sup>

**Pentru acoperișurile șarpantă:**

- Structurile vor fi ancorate în căpriori sau grinzi, cu respectarea detaliilor de prindere și cu utilizarea șuruburilor autoforante și garniturilor de etanșare.

**Pentru terasa necirculabilă (Corp D):**

- Se va monta sistem de **lestare cu contragreutăți**
- Nu se vor face străpungeri ale membranei hidro
- Se va folosi **talpă de cauciuc** la contactul cu membrana
- Dispunere Est-Vest, două panouri spate în spate, pe un cadru unitar

**Lucrări civile auxiliare:**

- Betonare ușoară pentru posturile de transformare sau tablouri de câmp (dacă e cazul)
- Refacerea zonelor de pătrundere a cablurilor în clădiri
- Fixarea dulapurilor electrice

#### **4.5. Lucrări de împământare și paratrăsnet**

Împământarea este un element esențial în protecția sistemului.

**Se va realiza:**

- Rețea de bare de cupru 25x4 mm montate pe acoperiș
- Conectare la sistemul de împământare al clădirii
- Rezistența totală de dispersie sub 10 ohmi

**Pentru protecția la trăsnet (paratrăsnet):**

- Se montează SPD (Surge Protection Devices) de tip T2 pentru DC și AC
- Se conectează la aceeași rețea de împământare
- Combiner box-urile sunt echipate cu protecții fuzibile și descărcătoare de supratensiune

Pe fiecare string și pe fiecare linie de alimentare AC se va monta un parafulger dimensionat corespunzător cu tensiunea nominală.

**4.6. Sisteme SCADA / Monitorizare**

Sistemul de monitorizare SCADA permite supravegherea, înregistrarea și controlul parametrilor CEF în timp real.

**Funcționalități principale:**

- Monitorizarea inverter cu detalii despre tensiuni, curenți, randamente
- Înregistrarea automată a datelor în server local sau cloud
- Generare alerte: pierdere comunicare, suprasarcină, randament scăzut
- Export date către aplicații externe (CSV, Excel, API)
- Interfață web securizată pentru administratori și operatori
- Integrare cu senzori de iradiere, temperatură, consum și contorizare bidirecțională

**Interconectare:**

- Prin rețea Ethernet
- Protocol Modbus TCP/IP, disponibil pentru integrare în sisteme SCADA existente

**Echipamente utilizate:**

- Gateway de date + convertor RS485-Ethernet
- Contor smart pentru injecție în rețea
- Platformă digitală compatibilă Huawei FusionSolar, SMA Sunny Portal sau echivalent

*Lucrările de execuție sunt detaliate și standardizate, urmărind minimizarea riscurilor, respectarea normelor de protecție și obținerea unei performanțe energetice maxime. Toate activitățile sunt realizate cu echipamente certificate, respectând cerințele ANRE și normele europene în vigoare.*

## **5. Racordarea la rețeaua electrică**

### **5.1. ATR și cerințe operator de distribuție**

Racordarea centralei electrice fotovoltaice la rețeaua electrică a fost fundamentată pe baza **Avizelor Tehnice de Racordare (ATR)** emise de **Delgaz Grid**, în conformitate cu Ordinul ANRE nr. 228/2018 și nr. 132/2020.

**ATR-urile au fost emise pentru fiecare punct de consum/producere din cadrul celor 8 locații**, pe baza cărora s-au stabilit:

- puterile aprobate per locație,
- punctele de delimitare între instalațiile utilizatorului și rețeaua publică,
- tipul de contorizare acceptat (bidirecțională),
- cerințele tehnice privind echipamentele de protecție și monitorizare.

Conform caietului de sarcini, toate sistemele fotovoltaice se vor integra în instalațiile electrice existente, iar racordarea se va realiza la **rețeaua de joasă tensiune (400 V)**, acolo unde este posibil, sau la **rețeaua de medie tensiune (20 kV)** prin intermediul unui post de transformare existent sau nou.

**Cerințe specifice de la Delgaz Grid includ:**

- Certificat de racordare per locație
- Invertoare conforme cu lista ANRE de echipamente omologate
- Scheme de protecție cu deconectare automată și reconectare temporizată
- Protocol liber programabil pentru comanda inverterului
- Acces la date de contorizare prin platformă digitală

### **5.2. Post de transformare și celule MT**

În cazul locațiilor unde consumul depășește limita racordării în JT (Joasă Tensiune), racordarea la MT (Medie Tensiune, 20 kV) se realizează printr-un **post de transformare propriu**.

Pentru Universitatea „Vasile Alecsandri” s-a prevăzut utilizarea postului de transformare **tip 4 kVA, 20/0,23 kV**, cu montaj interior și conectare la celula TSI a punctului de conexiune proiectat.

**Componente ale postului de transformare:**

- Transformator de putere 400–1000 kVA, racordat în triodă
- Celule de medie tensiune (închidere, protecție, măsură):
  - Celulă de **protecție cu disjunctori** (protecție maximă, minimă și diferențială)
  - Celulă de **măsură** pentru contorizarea energiei în MT
  - Celulă **de interfață** cu rețeaua Delgaz Grid
- Compartiment JT cu tablouri de distribuție, echipamente de protecție și contorizare

#### **Postul va îndeplini următoarele cerințe tehnice:**

- Ventilație naturală și/sau forțată
- Sistem de împământare echipotential
- Spațiu de manevră conform normelor I7/2011
- Accesibilitate pentru operatorii de rețea

#### **5.3. Protecții și scheme electrice de racordare**

Sistemele fotovoltaice vor fi dotate cu un set complet de protecții, în conformitate cu standardele ANRE, SR EN 50549 și cerințele operatorului de distribuție.

#### **Protecțiile sunt împărțite pe două nivele:**

##### **a) Protecții pe invertor (interne)**

- Protecție la supratensiune în curent continuu (SPD DC)
- Protecție la supratensiune în curent alternativ (SPD AC)
- Protecție anti-insularizare
- Protecție arc electric
- Protecție la supracurent
- Protecție termică

##### **b) Protecții externe – scheme de racordare**

- **Deconectare automată** la dispariția tensiunii din rețea
- **Reconectare temporizată** după stabilizarea parametrilor (tensiune, frecvență)
- Protecții **de minimă și maximă tensiune** (ex: 195V – 253V)
- Protecții **de minimă și maximă frecvență** (ex: 47,5Hz – 51,5Hz)
- Protecție la curent de scurtcircuit – disjunctoare magnetotermice
- Siguranțe fuzibile și relee de control în tablourile generale

- Relee de monitorizare calitate energie (THD, dezechilibre de fază)

**Schema electrică unifilară** va include:

- Legătura panouri → combiner box-uri → invertor
- Invertoare → tablou AC de câmp → tablou general
- Tablou general → contor bidirecțional → rețea internă / post de transformare

#### **5.4. Plan de contorizare și măsurare energie**

Contorizarea energiei produse, autoconsumate și injectate în rețea este un element esențial pentru evaluarea performanței sistemului și raportarea către autorități.

**Planul de contorizare presupune:**

##### **a) Contoare principale (certificat MID/ANRE)**

- Instalate în tablourile principale de la fiecare punct de consum
- Tip bidirecțional (măsoară separat energia produsă, consumată și injectată)
- Conectate la sistemul de monitorizare SCADA
- Parametri mășurați: kWh, kVarh, V, A, cos  $\varphi$ , THD

##### **b) Contoare auxiliare:**

- Pe fiecare invertor (producție individuală)
- Pe segmentele principale de consum (corpuri de clădire mari)
- Accesibile prin interfață web (Ethernet, WiFi)

##### **c) Platformă de integrare:**

- Transmitere date către sistemul intern al universității
- Export automat lunar pentru raportare în cadrul programului de finanțare (Fondul pentru Modernizare)
- Posibilitate de integrare cu aplicații de analiză energetică (ex: PVSol, PVsyst, SEMS)

**Măsurarea și verificarea datelor** se va face conform metodologiei ANRE pentru prosumatori, cu posibilitatea:

- validării consumului real
- verificării curbelor de sarcină
- optimizării dimensionării viitoare (inclusiv pentru baterii sau extinderi)

*Racordarea centralei fotovoltaice la rețeaua electrică este proiectată cu respectarea tuturor normelor tehnice în vigoare, prin utilizarea de echipamente certificate și protecții complete. Sistemul va permite monitorizarea transparentă și în timp real a energiei, facilitând atât*

*controlul tehnic, cât și raportarea instituțională. Flexibilitatea implementată prin contorizarea detaliată și protecțiile inteligente asigură o operare sigură și eficientă, cu posibilitatea extinderii sistemului în viitor.*

## **6. Analiza energetică și economică**

Analiza energetică și economică a centralei fotovoltaice propusă pentru Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău evidențiază un proiect viabil, eficient și sustenabil, atât din punct de vedere tehnic cât și financiar. Sistemul are o putere instalată de 517 kWp și este proiectat să producă anual aproximativ 422.125 kWh de energie electrică. Această valoare a fost obținută pe baza simulărilor efectuate în platforma 3E, folosind date meteorologice TMY și modelând exact configurațiile de acoperiș și orientările panourilor. Producția variază sezonier, cu un vârf estimat în lunile mai–iulie (peste 55.000 kWh/lună) și o producție minimă în lunile de iarnă (10.000–13.000 kWh). Producția specifică ajunge la 816,7 kWh/kWp/an, un indicator optim pentru sistemele urbane instalate pe acoperișuri.

Datorită faptului că sistemul este destinat preponderent autoconsumului, beneficiile financiare se manifestă prin economii la factura de energie și, în lunile excedentare, prin vânzarea surplusului în rețea. Estimând un procent de 25% energie injectată în rețea și aplicând un tarif mediu de 0,45 RON/kWh, rezultă venituri directe de aproximativ 47.500 RON/an. Restul de 75% din energia produsă este autoconsum și determină o reducere a achiziției de energie din rețea la un tarif mediu de 0,75 RON/kWh, ceea ce echivalează cu o economie anuală de aproximativ 237.000 RON. În total, beneficiul brut anual depășește 284.000 RON, sumă care contribuie direct la recuperarea investiției și susținerea funcționării sistemului.

Costurile de operare și mentenanță sunt modeste, estimate la 18.000 RON/an. Acestea includ revizii anuale, asigurări, servicii de monitorizare SCADA și intervenții minore. Prin scăderea acestor costuri din beneficiul brut anual, rezultă un beneficiu net de peste 266.000 RON/an. Valoarea totală a investiției este estimată la 2.400.000 RON, iar metoda de amortizare utilizată este cea liniară, pe o durată de 20 de ani. Astfel, amortizarea contabilă anuală este de 120.000 RON, iar perioada de recuperare economică este sub 9 ani, o valoare foarte bună pentru o investiție publică cu durată lungă de viață.

Analiza financiară detaliată indică o valoare actualizată netă (NPV) pozitivă, de aproximativ 1.227.000 RON, la o rată de actualizare de 5%, ceea ce subliniază profitabilitatea investiției pe termen lung. Raportul cost-beneficiu (B/C ratio) este de peste 1,5, iar rata internă de rentabilitate (IRR) este estimată la 12,8%, valori care depășesc semnificativ pragurile minime de eligibilitate pentru finanțare europeană. În concluzie, proiectul nu doar că aduce beneficii economice directe Universității, dar contribuie și la reducerea amprentei de carbon, la stabilitatea costurilor energetice și la creșterea independenței energetice instituționale.

## **7. Impact asupra mediului**

*Impact asupra mediului* al proiectului de implementare a centralei electrice fotovoltaice la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău reprezintă o componentă esențială în analiza durabilității și a integrării armonioase a investiției în contextul urban și natural local. Energia

regenerabilă produsă de sistemul fotovoltaic va contribui în mod semnificativ la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, fără a genera emisii poluante în timpul operării. Totodată, proiectul are un impact minim asupra factorilor de mediu precum solul, aerul, apa, biodiversitatea, nivelul de zgomot sau peisajul urban, fiind o soluție curată, silențioasă și cu amprentă fizică redusă.

În ceea ce privește **reducerea emisiilor de dioxid de carbon (CO<sub>2</sub>)**, simulările energetice indică o producție anuală de peste 422.000 kWh de energie electrică. Aplicând un coeficient mediu de conversie de 0,84 kg CO<sub>2</sub>/kWh pentru energia produsă în sistemul energetic național (bazat parțial pe surse convenționale), rezultă că sistemul fotovoltaic va evita anual emiterea a aproximativ **353,68 tone de CO<sub>2</sub>**. Pe durata de viață estimată a centralei – minimum 20 de ani – cantitatea totală de emisii evitate depășește 7.000 de tone de CO<sub>2</sub>, contribuind semnificativ la obiectivele locale, naționale și europene privind decarbonizarea.

Energia solară are avantajul de a fi complet curată în faza de exploatare. În comparație cu centralele pe combustibili fosili, care emit continuu CO<sub>2</sub>, oxizi de azot, sulf și particule fine, centrala fotovoltaică nu generează emisii atmosferice, nici poluare fonică, nici deversări în sol sau apă. Mai mult, aceasta contribuie indirect și la reducerea poluării locale prin scăderea consumului energetic din rețea și implicit a producției în centralele convenționale din România.

Referitor la **impactul vizual și fonic**, sistemul este proiectat să se integreze discret în structura urbană existentă. Panourile fotovoltaice sunt instalate **pe acoperișurile existente ale clădirilor** universității, fără a modifica substanțial aspectul fațadelor sau a crea elemente de discontinuitate pe verticală. Înălțimea adăugată prin structura de montaj este de aproximativ 30–50 cm, cu un unghi de înclinare de 10°, ceea ce nu afectează semnificativ linia acoperișului. Datorită acestui montaj pe clădiri deja existente, nu există impact asupra peisajului natural sau al fondului construit înconjurător, iar spațiile verzi sau suprafețele permeabile ale campusului nu sunt ocupate sau modificate.

Din punct de vedere fonic, echipamentele principale ale centralei – panourile solare și invertoarele – nu generează zgomot în exploatare. Panourile fotovoltaice nu conțin piese în mișcare, iar invertoarele moderne sunt dotate cu ventilatoare silențioase, cu emisii sonore sub 25–30 dB, similare unui șoaptit. Acestea sunt amplasate în spații tehnice dedicate, ceea ce reduce și mai mult posibilitatea de a crea disconfort fonic pentru studenți sau personalul academic. Prin urmare, sistemul este considerat complet **neperturbator fonic**, neafectând desfășurarea activităților educaționale sau administrative.

În ceea ce privește **conformarea cu legislația de mediu**, proiectul se aliniază la toate reglementările naționale și europene aplicabile. Conform HG nr. 445/2009 privind evaluarea impactului asupra mediului, proiectele de montare a panourilor solare pe clădiri nu intră în categoria proiectelor care necesită raport EIM (Evaluare Impact Mediu) sau studii de evaluare adecvată, cu excepția cazurilor în care se afectează arii naturale protejate, monumente istorice sau zone de protecție specială. Universitatea „Vasile Alecsandri” nu se află în arii protejate, iar clădirile vizate nu sunt clasificate ca monumente istorice.

Totodată, proiectul respectă:

- Legea nr. 292/2018 privind evaluarea strategică de mediu;
- OUG nr. 195/2005 privind protecția mediului, republicată;
- Directiva UE 2011/92/UE privind evaluarea efectelor anumitor proiecte publice și private asupra mediului;
- Normele ANRE privind eficiența energetică și generarea descentralizată.

În ceea ce privește echipamentele utilizate, toate componentele sunt certificate CE și RoHS, iar producătorii panourilor și invertoarelor dețin declarații de conformitate cu reglementările privind siguranța, reciclarea și sustenabilitatea. Sistemele de prindere și izolație nu conțin substanțe periculoase, iar eventualele deșuri rezultate în etapa de instalare (cabluri, ambalaje, componente defecte) vor fi gestionate prin operatori autorizați, conform OUG nr. 92/2021 privind regimul deșeurilor.

În plus, Universitatea se angajează ca la finalul duratei de viață a sistemului să gestioneze reciclarea echipamentelor fotovoltaice prin parteneriate cu operatori specializați în reciclarea modulelor solare, în conformitate cu Planul Național de Gestionare a Deșeurilor și obiectivele de economie circulară ale UE. Panourile fotovoltaice au o durată de viață estimată de peste 25 ani, iar invertoarele de aproximativ 10–15 ani, ceea ce înseamnă că înlocuirea echipamentelor se va face etapizat și responsabil.

În concluzie, impactul asupra mediului al proiectului este pozitiv, prin reducerea emisiilor poluante, minimizarea intervenției fizice asupra amplasamentului, integrarea vizuală și auditivă discretă, precum și prin respectarea riguroasă a legislației de mediu. Proiectul reprezintă un exemplu de bună practică în tranziția către un model educațional și instituțional sustenabil, cu impact pozitiv asupra mediului, economiei locale și comunității academice.

## **8. Măsuri de securitate și protecție**

Capitolul dedicat măsurilor de securitate și protecție abordează ansamblul de soluții tehnice și organizatorice implementate în cadrul centralei fotovoltaice de la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, menite să asigure funcționarea în condiții de maximă siguranță a echipamentelor, a personalului și a utilizatorilor clădirilor. Fiind un sistem de producere a energiei electrice pe acoperișurile unor clădiri publice, măsurile de protecție vizează în mod special prevenirea incendiilor, protecția împotriva șocurilor electrice și controlul accesului în zonele tehnice.

### **8.1. Protecții la incendiu**

Prevenirea riscului de incendiu este o prioritate în proiectarea și implementarea centralei fotovoltaice. Panourile solare și echipamentele asociate sunt fabricate din materiale ignifuge sau auto-stingătoare, având certificări internaționale de rezistență la foc conform standardelor IEC 61730 și UL 1703. Cablurile utilizate sunt de tip **LSZH** (Low Smoke Zero Halogen), ceea ce înseamnă că în caz de incendiu degajă o cantitate redusă de fum și nu eliberează gaze

toxice. Toate conexiunile electrice sunt realizate cu conectori industriali certificați IP67/IP68, etanși la apă și praf, cu protecție împotriva scurtcircuitelor.

Invertoarele sunt prevăzute cu sisteme de detecție și oprire în caz de arc electric, iar toate componentele DC sunt echipate cu siguranțe fuzibile și protecții de supratensiune, pentru a evita formarea de puncte fierbinți sau arcuri de descărcare. În plus, în fiecare tablou de distribuție sunt prevăzute **relee termice și protecții diferențiale**, care întrerup automat alimentarea în cazul detectării unor anomalii.

De asemenea, conform legislației naționale privind apărarea împotriva incendiilor (Legea nr. 307/2006 și Normativ P118/2015), toate spațiile tehnice unde sunt instalate invertoare sau echipamente electrice vor fi dotate cu **stingătoare portabile de tip CO<sub>2</sub> sau pulbere**, montate la vedere și semnalizate corespunzător. În caz de întreținere sau intervenții planificate, se vor respecta procedurile de oprire în siguranță și de lucru sub tensiune zero.

## 8.2. Securizarea perimetrului

Deoarece instalația este distribuită pe acoperișurile mai multor clădiri universitare, măsurile de securitate fizică se concentrează pe protecția echipamentelor împotriva vandalismului, accesului neautorizat și riscurilor asociate lucrului la înălțime. Accesul la acoperișurile clădirilor este restricționat doar pentru personal tehnic autorizat, iar traseele de cablu și tablourile electrice sunt montate în **canale metalice închise**, protejate împotriva intervenției accidentale.

Invertoarele și echipamentele SCADA sunt instalate în **camere tehnice securizate**, închise cu chei sau coduri de acces, iar cablurile expuse sunt protejate anti-vandalism. De asemenea, toate punctele de conectare vor fi semnalizate cu **etichete de avertizare de tensiune** și panouri informative, conform HG 1146/2006 privind cerințele minime de securitate.

Pe acoperișuri vor fi montate bariere fizice temporare (balustrade, parapeti) pe durata lucrărilor și întreținerii, iar personalul va fi echipat cu echipamente de protecție personală (hamuri, căști, mănuși), în conformitate cu Legea SSM nr. 319/2006 și normele aplicabile lucrului la înălțime.

## 8.3. Protecții electrice și echipamente de siguranță

Protecțiile electrice ale sistemului sunt proiectate pentru a garanta siguranța instalației în exploatare, dar și a personalului tehnic și a beneficiarului. Acestea includ:

- **Protecții la supratensiune (SPD)** pe ambele părți: DC și AC
- **Disjunctoare magnetotermice și diferențiale** în tablourile de distribuție
- **Relee de protecție la dezechilibru de fază**, sub/supratensiune și frecvență
- **Protecție anti-insularizare** integrată în invertor, care oprește producția în cazul căderii rețelei, prevenind riscurile pentru echipele de intervenție
- **Seccionatoare manuale** pe circuitele principale pentru deconectare rapidă în caz de urgență

- **Echipoțențializare și împământare completă** a panourilor, invertoarelor și structurii metalice

Toate echipamentele respectă standardele EN 50549, SR EN 62109 și sunt avizate de ANRE pentru funcționare în regim de prosumator. De asemenea, întregul sistem este supravegheat prin SCADA, iar anomaliile electrice sunt detectate și raportate în timp real.

În plus, planul de întreținere va include revizii periodice ale elementelor de protecție și măsurători de izolație electrică, împământare și echilibru de fază, cu documentare tehnică și semnalarea eventualelor neconformități.

*În concluzie, sistemul fotovoltaic este proiectat cu multiple niveluri de protecție integrate, astfel încât să asigure exploatarea în condiții de maximă securitate, atât pentru echipamente, cât și pentru personal. Printr-o combinație de tehnologii moderne, echipamente certificate și măsuri organizatorice riguroase, centrala fotovoltaică va funcționa în parametri optimi, fără riscuri pentru utilizatori sau mediu.*

## **9. Calendar de implementare**

Implementarea proiectului de realizare a centralei electrice fotovoltaice la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău este planificată într-un interval clar definit, în conformitate cu graficul de execuție asumat prin contractul de finanțare și cu respectarea legislației aplicabile în domeniul achizițiilor publice și execuției lucrărilor de construcții-montaj.

### **9.1. Durata estimată a execuției**

Durata totală de implementare este estimată la **120 de zile calendaristice (4 luni)** de la data ordinului de începere, distribuită astfel:

- **Faza de proiectare tehnică și avizare:** 30 zile
- **Achiziție și livrare echipamente:** 30 zile
- **Execuție lucrări de montaj:** 45 zile
- **Testare, punere în funcțiune și recepție finală:** 15 zile

Calendarul de implementare este conceput pentru a minimiza interferențele cu activitatea didactică a Universității și a asigura un ritm susținut, dar realist, de desfășurare a lucrărilor, având în vedere distribuția sistemului pe mai multe clădiri.

### **9.2. Faze și etape tehnice**

Procesul de implementare este structurat în următoarele etape tehnice majore:

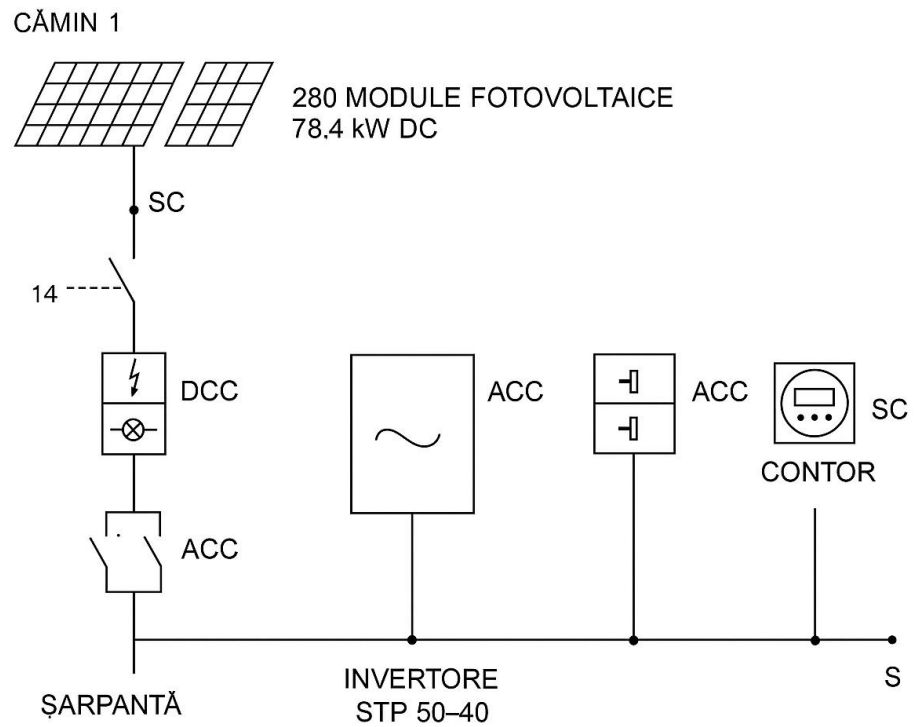
#### **Faza I – Proiectare și autorizare (Ziua 1 – Ziua 30)**

- Realizarea proiectului tehnic detaliat
- Verificare internă și revizuire de specialitate
- Obținerea avizului Delgaz Grid (dacă este necesar)

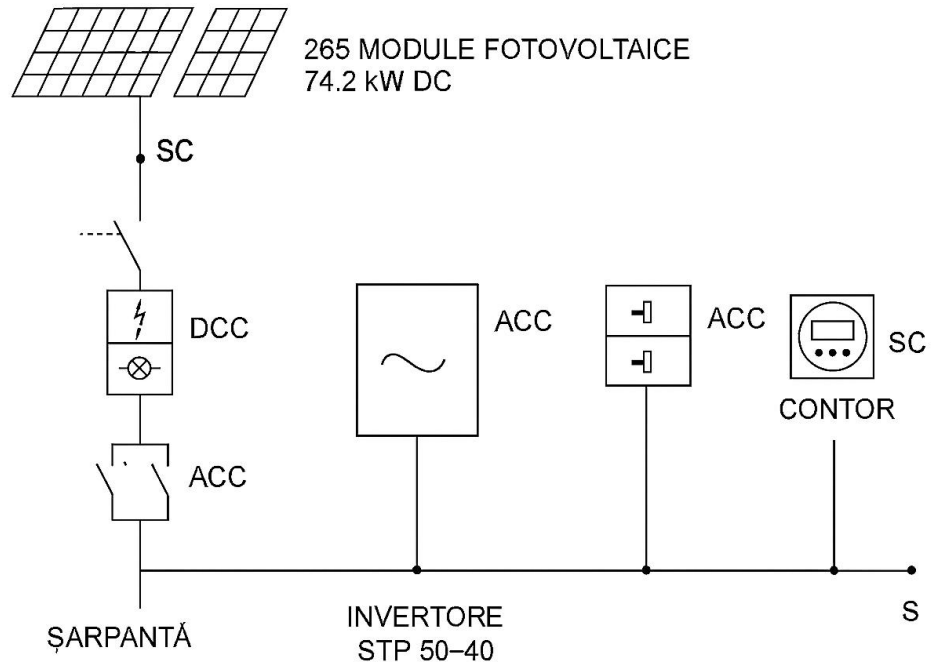


Biblioteca	190	53.2	STP 20kTL (x1)	Șarpantă
Corp B	240	67.2	STP 25kTL (x1)	Șarpantă
Corp C	230	64.4	STP 25kTL (x1)	Șarpantă
Corp D (terasă)	220	61.6	STP10.0-3AV-40 (x2)	Terasă necirculabilă
Corp BO	221	61.9	STP10.0-3AV-40 (x1)	Șarpantă

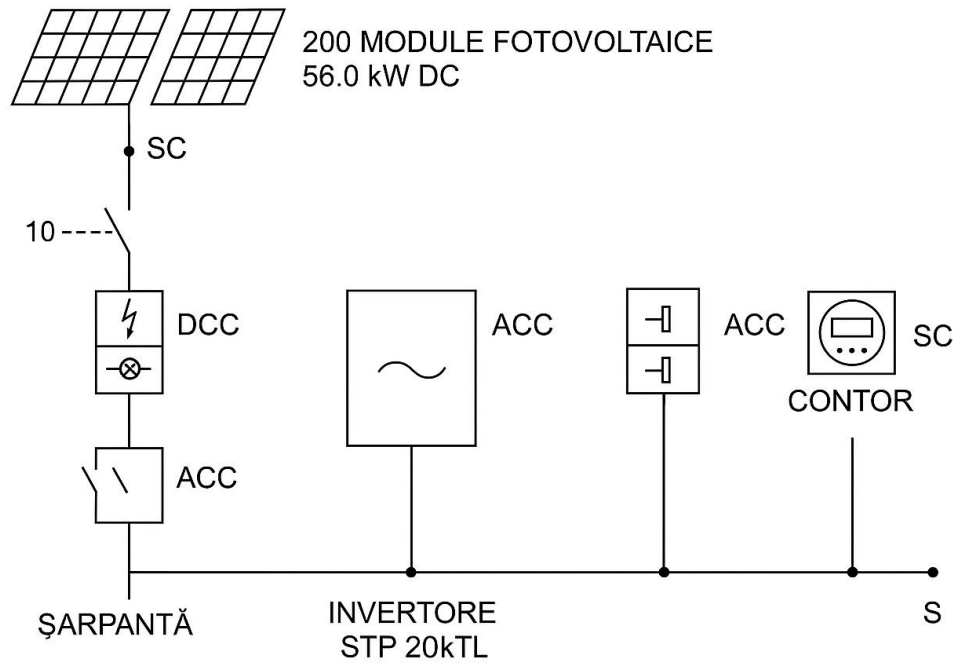
### SCHEME ELECTRICE MONOFILARE



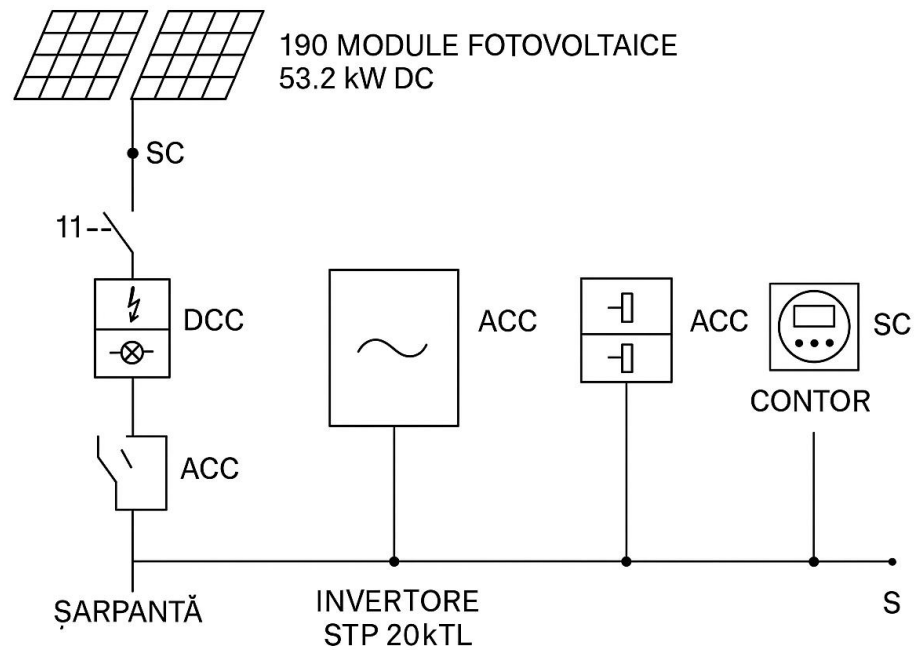
CĂMIN 2



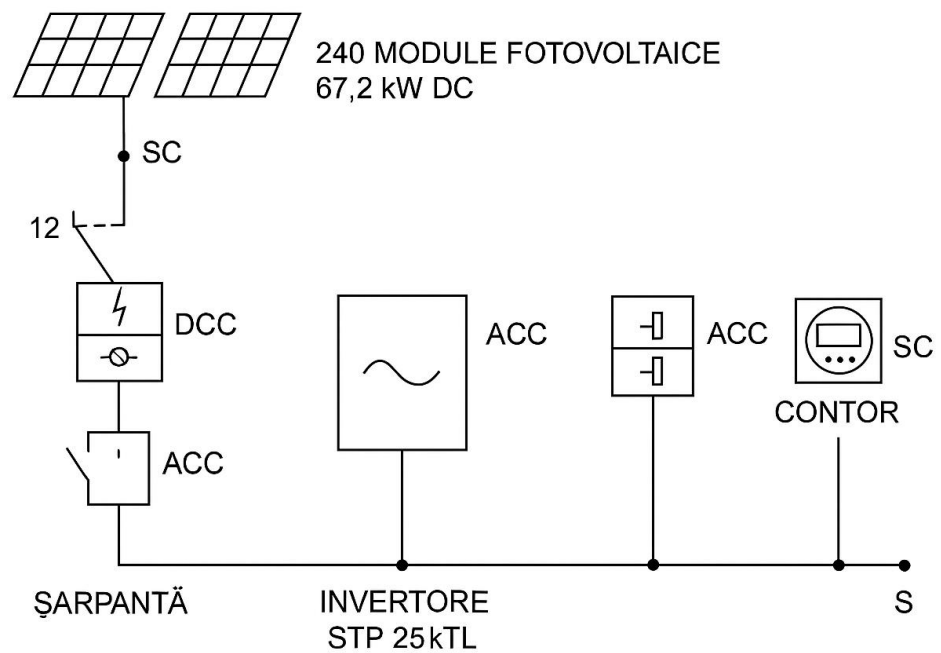
CĂMIN 4

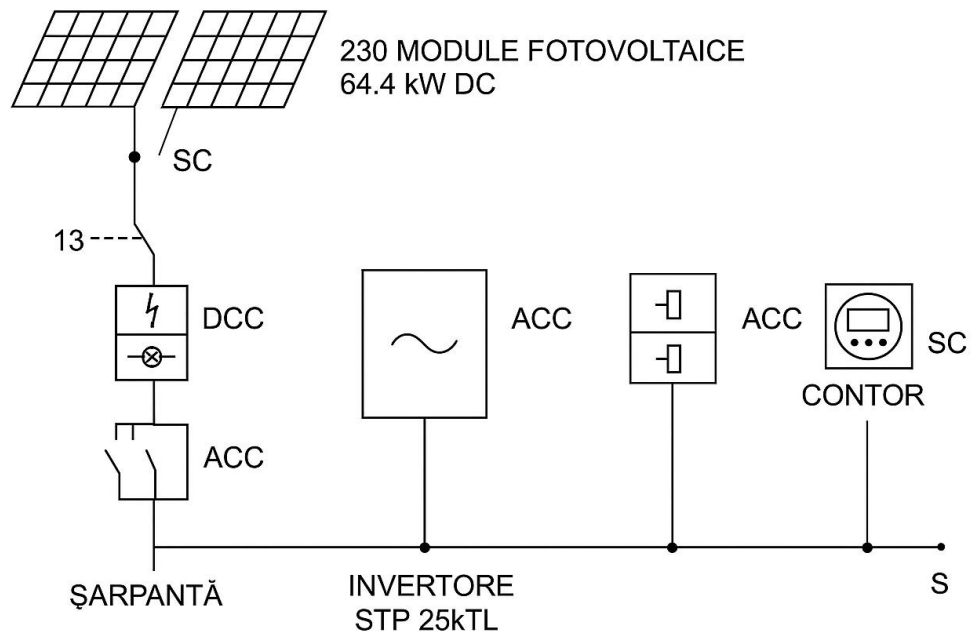
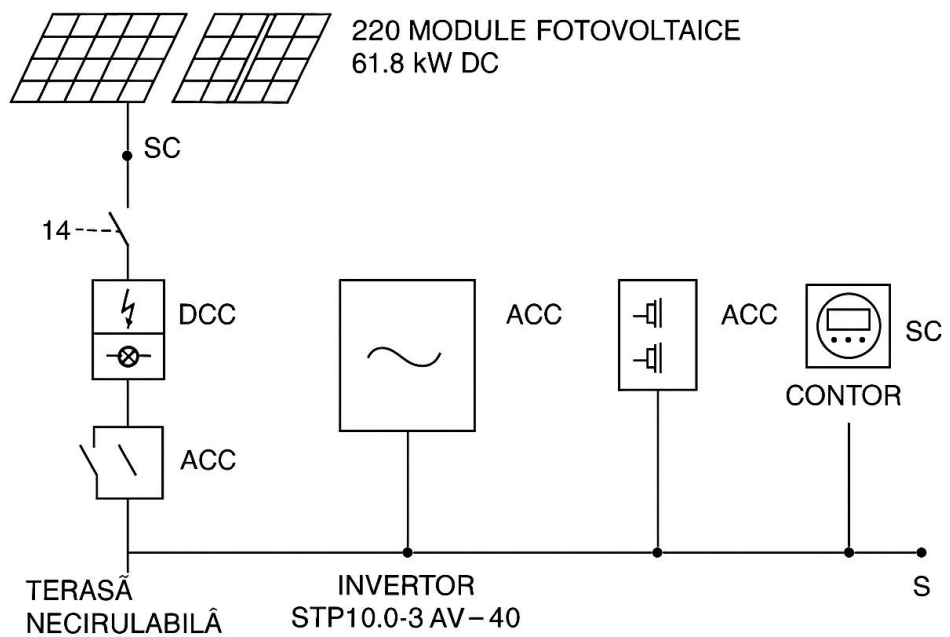


## BIBLIOTECA

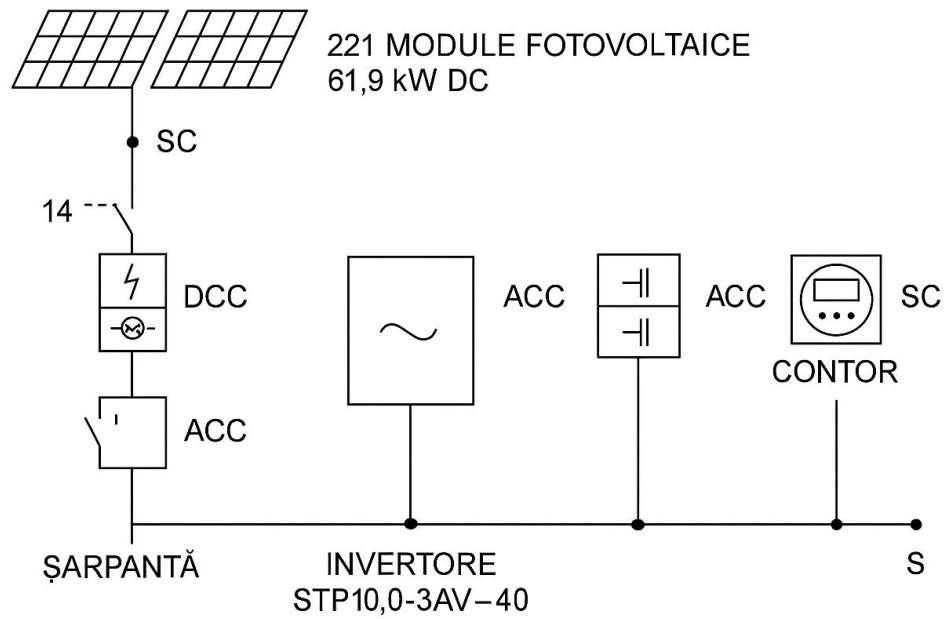


## CORP B



**CORP C**

**CORP D (TERASĂ)**


CORP BO



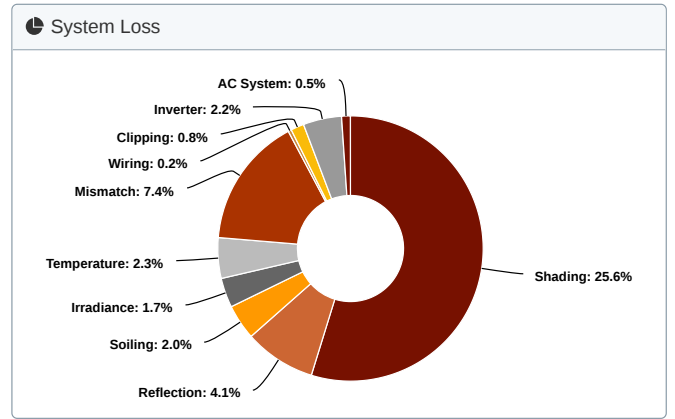
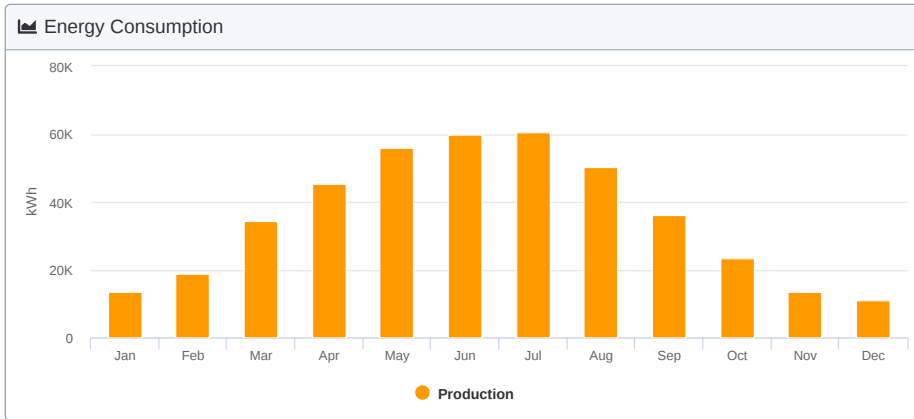
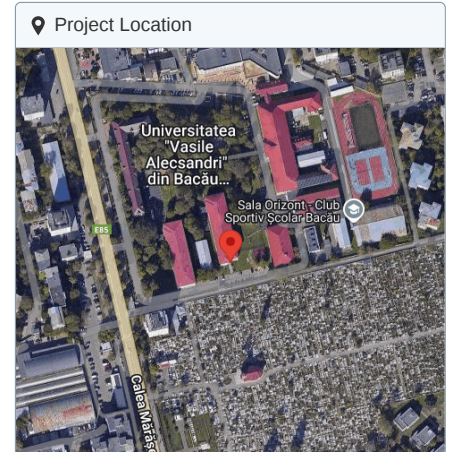
- Fişe tehnice echipamente
- Raport simulare producție (Anexa: Raport Eninvest)

# Universitate Bacau

Universitate Bacau Calea marasesti 157 bacau

Project Details	
Address	Calea marasesti 157 bacau
Owner	Eninvest Holding Realto
Last Modified	Eninvest Holding Realto a day ago
Location	(46.55338326933433, 26.914040800281533) (GMT 2)
Profile	Default Commercial (International)

System Metrics	
Design	Universitate Bacau
Module DC Nameplate	516.88 kW
Inverter AC Nameplate	517.00 kW Load Ratio: 1.00
Annual Production	422.1 MWh
Performance Ratio	60.1%
kWh/kWp	816.7
Weather Dataset	TMY, Mitiska Bacau, 3E (custom)
Simulator Version	c55b6a2d19-a1262e572e-972b7b21b1-7f8db8d1c2





## Design BOM

Component	Type	Quantity
STP 25000TL-30	Inverters	3
STP 20000TL-30	Inverters	2
STP12000TL-US-10 (480V)	Inverters	1
STP 50-40	Inverters	5
STP 110-60	Inverters	1
STP10.0-3AV-40 (400V)	Inverters	3
CHSM6610P-280W	Modules	1,663
CHSM6610P-HV-280W	Modules	183
10 AWG (Copper)	Strings	91

## Monthly Shading

Month	GHI (kWh/m <sup>2</sup> )	POA (kWh/m <sup>2</sup> )	Shaded (kWh/m <sup>2</sup> )	Nameplate (kWh)	Grid (kWh)
January	39.0	42.7	31.2	14,870.3	13,402.3
February	55.2	59.9	42.6	20,453.4	18,911.9
March	100.3	104.8	77.5	37,535.5	34,306.5
April	136.1	139.6	105.4	51,330.3	45,360.8
May	173.0	174.2	133.8	65,467.9	55,813.2
June	185.6	188.6	145.7	71,437.3	59,787.3
July	194.6	196.1	149.5	73,201.0	60,570.4
August	168.6	172.7	126.2	61,725.6	50,433.0
September	120.4	125.7	88.1	42,769.9	36,035.2
October	74.4	79.4	55.4	26,705.2	23,248.1
November	37.9	41.3	31.0	14,927.2	13,387.8
December	30.7	34.1	25.1	11,977.3	10,868.5

## Design Wiring Zone

Description	Combiner Poles	String Size	Stringing Strategy
Wiring Zone	-	17 - 22	Along Racking
Wiring Zone 2	-	11 - 22	Along Racking
Wiring Zone 3	-	11 - 22	Along Racking
Wiring Zone 4	-	17 - 24	Along Racking
Wiring Zone 5	-	17 - 22	Along Racking
Wiring Zone 6	-	13 - 22	Along Racking
Wiring Zone 7	-	5 - 22	Along Racking
Wiring Zone 8	-	11 - 22	Along Racking
Wiring Zone 9	-	13 - 22	Along Racking
Wiring Zone 10	-	17 - 22	Along Racking
Wiring Zone 11	-	11 - 22	Along Racking

Design Render



Field Segments

Description	Racking	Orientation	Tilt	Azimuth	Intrarow Spacing	Frame Size	Frames	Modules	Power
Field Segment 1	Fixed Tilt	Portrait (Vertical)	Module: 10°	Module: 167°	0.1 m	1x1	183	183	51.24 kW
Field Segment 3	Fixed Tilt	Portrait (Vertical)	Module: 10°	Module: 167°	0.1 m	1x1	157	157	43.96 kW
Field Segment 3	Fixed Tilt	Portrait (Vertical)	Module: 10°	Module: 167°	0.1 m	1x1	83	83	23.24 kW
Field Segment 4	Fixed Tilt	Portrait (Vertical)	Module: 10°	Module: 207°	0.1 m	1x1	31	31	8.68 kW
Field Segment 5	Fixed Tilt	Portrait (Vertical)	Module: 10°	Module: 262°	0.1 m	1x1	340	340	95.20 kW
Field Segment 6	Fixed Tilt	Portrait (Vertical)	Module: 10°	Module: 262°	0.1 m	1x1	292	292	81.76 kW
Field Segment 7	Fixed Tilt	Portrait (Vertical)	Module: 10°	Module: 257°	0.1 m	1x1	67	67	18.76 kW
Field Segment 8	Fixed Tilt	Portrait (Vertical)	Module: 10°	Module: 259°	0.1 m	1x1	192	192	53.76 kW
Field Segment 9	Fixed Tilt	Landscape (Horizontal)	Module: 10°	Module: 259°	0.1 m	1x1	28	28	7.84 kW
Field Segment 10	Fixed Tilt	Portrait (Vertical)	Module: 10°	Module: 259°	0.1 m	1x1	100	100	28.00 kW
Field Segment 11	Fixed Tilt	Landscape (Horizontal)	Module: 10°	Module: 259°	0.1 m	1x1	108	108	30.24 kW
Field Segment 12	Fixed Tilt	Portrait (Vertical)	Module: 10°	Module: 259°	0.1 m	1x1	46	46	12.88 kW
Field Segment 13	Fixed Tilt	Landscape (Horizontal)	Module: 10°	Module: 257°	0.1 m	1x1	44	44	12.32 kW
Field Segment 14	Fixed Tilt	Landscape (Horizontal)	Module: 10°	Module: 288°	0.1 m	1x1	55	55	15.40 kW
Field Segment 15	Fixed Tilt	Landscape (Horizontal)	Module: 10°	Module: 197°	0.1 m	1x1	29	29	8.12 kW
Field Segment 16	Fixed Tilt	Landscape (Horizontal)	Module: 10°	Module: 195°	0.1 m	1x1	51	51	14.28 kW
Field Segment 17	Fixed Tilt	Landscape (Horizontal)	Module: 10°	Module: 195°	0.1 m	1x1	40	40	11.20 kW