Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova

I.P. Centrul de Excelență în Energetică și Electronică

„Aprob"

Mariana BARLADEAN,

Directoare I.P. Centrul de Excelență în Energetică și Electronică

"17" 09 2025

Curriculum modular la unitatea de curs

S.05.O.021 Sisteme fotovoltaice

Programul de studii: **0713.7 Surse regenerabile de energie**

Calificarea: **0713.7.1 Tehnician/tehniciană pentru instalații de producere a energiei din surse regenerabile**

Chișinău 2025

Curriculumul a fost elaborat în cadrul Proiectului "Competențe pentru tranziția verde și dezvoltarea durabilă" implementat de Organizația Internațională a Muncii (ILO) în parteneriat cu Asociația Obștească "Educație pentru Dezvoltare" (AED) cu suportul financiar al Agenției Austriece de Dezvoltare (ADA) și al Fundației Servicii de Dezvoltare din Liechtenstein (LED)

Aprobat la:

Consiliul metodico-ştiinţific al I.P. Centrul de Excelență în Energetică și Electronică, proces-verbal nr.1 din 15 septembrie 2025, director adjunct pentru instruire, Virgil BANTAȘ _____

Ședința Catedrei Electrotehnică a I.P. Centrul de Excelență în Energetică și Electronică, proces-verbal nr.2 din 09 septembrie 2025, șef catedră Electrotehnică, Svetlana CECAN _____

Coordonat cu:

Universitatea Tehnică a Moldovei, Decan Facultatea Energetică și Inginerie electrică,

dr. ing. lect. Dumitru BRAGA _____ (semnătura) 17.10.2025 (data)

Autori:

1) Grigore TOFAN, profesor discipline de specialitate, grad didactic superior, șef secție didactică Electrotehnică, I. P. Centrul de Excelență în Energetică și Electronică
2) Leonid DAMIAN, profesor discipline de specialitate, grad didactic întâi, I.P. Centrul de Excelență în Energetică și Electronică
3) Oleg CHITOROAGĂ, profesor discipline de specialitate, grad didactic doi, I.P. Centrul de Excelență în Energetică și Electronică
4) Sergiu ARION, profesor discipline de specialitate, grad didactic întâi, I.P. Centrul de Excelență în Energetică și Electronică

Coordonatori de proces:

1) Mariana BARLADEAN, directoare I.P. C.E.E.E., grad managerial unu, grad didactic superior
2) Oleg BURSUC, manager proiect "Competențe pentru tranziția verde și dezvoltarea durabilă", Asociația Obștească „Educație pentru Dezvoltare"

Recenzenți:

1) Tudor PLUGARU, administrator, compania ECO DYNAMIC SRL
2) Ruslan Moisei, administrator, compania "Volt Master" SRL
3) Ion COJOCARI, administrator, compania S.R.L. DARCOM ENERGY

Adresa Curriculumului în Internet:

Portalul național al învățământului profesional tehnic

http://www.ipt.md/ro/produse-educationale

Cuprins:

I. Preliminarii 4
II. Motivația, utilitatea unității de curs pentru dezvoltarea profesională 5
III. Copetențele profesionale și rezultatatele învățării 6
IV. Administrarea unității de curs 7
V. Repartizarea orientativă a orelor pe unități de învățare 7
VI. Unitățile de învățare 7
VII. Studiu individual ghidat de profesor 11
VIII. Lucrările practice/ de laborator recomandate 13
IX. Sugestii metodologice 13
X. Sugestii de evaluare 16
XI. Resursele necesare pentru atingerea rezultatelor învățării 18
XII. Resursele didactice recomandate elevilor 20

I. Preliminarii

Curriculumul modular pentru unitatea de curs *Sisteme fotovoltaice* este elaborat în baza Standardului de calificare Tehnician/tehniciană pentru instalații de producere a energiei din surse regenerabile, aprobat prin Ordinul Ministerului Educației și Cercetării al Republicii Moldova nr. 104/2025, precum și în baza Planului de învățământ SC 03/25, aprobat prin Ordinul MEC nr.508 din 04 aprilie 2025, cu modificările ulterioare în baza ordinului MEC 768/2024 *Cu privire la aprobarea Referențialului de corelare a programelor de studii (specialităților) și calificărilor pentru învățământul profesional tehnic postsecundar și postsecundar nonterțiar*.

Unitatea de curs *Sisteme fotovoltaice* este un element formativ al pachetului curricular pentru calificările din domeniul de formare profesională 0713 Energetică și inginerie electrică și face parte din componenta fundamentală a planului de învățământ la programul de studii 0713.7 *Surse regenerabile de energie*.

Scopul unității de curs *Sisteme fotovoltaice* este dezvoltarea competențelor necesare pentru evaluarea amplasamentului unui sistem fotovoltaic, dimensionarea și schițarea acestuia, precum și elaborarea planului de instalare mecanică și a schiței de amplasare a componentelor sistemelor fotovoltaice. Curriculumul la unitatea de curs *Sisteme fotovoltaice* este indispensabil și interdisciplinar pentru tehnicienii specializați în instalațiile de producere a energiei din surse regenerabile. Caracterul interdisciplinar al acestei unități de curs derivă din faptul că îmbină concepte din mai multe domenii:

- Electrotehnică și electronică – pentru înțelegerea principiilor de conversie a energiei solare în energie electrică și funcționarea echipamentelor asociate.
- Mecanică și construcții – pentru stabilirea oportunităților de instalare corectă și sigură a panourilor fotovoltaice pe diverse structuri.
- Automatizări și tehnologii informaționale – pentru identificarea oportunităților optime de planificare a sistemelor de monitorizare și control a sistemului.
- Software specializat – pentru evaluarea amplasamentului sistemului fotovoltaic, dimensionarea și optimizarea sistemelor fotovoltaice și compatibilizarea componentelor acestora.
- Eficiență energetică și sustenabilitate – pentru optimizarea performanței sistemului și minimizarea impactului asupra mediului.
- Management și organizare a lucrărilor – pentru planificarea și coordonarea eficientă a procesului de instalare a componentelor sistemului fotovoltaic, asigurând respectarea normelor tehnice și de siguranță.

Prin această abordare interdisciplinară, unitatea de curs oferă viitorilor tehnicieni competențele necesare pentru a răspunde cerințelor actuale din domeniul energiei regenerabile și pentru a contribui activ la tranziția energetică durabilă.

Prin această abordare interdisciplinară, unitatea de curs oferă viitorilor tehnicieni competențele necesare pentru a răspunde cerințelor actuale din domeniul energiei regenerabile și pentru a contribui activ la tranziția energetică durabilă.
Pentru demararea procesului instructiv la unitatea de curs *Sisteme fotovoltaice*, sunt necesare cunoștințele dobândite la următoarele discipline: fizică, chimie, matematică, și la unitățile de curs
F.01.O.009 Materiale și componente tehnice;
F.01.O.010 Desen tehnic în domeniu;
F.02.O.011 Conversia energiei din surse regenerabile;
F.02.O.012 Măsurări electrice și electronice;
F.03.O.014 Software în domeniu;
F.04.O.016 Bazele teoretice ale electrotehnicii;
S.05.O.020 Aparate electrice și automatizări.

II. Motivația, utilitatea unității de curs pentru dezvoltarea profesională

Curriculumul modular pentru unitatea de curs *Sisteme fotovoltaice* reprezintă documentul normativ de bază care descrie condițiile învățării și performanțele ce trebuie atinse la unitatea de curs, exprimate în cunoștințe și abilități ale rezultatelor învățării.

În perioada actuală, sistemele fotovoltaice sunt din ce în ce mai prezente, reprezentând o soluție sustenabilă și eficientă pentru producerea energiei electrice. Utilizarea lor se extinde rapid atât în sectorul rezidențial, cât și în cel industrial, datorită avantajelor economice și impactului redus asupra mediului. Avansul tehnologic, sprijinul politicilor verzi și conștientizarea tot mai mare a necesității tranziției către surse de energie regenerabilă contribuie la popularizarea acestor sisteme. Astfel, sistemele fotovoltaice devin un pilon important în strategia globală de combatere a schimbărilor climatice și de asigurare a independenței energetice.

Studierea unității e curs *Sisteme fotovoltaice* este esențială într-o perioadă în care tranziția către surse de energie regenerabilă devine o prioritate la nivel mondial. Energia solară reprezintă una dintre cele mai curate și sustenabile surse de energie, iar cunoașterea modului în care aceasta poate fi exploatată este de actualitate și de viitor. Elevii dobândesc cunoștințe și abilități concrete în domeniul sistemelor fotovoltaice, ceea ce le oferă un avantaj competitiv pe piața muncii. Cererea de specialiști în energii regenerabile este în creștere, iar această unitate de curs contribuie la formarea unei specialități moderne și bine plătite.

Prin studiul funcționării, dimensionării și întreținerii sistemelor fotovoltaice, elevii sunt provocați să analizeze, să calculeze și să ia decizii, dezvoltându-și gândirea logică și capacitatea de a lucra cu date reale și situații practice. Unitatea de curs contribuie la conștientizarea impactului negativ al surselor tradiționale de energie asupra mediului și la formarea unei atitudini responsabile față de resursele naturale și protecția mediului înconjurător.

Unitatea de curs permite realizarea de activități practice și de laborator, cum ar fi cercetarea și conectarea panourilor fotovoltaice, invertoarelor, bateriilor de stocare a energie, controlere solare, aparatelor electrice de comutație și protecție, ceea ce favorizează învățarea activă, participativă și aplicată – esențială în formarea profesională.

Ținând cont de caracterul funcțional-acționar al modulului Sisteme fotovoltaice, conținutul acestuia este direcționat spre formarea la elevi a următoarelor abilități:

- analizarea schemelor de structură, funcționale şi de principiu ale sistemelor fotovoltaice;
- efectuarea experimentelor asupra caracteristicilor şi parametrilor componentelor sistemelor fotovoltaice;
- asamblarea schemelor circuitelor electrice și electronice;
- colectarea datele necesare pentru dimensionarea sistemelor fotovoltaice;
- determinarea locației optime pentru amplasarea și instalarea componentelor sistemului fotovoltaic;
- colectarea datelor necesare pentru dimensionarea sistemelor fotovoltaice;
- elaborarea schițelor de amplasare și instalare a sistemelor fotovoltaice;
- planificarea proceselor de execuție a proiectului tehnic și schiței de instalare a sistemelor fotovoltaice.

Unitatea de curs *Sisteme fotovoltaice* joacă un rol esențial în formarea competențelor profesionale necesare pentru tehnicienii specializați în instalațiile de producere a energiei din surse regenerabile, conform cerințelor specificate în Standardul de calificare Tehnician/tehniciană pentru instalații de producere a energiei din surse regenerabile. Studierea unității de curs *Sisteme fotovoltaice solare* are un rol important în formarea competențelor profesionale ale viitorului tehnician, creând precondiții pentru dobândirea cunoștințelor și abilităților la unitatea de curs S.02.O.021 Montarea și mentenanța sistemelor fotovoltaice, S.04.A.036 Sisteme de stocare a energiei.

III. Competențele profesionale și rezultatele învățării

Unitatea de curs *Sisteme fotovoltaice* va contribui la formarea rezultatelor învățării descrise în Standardul de calificare *Tehnician/tehniciană pentru instalații de producere a energiei din surse regenerabile,* care, la rândul său, vor asigura formarea competențelor profesionale specificate în standardul ocupațional *Tehnician/tehniciană pentru instalații de producere a energiei din surse regenerabile*:

Rezultate ale învățării (RÎ) din standardul de calificare	**Competențe profesionale (CP) din standardul ocupațional**
RÎ1: Absolventul poate determina necesarul de energie în funcție de tipul IPESR pentru a propune beneficiarului o variantă optimă de instalație.	**CP1.** Relaționarea cu beneficiarul, managerii de proiect și/sau echipa de proiectare
RÎ3: Absolventul poate elabora schița de amplasare a IPESR, argumentând decizia în funcție de tipul IPESR, rezistența mecanică a construcției, măsurările tehnice efectuate.	**CP2.** Analiza situației reale pe teren **CP3.** Participarea la elaborarea proiectului tehnic și devizului de cheltuieli
RÎ4: Absolventul poate organiza procesele de execuție a proiectului tehnic pentru montarea IPESR, stabilind resursele umane, informaționale, fizice necesare.	**CP5.** Elaborarea planului, etapelor și termenelor de realizare a proiectului tehnic **CP6.** Coordonarea procesului de lucru la obiect

Pentru a atinge rezultatele învățării nr. 1, 3, 4 din Standardul de calificare *Tehnician/tehniciană pentru instalații de producere a energiei din surse regenerabile*, după studierea unității de curs *Sisteme fotovoltaice*, elevul va fi capabil:

- să utilizeze sisteme fotovoltaice de producere a energiei electrice;
- să descrie componentele sistemelor fotovoltaice, identificând caracteristicile tehnice;
- să determine locația optimă pentru componentele sistemelor fotovoltaice, conform principiilor de dimensionare;
- să elaboreze documentația de execuție a proiectului tehnic, conform cerințelor tehnice.

IV. Administrarea unității de curs

Semestru	Număr de ore				Forma de evaluare	Număr de credite
	Total ore	Ore de contact direct		Studiu individual		
		Teorie	Practică/Laborator			
V	90	35	10	45	examen	3

V. Repartizarea orientativă a orelor pe unități de învățare

Nr. crt.	Unități de învățare	Număr de ore			
		Total	Contact direct		Studiu individual
			Teorie	Practică/ Laborator	
1.	Sisteme fotovoltaice	20	10	-	10
2.	Componentele sistemelor fotovoltaice	37	13	6	18
3.	Amplasamentul pentru montarea sistemelor fotovoltaice	16	6	2	8
4.	Documentația de execuție a proiectului tehnic	17	6	2	9
	Total	**90**	**35**	**10**	**45**

VI. Unitățile de învățare

Unități de competență	Unități de conținut	Abilități
1. Sisteme fotovoltaice		
Unitatea de competență 1. Utilizarea sistemelor fotovoltaice pentru producerea energiei electrice	1.1 Clasificarea sistemelor fotovoltaice (SFV). Semne convenționale și simbolizarea SFV.	1. Identificarea sistemelor fotovoltaice 2. Aplicarea semnelor convenționale și simbolizări în schemele electrice ale SFV

Unități de competență	Unități de conținut	Abilități
	1.2 Sisteme fotovoltaice autonom Off Grid. Elemente componente. Principiul de funcționare. 1.3 Sisteme fotovoltaice conectate la rețea On Grid. Elemente componente. Principiul de funcționare. 1.4 Sisteme fotovoltaice hibride. Caracteristici specifice. Principiul de funcționare. 1.5 Sistem fotovoltaic integrat în clădire BIPV. (Building Integrated Photovoltaic). Caracteristici specifice. 1.6 Sistem fotovoltaic adaptat la clădire BAPV.(also known as Building Applied Photovoltaics) Caracteristici specifice. 1.7 Scheme de principiu, electrice și cablare a sistemelor fotovoltaice.	3. Distingerea elementelor componente al sistemului fotovoltaic Off Grid 4. Descrierea principiului de funcționare al sistemului autonom 5. Identificarea elementelor componente al sistemului fotovoltaic conectat le rețea 6. Ilustrarea principiului de funcționare al sistemelor fotovoltaice hibride 7. Alegerea soluției BIPV care se încadrează armonios în designul clădirii 8. Identificarea soluțiilor de instalare a unui sistem fotovoltaic BAPV 9. Desecarea elementelor componente al schemelor de principiu al sistemelor fotovoltaice
2. Componentele sistemelor fotovoltaice		
Unitatea de competență 2. Descrierea componentelor sistemelor fotovoltaice, identificând caracteristicile tehnice.	2.1 Panouri fotovoltaice. Tehnologii de realizare a PV. Tipuri, construcție, parametri și caracteristici. 2.2 Factori care influențează eficiența PV. Caracteristica curent-tensiune. 2.3 Metode de conectare a panourilor fotovoltaice. 2.4 Dimensionarea PV în funcție de necesarul de energie al consumatorului. 2.5 Tipuri de invertoare. Parametrii de bază. Principiul de funcționare.	1. Identificarea tipurilor de panouri fotovoltaice 2. Determinarea parametrilor și caracteristicile ale panourilor fotovoltaice 3. Enumerarea factorilor care influențează eficiența PV 4.Conectarea panourilor fotovoltaice în serie și paralel 5. Determinarea numărului de PV în funcție de necesarul de energie 6. Descrierea parametrilor invertoarelor solare 7. Justificarea necesității utilizării invertoarelor

Unități de competență	Unități de conținut	Abilități
	2.6 Scheme de principiu. Selectarea invertoarelor în funcție de consumator. 2.7 Tipuri de baterii de acumulatoare. Parametrii de bază. Avantaje și dezavantaje. 2.8 Selectarea bateriilor de acumulatoare. Metode de conectare a bateriilor de acumulatoare. 2.9 Controllere de încărcare. Rolul, tipuri, scheme de principiu, specificații tehnice. 2.10 Selectarea controlerului de încărcare a bateriilor de acumulatoare. 2.11 Cabluri solare. Tipuri și parametrii electrici. Etichetare și marcare. Selectarea cablurilor. 2.12 Rolul și tipuri de conectori solari în sistemele fotovoltaice conectori solari. 2.13 Aparate de comutație și protecție a echipamentului sistemelor fotovoltaice. 2.14 Structuri suport pentru sistemele fotovoltaice. Tipuri de structuri suport. 2.15 Structuri fixe. Structuri pentru sistemele instalate la sol pe clădiri și fațade.	8. Alegerea invertoarelor în funcție de consumator 9. Categorisirea tipurilor de baterii de acumulatoare 9. Justificarea necesității utilizării acumulatoarelor 10. Conectarea acumulatoarelor în serie și paralel 11. Descrierea destinației controlerului de încărcare a bateriilor de acumulatoare 12. Conectarea controlerului în circuitul de curent continuu 13. Descrierea construcției conductoarelor pentru sisteme fotovoltaice 14. Selectarea conductoarelor pe partea de curent continuu 15. Identificarea tipurilor de conectori pentru cabluri solare 16. Conectarea panourilor fotovoltaice cu conectori solari MC4 17. Desecarea aparatelor de comutație și protecție a sistemelor fotovoltaice 18. Analizarea structurilor suport pentru sistemele fotovoltaice 19. Selectarea structurii adecvate pentru instalarea sistemelor fotovoltaice
3. Amplasamentul pentru montarea sistemelor fotovoltaice		
Unitatea de competență 3. Determinarea locației optime pentru componentele sistemelor fotovoltaice, conform principiilor de dimensionare	3.1 Cadrul normativ și cerințele tehnice de evaluare a amplasamentului pentru SFV. 3.2 Evaluarea amplasamentului pentru montarea SFV.	1. Interpretarea cadrului normativ și cerințele tehnice la evaluarea amplasamentului pentru SFV 2. Determinarea consumului și

Unități de competență	Unități de conținut	Abilități
	3.3 Tipuri de măsurări tehnice specifice determinării locului de amplasare a SFV. 3.4 Materiale și AMC-urile pentru determinarea locației. 3.5 Determinarea locației optime pentru componentele SFV. 3.6 Formulare de evaluare a amplasamentului SFV. 3.7 Schițe de amplasare a SFV. Cerințe tehnice.	necesarului de energie electrică ale beneficiarului 3. Evaluarea prin simulare a amplasamentului SFV 4. Aplicarea măsurărilor tehnice la alegerea amplasamentului SFV 5. Distingerea materialelor și AMC-urilor pentru determinarea locației 6. Determinarea locației optime pentru componentele SFV 7. Completarea formularului de evaluare a amplasamentului SFV 8. Elaborarea schiței de amplasare a SFV
4. Documentația de execuție a proiectului tehnic		
Unitatea de competență 4. Elaborarea documentației de execuție a proiectului tehnic, conform cerințelor tehnice	4.1 Normative și reglementări tehnice. 4.2 Norme de securitate și sănătate în muncă pentru execuția SFV. 4.3 Proiect tehnic și detalii de execuție a SFV. Componente de bază. 4.4 Semne convenționale aplicate în proiectele tehnice. 4.5 Planul amplasament SFV. proiectului. 4.6 Planuri de instalare a componentelor SFV. 4.7 Schița de proiect pentru execuția sistemelor fotovoltaice. 4.8 Documentația tehnică și actele de conformitate a materialelor și echipamentelor SFV. 4.9 Documentația tehnică și actele de conformitate a	1. Analizarea normelor și reglementărilor tehnice la executarea schițelor de proiect 2. Respectarea normelor de securitate și sănătate în muncă pentru execuția SFV. 3. Descrierea proiectelor tehnice/schițelor de execuție a SFV. 4. Interpretarea semnelor convenționale aplicate în proiectele/schițele de execuție a SFV. 5. Elaborarea planurilor de amplasare și execuția a SFV. 6. Citirea proiectelor tehnice /schițelor de instalare a SFV. 7. Elaborarea schițelor de instalare a componentelor SFV 8. Enumerarea documentației tehnice și actele de conformitate

Unități de competență	Unități de conținut	Abilități
	instrumentelor și utilajelor pentru realizarea lucrărilor. 4.10 Proceduri de recepționare și depozitare a materialelor, echipamentelor, instrumentelor și utilajelor.	a materialelor și echipamentelor SFV 9. Interpretarea documentației tehnice și actele de conformitate a instrumentelor și utilajelor 10. Desecarea procedurilor de recepționare și depozitare a materialelor, echipamentelor, instrumentelor și utilajelor

VII. Studiu individual ghidat de profesor

Materii pentru studiul individual	Produse de elaborat	Modalități de evaluare	Numărul de ore
1. Sisteme fotovoltaice			
1.2 Sisteme fotovoltaice autonom Off-Grid. Elemente componente. Principiul de funcționare.	Portofoliu	Prezentarea portofoliului	2 ore
1.3 Sisteme fotovoltaice conectate la rețea On-Grid. Elemente componente. Principiul de funcționare.	Referat	Prezentarea referatului	2 ore
1.4 Sisteme fotovoltaice hibride. Caracteristici specifice. Principiul de funcționare.	Prezentare electronică	Derularea prezentării	2 ore
1.5 Sistem fotovoltaic integrat în clădire BIPV. (Building Integrated Photovoltaic). Caracteristici specifice.	Studiu de caz	Prezentarea studiului	2 ore
1.7 Scheme de principiu, electrice și cablare a sistemelor fotovoltaice.	Scheme electrice	Prezentarea schemelor electrice	2 ore
2. Componentele sistemelor fotovoltaice			
2.3 Metode de conectare a panourilor fotovoltaice.	Scheme de conectare	Prezentarea schemei	2 ore
2.4 Dimensionarea PV în funcție de necesarul de energie al consumatorului.	Probleme rezolvate	Prezentarea soluțiilor problemelor	2 ore

Materii pentru studiul individual	Produse de elaborat	Modalități de evaluare	Numărul de ore
2.5 Tipuri de invertoare. Parametrii de bază. Principiul de funcționare.	Referat	Prezentarea referatului	2 ore
2.6 Scheme de principiu. Selectarea invertoarelor în funcție de consumator.	Scheme electrice	Prezentarea schemelor electrice	2 ore
2.7 Tipuri de baterii de acumulatoare. Parametrii de bază. Avantaje și dezavantaje.	Prezentare electronică	Derularea prezentării	2 ore
2.9 Controllere de încărcare. Rolul, tipuri, scheme de principiu, specificații tehnice.	Referat	Prezentarea referatului	2 ore
2.11 Cabluri solare. Tipuri și parametrii electrici. Etichetare și marcare. Selectarea cablurilor.	Referat	Prezentarea referatului	2 ore
2.12 Rolul și tipuri de conectori solari în sistemele fotovoltaice conectori solari.	Referat	Prezentarea referatului	2 ore
2.15 Structuri fixe. Structuri pentru sisteme instalate la sol pe clădiri și fațade.	Studiu de caz	Prezentarea studiului	2 ore
3. Amplasamentul pentru montarea sistemelor fotovoltaice			
3.2 Evaluarea amplasamentului pentru montarea SFV.	Studiu de caz	Prezentarea studiului	2 ore
3.3 Tipuri de măsurări tehnice specifice determinării locului de amplasare a SFV.	Prezentare electronică	Derularea prezentării	2 ore
3.5 Determinarea locației optime pentru componentele SFV.	Studiu de caz	Prezentarea studiului	2 ore
3.6 Formulare de evaluare a amplasamentului SFV.	Formular de evaluare	Formular completat	2 ore
3.7 Schițe de amplasare a SFV. Cerințe tehnice.	Schițe de amplasare	Prezentarea schiței de amplasare	2 ore

Materii pentru studiul individual	Produse de elaborat	Modalități de evaluare	Numărul de ore
3. Documentația de execuție a proiectului tehnic			
4.1 Normative și reglementări	Portofoliu	Prezentarea portofoliului	1 ore
4.3 Proiect tehnic și detalii de execuție a SFV. Componente de bază.	Schițe de proiect	Prezentarea schiței de proiect	2 ore
4.4 Semne convenționale aplicate în proiectele tehnice.	Referat	Prezentarea referatului	2 ore
4.5 Planul amplasament SFV.	Prezentare electronică	Derularea prezentării	2 ore
4.7 Schița de proiect pentru execuția sistemelor fotovoltaice.	Schițe de proiect	Prezentarea schiței de proiect	2 ore

Notă: Termenele de realizare a studiului individual ghidat de profesor vor fi specificate în *Planul de lungă durată*.

VIII. Lucrările practice/de laborator recomandate

Nr.	Unități de învățare	Lista lucrărilor practice/de laborator	Ore
1.		1. Conectarea serie și paralel a panourilor fotovoltaice	2
		2. Studiul sistemului fotovoltaic Off-Grid și On-Grid	2
		3. Studiul invertoarelor și controlerului solar	2
2.	Amplasamentul pentru montarea sistemelor fotovoltaice	4. Evaluarea amplasamentului sistemelor fotovoltaice	2
3.	Documentația de execuție a proiectului tehnic	5. Studiul documentația de execuție a proiectului tehnic pentru sistemele fotovoltaice	2
Total ore			**100**

IX. Sugestii metodologice

Conținuturile unității de curs *Sisteme fotovoltaice* trebuie abordate într-o manieră flexibilă și adaptată, ținând cont de particularitățile individuale ale elevilor, de nivelul lor inițial de pregătire, precum și de ritmul propriu de învățare. Această abordare diferențiată permite o mai bună integrare a fiecărui elev în procesul de formare profesională și susține dezvoltarea competențelor necesare pentru activitatea în domeniul energiei regenerabile.

Alocarea numărului de ore pentru fiecare temă aparține cadrelor didactice, care vor gestiona timpul didactic în funcție de:

- gradul de dificultate al conținutului abordat;

- complexitatea resurselor educaționale și tehnologice utilizate;
- strategie didactică aleasă pentru predare și aplicare practică;
- capacitatea de înțelegere și ritmul de asimilare a cunoștințelor de către elevi.

Curriculumul modular aferent acestei unități de curs are o structură flexibilă și deschisă, permițând integrarea unor teme suplimentare sau unități de învățare conexe, în funcție de evoluția tehnologică din domeniul energiei solare și de cerințele actuale ale pieței muncii.
Astfel, parcursul educațional poate fi adaptat pentru a dezvolta competențe actuale și relevante, contribuind la formarea unor viitori tehnicieni bine pregătiți pentru integrarea într-un sector dinamic și în continuă transformare.

Strategii didactice

Strategiile didactice utilizate în cadrul curriculumului modular aferent unității de curs *Sisteme fotovoltaice* vor fi concepute și aplicate într-o manieră integrată și centrată pe elev, având ca obiectiv principal formarea și consolidarea competențelor profesionale necesare domeniului energiei regenerabile. Aceste strategii vor promova o abordare activ-participativă a procesului de predare-învățare, prin implicarea directă a elevilor în activități practice și exploratorii, care să le stimuleze gândirea critică, capacitatea de analiză operațională și dezvoltarea autonomiei în procesul de învățare.

În proiectarea și desfășurarea activităților didactice se va urmări:

- activizarea structurilor cognitive și acționale ale elevilor, prin metode interactive și colaborative (învățare prin proiect, studii de caz, simulări, brainstorming, învățare prin descoperire);
- valorificarea diferențiată a potențialului psihofizic al fiecărui elev, prin adaptarea conținutului și a sarcinilor de învățare la nivelul de dezvoltare, ritmul propriu de lucru și stilurile cognitive individuale;
- echilibrarea între teoria de specialitate și aplicațiile practice, prin crearea unor contexte de învățare relevante, autentice sau simulate, în care elevii să aplice cunoștințele dobândite în rezolvarea unor sarcini concrete;
- dezvoltarea unei gândiri tehnice și sistemice, prin corelarea componentelor tehnice ale sistemelor fotovoltaice cu procesele reale de montare, testare și mentenanță.

Prin aceste abordări, procesul educațional va sprijini transferul eficient al cunoștințelor în contexte profesionale, pregătind elevii pentru integrarea cu succes în activitățile din sectorul energiei verzi, în conformitate cu cerințele actuale ale pieței muncii și evoluțiile tehnologice în domeniu.

Metode didactice

Având în vedere caracterul aplicativ al procesului educațional, cadrul didactic va alege metode și tehnici didactice care să sprijine în mod direct formarea aptitudinilor și deprinderilor praxiologice esențiale. Lucrările de laborator și lucrările practice vor avea un rol central în acest demers, contribuind atât la consolidarea abilităților tehnice, cât și la stimularea gândirii creative a elevilor. Aceste activități vor fi orientate spre dezvoltarea următoarelor abilități:
- calcularea parametrilor circuitelor electrice specifice sistemelor fotovoltaice;
- realizarea schemelor de principiu și de execuție ale sistemelor fotovoltaice;

- efectuarea măsurătorilor parametrilor electrici (curent, tensiune, putere, temperatură, rezistență etc.);
- utilizarea corectă și în condiții de siguranță a aparatelor de măsură, control și diagnosticare din domeniul electrotehnic;
- interpretarea rezultatelor obținute în urma lucrărilor de laborator și corelarea acestora cu noțiunile teoretice.

Pentru a facilita atingerea rezultatelor învățării preconizate, se recomandă utilizarea unor metode și tehnologii didactice active, centrate pe elev, care includ:

- învățarea prin problematizare, prin care elevii sunt provocați să identifice soluții și să gândească critic în fața unor situații concrete;
- învățarea euristică, ce stimulează descoperirea personală și dezvoltarea spiritului de inițiativă;
- demonstrația, ca metodă eficientă pentru clarificarea proceselor tehnice și operațiilor practice;
- simularea, folosită pentru exersarea situațiilor reale într-un mediu controlat, sigur și predictibil.

Ținând cont de specificul unității de curs, pe parcursul lecțiilor teoretice și, în special, în procesul de executare a lucrărilor de laborator sau practice, profesorul, în mod obligatoriu și continuu, va atenționa elevii despre necesitatea respectării tehnicii securității, a normelor de securitate și sănătate în muncă, precum și a securității antiincendiare.

Mijloace de învățare

Pentru o organizare eficientă a procesului instructiv-educativ în cadrul unității de curs *Sisteme fotovoltaice*, este esențială utilizarea unor mijloace și resurse didactice variate, care să faciliteze transmiterea clară a informațiilor, înțelegerea aprofundată a conținuturilor și formarea competențelor profesionale specifice domeniului energiei din surse regenerabile. Aceste resurse contribuie nu doar la dezvoltarea cunoștințelor teoretice, ci și la formarea de priceperi și deprinderi practice, susținând procesul de învățare activă și aplicată.

Printre instrumentele și resursele didactice recomandate pentru optimizarea activităților de predare, învățare și evaluare se numără:

1. Manuale și ghiduri tehnice de specialitate în domeniul sistemelor fotovoltaice și al energiei regenerabile;
2. Prezentări multimedia (PowerPoint, animații, materiale video explicative) pentru susținerea vizuală a noțiunilor teoretice;
3. Scheme electrice și diagrame funcționale ale instalațiilor fotovoltaice;
4. Simulatoare software și aplicații CAD/CAE pentru proiectarea și testarea sistemelor fotovoltaice (ex.: PV*GIS PV*SOL, HelioScope, AutoCAD Electrical, Homer Energy);
5. Table interactive sau panouri didactice demonstrative, pentru explicații vizuale și interactive;
6. Echipamente de laborator: panouri solare didactice, invertoare, controlere, baterii de stocare, standuri pentru simularea funcționării unui sistem fotovoltaic;
7. Aparate de măsură: multimetre, wattmetre, piranometre, osciloscoape, analizatoare de rețea;
8. Fișe de lucru, teste de evaluare, proiecte și studii de caz, pentru verificarea aplicării cunoștințelor;
9. Resurse digitale și biblioteci online cu publicații de specialitate, standarde și normative din domeniu;

10. Echipamente de protecție individuală (EPI) pentru desfășurarea în siguranță a activităților practice (ochelari de protecție, mănuși, vestă izolatoare etc.).

Utilizarea integrată a acestor mijloace contribuie la crearea unui cadru didactic eficient, interactiv și centrat pe elev, sprijinind atât formarea profesională de calitate, cât și adaptarea la cerințele moderne ale pieței muncii din sectorul energiei verzi.

X. Sugestii de evaluare

Evaluarea este parte integrantă a demersului didactic și are ca scop aprecierea gradului în care rezultatele învățării sunt reflectate în cunoștințele, abilitățile și competențele cognitive ale elevilor. Prin intermediul evaluării, atât profesorul, cât și elevul pot identifica nivelul real al achizițiilor dobândite, eventualele lacune și cauzele acestora, beneficiind astfel de un feedback eficient pentru reglarea și adaptarea procesului educațional.
Pentru optimizarea învățării, în cadrul activităților didactice vor fi utilizate metode, tehnici și instrumente variate de evaluare, adaptate contextului de predare și rezultatelor scontate.
Evaluarea continuă (formativă) va fi realizată sistematic, pe baza unor probe relevante, care reflectă progresul și nivelul de performanță al elevilor.

Metodele de evaluare formativă recomandate includ:

- *observarea sistematică* a comportamentului și activității elevilor, care permite aprecierea nivelului de înțelegere a conceptelor, proceselor, procedurilor și aptitudinilor tehnice, precum și a atitudinii față de sarcinile de lucru;
- *autoevaluarea*, ca instrument de reflecție personală prin care elevul își compară performanțele proprii cu obiectivele și standardele stabilite, identificând eventualele nevoi de îmbunătățire și adaptându-și strategiile de învățare;
- *evaluarea prin lucrări de laborator*, care oferă o imagine concretă asupra aplicării cunoștințelor teoretice, a modului de utilizare a aparaturii și a materialelor didactice, precum și a capacității de lucru cu documentația tehnică specifică.

Evaluarea este implicită demersului didactic şi urmărește măsura în care rezultatele învățării au fost exprimate prin cunoștințe și deprinderi/abilități cognitive. Evaluarea permite atât profesorului, cât şi elevului să cunoască nivelul deprinderilor şi cunoștințelor dobândite, să identifice lacunele şi cauzele lor, ceea ce oferă un feedback eficient în vederea reglării procesului de predare-învățare.
Prin urmare, în cadrul demersului evaluativ vor fi valorificate diverse metode, tehnici şi instrumente de evaluare, care contribuie la optimizarea procesului de învățare.
Evaluarea continuă (formativă) a elevilor va fi realizată de către cadrele didactice pe baza unor probe explicite, corespunzătoare rezultatelor învățării scontate.

Pentru evaluarea rezultatelor învățării prevăzute în curriculumul unității de curs *Sisteme fotovoltaice*, se recomandă utilizarea unor metode și instrumente moderne de evaluare care să permită aprecierea atât a performanțelor tehnice, cât și a competențelor generale și specifice dezvoltate de elevi. Dintre acestea, se evidențiază:

- *miniproiectul*, ca metodă activă de evaluare prin care se valorifică capacitatea elevului de a aplica în mod integrat cunoștințele dobândite. Acesta permite evaluarea modului de lucru, a eficienței

în utilizarea bibliografiei, a materialelor și echipamentelor disponibile, a organizării logice a ideilor și a resurselor, precum și a acurateței tehnice a execuției;
- *portofoliul*, ca instrument de evaluare flexibil și complex, care reflectă progresul individual al elevului pe parcursul unei perioade determinate. Acesta integrează diverse produse ale activității elevului (fișe de lucru, teme, proiecte, reflecții personale, lucrări de laborator etc.) și oferă o imagine detaliată și structurată a performanțelor, interesului și implicării acestuia în procesul de învățare.

Instrumentele de evaluare recomandate includ:

- fișe de lucru, utilizate atât în activitățile desfășurate în clasă, cât și în cele de acasă, pentru consolidarea și aplicarea cunoștințelor;
- fișe de autoevaluare, menite să încurajeze reflecția personală, responsabilitatea față de învățare și reglarea comportamentului cognitiv;
- teste formative și sumative, structurate pe baza unor itemi diverși: itemi de completare, cu răspuns scurt, alegere multiplă, alegere dual, itemi de asociere, întrebări structurate și itemi de tip rezolvare de probleme, care evaluează înțelegerea, analiza, aplicarea și sinteza cunoștințelor.

Sarcinile recomandate pentru demonstrarea rezultatelor învățării în cadrul unității de curs *sisteme fotovoltaice*, includ activități practice și aplicative prin care elevii își pot evidenția competențele tehnice și capacitatea de a integra cunoștințele teoretice. Acestea pot fi:

- realizarea asamblarea circuitelor electrice utilizând componente electrice;
- efectuarea calculelor parametrilor electrici caracteristici sistemelor fotovoltaice
- analiza și interpretarea datelor obținute din măsurători sau simulări, în scopul evaluării performanței sistemului fotovoltaic și identificării eventualelor erori sau defecțiuni.

Produsele recomandate pentru evaluarea rezultatelor învățării sunt reprezentate de rapoartele elaborate în urma lucrărilor de laborator și a activităților practice. Acestea constituie instrumente valoroase de apreciere a nivelului de aplicare a cunoștințelor teoretice, a abilităților tehnice și a capacității de analiză. Rapoartele vor conține în mod obligatoriu următoarele elemente:

- schemele circuitelor electrice asamblate, realizate conform temei de laborator;
- tabele cu datele experimentale, rezultate din măsurători directe, alături de valorile calculate ale parametrilor relevanți;
- caracteristicile tehnice fundamentale ale circuitelor realizate, explicate în contextul funcționării acestora;
- calculele parametrilor de bază, efectuate cu respectarea metodelor și formulelor adecvate;
- concluzii tehnice, care sintetizează observațiile privind desfășurarea lucrării, corectitudinea execuției, eventualele erori și interpretarea rezultatelor.

C*riterii de evaluare a produselor realizate de elevi în cadrul lucrărilor de laborator și practice:*

- *Conformitatea tehnică* – circuitele electrice asamblate respectă cerințele tehnice specificate în temă și sunt realizate în conformitate cu standardele și normele în vigoare;
- *Funcționalitatea montajului* – circuitul electric asamblat este complet, corect conectat și funcționează conform parametrilor;

- *Relevanța datelor experimentale* – valorile măsurate sunt corecte, relevante pentru obiectivele lucrării și reflectă comportamentul real al circuitului;
- *Acuratețea calculelor* – calculele parametrilor electrici sunt efectuate corect, utilizând formulele și unitățile de măsură adecvate;
- *Calitatea analizei și a concluziilor* – concluziile formulate sunt logice, bine argumentate, reflectă înțelegerea fenomenelor studiate și includ eventualele observații critice privind funcționarea circuitului.

Evaluarea sumativă se va desfășura la finalul modulului sub forma unui examen scris, care va reflecta rezultatele învățării acumulate pe parcursul studierii unității de curs. Instrumentele de evaluare vor fi concepute astfel încât să măsoare gradul de stăpânire a cunoștințelor și abilităților dobândite, fără a se focaliza pe procesul învățării.

Pentru a fi admis la examen, elevul va trebui să îndeplinească următoarele condiții:

- va prezenta portofoliului completat, care va include produsele rezultate din studiul individual al elevului, oferind o imagine completă a experienței de învățare și a progresului realizat;
- va efectua toate lucrările de laborator și practice, care vor evalua atât cunoștințele teoretice (din cadrul lecțiilor) cât și abilitățile practice de asamblare a circuitelor electrice și verificare a funcționalității acestora, utilizând aparatura și materialele corespunzătoare (AMC-uri – aparate de măsură și control).

XI. Resursele necesare pentru atingerea rezultatelor învățării

Cerințele de amenajare/dotare ale laboratorului. Amenajarea laboratorului trebuie să fie realizată cu un mare grad de atenție pentru a asigura un mediu de învățare sigur, funcțional și eficient.
În acest context, cerințele de amenajare se referă la structura fizică a laboratorului, dotările necesare pentru realizarea lucrărilor de laborator și practice, siguranța elevilor și facilitarea învățării. Pentru a asigura atingerea rezultatelor învățării și pentru a oferi elevilor o experiență practică relevantă și eficientă la unitatea de curs *Mașini și acționări electrice*, este necesar ca laboratorul de specialitate să fie dotate corespunzător. Dotările și amenajarea laboratorului vor sprijini desfășurarea activităților practice și de laborator și vor facilita înțelegerea aplicativă a teoriei.

Structura fizică a laboratorului. Spațiu de lucru adecvat: Laboratorul va fi amenajat astfel încât să permită un flux de activități eficiente și sigure, având un spațiu generos de lucru pentru fiecare elev sau grup de elevi. Acesta va include mese de lucru rezistente la șocuri și căldură.

Sisteme de ventilare: Laboratorul vor fi dotat cu un sistem adecvat de ventilare și climatizare pentru a asigura condiții optime de temperatură și umiditate, mai ales în cazul echipamentelor care generează căldură sau în timpul proceselor de testare a materialelor.

Accesibilitate și siguranță: Laboratorul vor fi amenajat astfel încât să permită accesul rapid în caz de urgență, iar ieșirile de urgență și echipamentele de siguranță (extinctoare, kituri de prim ajutor) vor fi amplasate vizibil și la îndemână.

Iluminat adecvat: Laboratorul trebuie să beneficieze de iluminat puternic și uniform, astfel încât elevi să poată lucra cu componente mici, fără a întâmpina dificultăți. Luminile trebuie să fie rezistente la variabilele de temperatură și să nu interfereze cu echipamentele sensibile.

Spațiu pentru depozitare. Laboratorul va include rafturi și dulapuri pentru depozitarea în siguranță a materialelor, instrumentelor de măsură și componentelor de laborator.

Mediu de lucru curat și organizat. Laboratorul vor fi dotate cu containere pentru deșeuri și materiale periculoase, pentru a asigura un mediu curat și organizat, facilitând desfășurarea activităților de laborator în siguranță.

Întreținerea echipamentelor: Echipamentele vor fi întreținute regulat pentru a asigura funcționarea optimă. Aceasta include calibrarea periodică a instrumentelor de măsură și verificarea integrității echipamentelor electrice.

Standardul de dotare a laboratoarelor/atelierelor

Descrierea narativă a resurselor necesare realizării rezultatelor învățării și a condițiilor specifice de utilizare/întreținere a acestora.
Suprafața totală a laboratorului – 60 m^2
Suprafața pentru un elev – 4,0 m^2
Numărul locurilor de lucru – 15

Nr. crt.	Denumirea	Cantitatea per elev
Echipamente		
1.	Stand de laborator sisteme fotovoltaice ET 250	1/3
2.	Stand de laborator sisteme fotovoltaice ET 255	1/3
3.	Stand de laborator sisteme fotovoltaice ET 313.01	1/3
4.	Calculatoare. Procesor: 2 GHz; Memorie operativă: 2 GB; Unitate de stocare: 200 GB; Afișaj și grafică: size: 19'', resolution: 1280x1024; Network: Ethernet, 100 Mb	1/2
Mobilier și tehnică sanitară		
5.	Bancă (masă cu două locuri) și scaune pentru elevi	1/2
6.	Proiector sau TV	1
7.	Tablă ecologică (magnetică) pentru marcher	1
Instrumente și dispozitive		
8.	MEGA-fuse 100A/32 V (package of 5 pcs)	1/3
9.	Blue Solar MPPT 100/20 (up to 48 V)Retail	1/3
10.	LiFePO4 Battery 25,6V/100Ah Smart	1/3
11.	M8 circular connector Male/Female 3 pole cable 3m (bag of 2)	1/3
12.	VE.Can to CAN-bus BMS type A Cable 1.8 m	1/3
13.	MultiPlus-II 48/5000/70-50 230V	1/3
14.	Lynx Distributor (M8)	1/3
15.	Lynx Power In (M8)	1/3
16.	Lynx Shunt VE.Can (M8)	1/3
17.	VE.Bus BMS V2	1/3
18.	ANL-fuse 500A/80V (1 pc)	1/3
19.	Panou fotovoltaic TRINA solar 425W	1/3

20.	Descărcător LST - SPD 3p 40ka 600v dc t2	1/3
21.	Descărcător LST - SPD 3p+n 20ka t2	1/3
22.	Wattmetre, ampermetre, voltmetre	1/3
23.	Analizoare de rețea/trifazice	1/3
24.	Baterii de condensatoare	1/3
25.	Multimetre digitale	1/3
26.	Sisteme de achiziție date	1/3
Inventar și ustensile		
27.	Cabluri de conexiune, indicator de tensiune	20/2
28.	Trusă de instrumente (șurubelnițe, clește plat, banda izolantă)	1/3
29.	Mănuși izolante. Etichete de avertizare. Covoraș electroizolant	1/3

XII. Resursele didactice recomandate elevilor

Nr. crt.	Denumirea resursei	Locul unde poate fi consultată/ accesată resursa
1.	Nicolae, P. Surse regenerabile de energie: Tehnologii și aplicații. Editura Universitaria, 2015.	Biblioteca CEEE
2.	Diaconu, D. C., Energie regenerabilă și eficiență energetică. Editura AGIR. 2012.	Biblioteca CEEE
3.	Măzărescu, M., Sisteme de conversie a energiei eoliene. Editura Politehnica, 2014.	Biblioteca CEEE
4.	Simion Caisîn, Aurelia Sveț, Natalia Halaim, Nicolae Mogureanu ,,Surse regenerabile de energie", Editura "Bons Offices",Chişinău, 2015.	Biblioteca CEEE
5.	Ion Bostan, Valeriu Dulgheru, Ion Sobor, Viorel Bostan, Anatolie Sochirean ,,Sisteme de conversie a energiilor regenerabile", Editura " Tehnica-Info" Chişinău, 2007.	Biblioteca CEEE
6.	Andrei Chiciuc, Ion Sobor, Valentin Arion, Dumitru Ungureanu, Petru Todos, Mihai Pleşca „Studiu de fezabilitate a surselor regenerabile de energie". Editura " Tehnica-Info" Chişinău, 2007.	Biblioteca CEEE
7.	Ion Sobor, Valentin Arion, Dumitru Ungureanu, Petru Todos, Andrei Chiciuc. „Surse regenerabile de energie". Editura " Tehnica-Info" Chișinău, 2006.	Biblioteca CEEE
8.	PVTRIN Curs de instruire. Manualul instalatorului pentru sisteme fotovoltaice solare	https://www.abmee.ro/resurse/PVTRIN-Manualul-Instalatorului.pdf
9.	PVTIN. Instruirea instalatorilor de sisteme fotovoltaice. Definirea contextului profesional al instalatorilor şi dezvoltarea metodologiei de instruire. Catalogul	h chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://pvtrin.eu/assets

	defectelor frecvente şi a practicilor incorecte privind instalarea şi întreținerea PV (PL 2 – ML 2.6, ver. 1)	/media/PDF/Publications/project_reports/common_failures_and_improper_practices/248.6_RO.pdf
10.	PVTRIN. Instalator sisteme fotovoltaice. Aspecte practice pentru instalatori	https://www.abmee.ro/resurse/PVTRIN-Ghid-de-depanare.pdf
11.	Tofan, G.; Damian L., Coordonator Bursuc, O., Ghidul Instalatorului de sisteme fotovoltaice solare, 2021	Biblioteca CEEE
12.	Curs Instalator de sisteme fotovoltaice pe platforma educațională UDEMY	https://www.udemy.com/course/sisteme-fotovoltaice-pe-intelesul-tuturor/?src=sac&kw=curs+instalator+s
13.	Curs Instalator de sisteme termice solare pe platforma educațională UDEMY	https://www.udemy.com/instructor/course/4597096/manage/basics
14.	Liviu Neamț Alina Neamț. Conversia energiilor regenerabile. Lucrări de laborator. UTPRESS. Cluj-Napoca, 2022.	Internet
15.	Surse regenerabile de energie / Mircea Guşă, Constantin Ionescu, Ioana Ionel,. - Bucureşti: Editura Academiei Oamenilor de Ştiinţă din România, 2011	Biblioteca CEEE