



Raport de implementare FDI 2022

Proiect: CONSOLIDAREA CERCEȚĂRII DE EXCELENȚĂ ÎN DOMENIUL TEHNOLOGIILOR DIGITALE
INTELIGENTE BMS-İOT ÎN VEDEREA CREȘTERII EFICIENȚEI ENERGETICE ȘI REDUCERII
IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI.

Cod final de înregistrare: CNFIS-FDI-2022-0598





Cuprins

<i>Introducere și Scopul Proiectului</i>	3
<i>Context și justificare</i>	5
<i>Obiectivul proiectului</i>	6
<i>Metodologie</i>	8
<i>Studiu de caz: Laboratorul 'Casa Pasivă' Est și Vest</i>	11
<i>Concluzii</i>	23





Introducere și Scopul Proiectului

În contextul actual, marcat de schimbări climatice și o nevoie imperioasă de sustenabilitate, proiectul abordează o temă de maximă importanță: re tehnologizarea instalațiilor de producție, management și monitorizare a energiei electrice într-un cadru inovator - laboratorul "Casa Pasivă". Scopul principal al proiectului este de a demonstra viabilitatea și eficiența adoptării tehnologiilor avansate în domeniul energiei regenerabile și al automatizării, pentru a îmbunătăți performanța energetică a clădirilor cu consum redus de energie.

Prin implementarea unui sistem integrat de management energetic, proiectul urmărește să reducă consumul de energie convențională și să maximizeze utilizarea surselor regenerabile, oferind astfel un model scalabil pentru viitoarele proiecte de construcții sustenabile. Importanța acestui demers rezidă în capacitatea sa de a combina inovația tehnologică cu principiile dezvoltării durabile, contribuind semnificativ la reducerea amprentei de carbon și promovarea unui stil de viață eco-responsabil.

Prin abordarea sa tehnică, proiectul se poziționează ca un punct de referință în domeniul eficienței energetice, evidențiind importanța re tehnologizării și adaptării continue la noile tehnologii, în vederea atingerii unor standarde superioare de sustenabilitate și confort.

În acest sens, prezentul proiect își propune următoarele obiective specifice:

OS1. Consolidarea, modernizarea și extinderea platformei de cercetare de excelență pentru soluții inteligente aplicate în sectorul clădirilor rezidențiale și terțiare.

OS2. Promovarea la nivel național și european a ofertei de cercetare de excelență a UPB în acord cu tematica proiectului.





MINISTERUL EDUCAȚIEI
Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București

OS3. Atragerea de cercetători străini în domeniul de cercetare vizat de proiect.

OS4. Îmbunătățirea ofertei educaționale a UPB în cadrul ciclurilor de licență/masterat/doctorat, în acord cu tendințele naționale și europene în domeniul de cercetare vizat de proiect.

Propunerea de proiect răspunde în egală măsură Obiectivelor pentru domeniul strategic 6 "dezvoltarea capacității instituționale pentru cercetare în universități" al FDI, dar și obiectivelor OG1, OG2 și OG4 ale Strategia Națională de Cercetare, Inovare și Specializare inteligentă 2021-2027 (SNCISI) prin: modernizarea infrastructurii CDI, conectarea activităților de cercetare și inovare cu cerințele pieței, sprijinirea dezvoltării specializărilor inteligente, transferul de cunoștințe și dezvoltarea cercetărilor în parteneriat public-privat.





Context și justificare

Trăim într-o eră unde tranziția energetică către soluții sustenabile nu mai este o opțiune, ci o necesitate. Contextul energetic global actual se confruntă cu provocări majore, incluzând schimbările climatice, epuizarea resurselor fosile și creșterea cererii de energie. Aceste realități ne impun să căutăm și să implementăm soluții inovatoare și eficiente din punct de vedere energetic, care pot reduce dependența de combustibilii fosili și pot minimiza impactul asupra mediului.

Tehnologiile inteligente și energia regenerabilă se prezintă ca răspunsuri promițătoare la aceste provocări. Utilizarea tehnologiilor inteligente în gestionarea și monitorizarea consumului de energie oferă posibilitatea de a optimiza utilizarea resurselor, de a îmbunătăți eficiența energetică și de a reduce costurile. Pe de altă parte, energia regenerabilă, provenită din surse precum soarele, vântul și apa, reprezintă o alternativă curată și inepuizabilă, esențială pentru un viitor sustenabil.

În acest context, proiectul de re tehnologizare a instalațiilor din cadrul laboratorului "Casa Pasivă" își propune să demonstreze cum integrarea tehnologiilor inteligente și utilizarea energiei regenerabile pot transforma clădirile în entități eficiente energetic, reducând semnificativ amprenta de carbon și contribuind la protecția mediului. Această abordare nu doar că răspunde nevoii de soluții sustenabile, dar stabilește și un model scalabil, deschizând calea către inovare și sustenabilitate în domeniul construcțiilor și al managementului energetic.

Adoptarea energiei regenerabile și a tehnologiilor inteligente nu doar că oferă o soluție la provocările energetice și de mediu, dar promovează și un model economic sustenabil, prin reducerea costurilor operaționale pe termen lung și creșterea independenței energetice. Astfel, proiectul subliniază importanța unei viziuni progresiste în managementul energetic, unde fiecare componentă este optimizată pentru a contribui la un viitor mai verde și mai sustenabil.





Obiectivul proiectului

Proiectul își propune să atingă un set de obiective specifice, menite să conducă la îmbunătățirea semnificativă a eficienței energetice în cadrul laboratorului "Casa Pasivă". Aceste obiective sunt concepute pentru a adresa atât nevoile imediate, cât și pe cele pe termen lung, în vederea promovării sustenabilității și inovației în domeniul energiei.

Implementarea tehnologiilor regenerabile: Integrearea surselor de energie regenerabilă, cum ar fi panourile solare fotovoltaice într-o soluție de tip off-grid, pentru a reduce dependența de rețelele tradiționale de energie și a crește autonomia energetică a clădirii.

Optimizarea consumului de energie: Utilizarea tehnologiilor inteligente pentru monitorizarea și gestionarea consumului de energie, astfel încât să se realizeze un echilibru între necesitățile energetice și resursele disponibile, minimizând risipa de energie.

Creșterea eficienței energetice: Prin re tehnologizare, proiectul urmărește să îmbunătățească performanța energetică a instalațiilor existente, asigurând o utilizare mai eficientă a energiei și reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră.

Educație și conștientizare: Sensibilizarea comunității academice și a publicului larg cu privire la importanța eficienței energetice și a utilizării surselor regenerabile de energie, prin demonstrații practice și workshop-uri organizate în cadrul laboratorului.

Automatizarea laboratorului: Implementarea unui sistem de automatizare avansat care să permită controlul optim al funcțiilor clădirii, de la iluminat și climatizare până la securitate și acces. Acest sistem va facilita o gestionare eficientă și flexibilă a resurselor, contribuind la reducerea consumului energetic.





Monitorizarea clădirii prin soluții IoT: Integrarea soluțiilor de Internet of Things (IoT) pentru o monitorizare în timp real a parametrilor esențiali ai clădirii. Aceasta va permite detectarea promptă a oricăror ineficiențe și va asigura o adaptare rapidă la condițiile variabile, maximizând eficiența energetică și confortul utilizatorilor.

Aceste obiective reflectă angajamentul proiectului față de inovare și sustenabilitate, punând bazele pentru o tranziție energetică care să răspundă provocărilor viitorului în domeniul construcțiilor și managementului resurselor energetice. Prin atingerea acestor obiective, proiectul aspiră să devină un punct de referință în eficiența energetică și utilizarea responsabilă a resurselor naturale.





Metodologie

Tehnicile și abordările utilizate pentru re tehnologizare

Proiectul adoptă o metodologie complexă, centrată pe integrarea tehnologiilor avansate și pe principiile sustenabilității, pentru a re tehnologiza instalațiile de producție, management și monitorizare a energiei electrice în laboratorul "Casa Pasivă". Aceasta implică mai multe etape esențiale, fiecare având ca scop optimizarea performanței energetice și minimizarea impactului asupra mediului.

Analiza Situației Existente: Prima etapă constă în evaluarea detaliată a instalațiilor existente pentru a identifica oportunitățile de îmbunătățire și necesitățile specifice ale proiectului. Aceasta include analiza consumului energetic actual, eficiența sistemelor în vigoare și potențialele vulnerabilități.

Selectarea Tehnologiilor: Pe baza analizei preliminare, se selectează tehnologiile regenerabile și soluțiile de automatizare și monitorizare ce vor fi implementate. Această selecție se bazează pe criterii precum eficiența energetică, costul, durabilitatea, și compatibilitatea cu infrastructura existentă.

Design și Planificare: Următoarea fază implică conceperea unui plan detaliat de implementare, inclusiv designul sistemelor, alegerea locațiilor optime pentru echipamente și definirea interconexiunilor dintre diferitele componente ale sistemului energetic.

Implementare și Integrare: Implementarea tehnologiilor selectate se realizează în conformitate cu planul stabilit, asigurându-se integrarea eficientă a acestora în infrastructura existentă. Acest pas presupune instalarea echipamentelor, sistemelor de automatizare și a senzorilor IoT, urmată de configurarea și testarea lor.





Procesul de implementare a sistemelor de monitorizare și control

Dezvoltarea Platformei de Monitorizare: Am dezvoltat o platformă centralizată de monitorizare, care să colecteze și să analizeze datele generate de senzorii IoT și de alte dispozitive de măsurare. Platforma permite vizualizarea în timp real a consumului energetic, identificarea tendințelor și optimizarea continuă a performanței.

Implementarea Sistemelor de Control: Sistemele de control automatizat sunt configurate pentru a răspunde dinamic la schimbările detectate în consumul energetic, ajustând automat setările dispozitivelor și sistemelor pentru a maximiza eficiența energetică.

Testarea și Validarea: Fiecare componentă a sistemului este supusă unui proces riguros de testare pentru a verifica funcționalitatea și eficiența acesteia. Testele includ simulări de scenarii diverse, evaluarea performanței energetice și identificarea oricăror probleme de fiabilitate sau securitate.

Feedback și Optimizare: Pe baza datelor colectate și a rezultatelor obținute în faza de testare, se efectuează ajustări și optimizări ale sistemelor pentru a asigura cea mai bună performanță posibilă. Această etapă este continuă, asigurând adaptabilitatea și îmbunătățirea constantă a eficienței energetice.

Instalarea Sistemului de Control Automatizat al Luminii

Instalarea unui sistem de control automatizat al luminii, bazat pe protocolul KNX și pe comenzi vocale. Protocolul KNX permite interconectarea și gestionarea centralizată a diferitelor sisteme și dispozitive din clădire, inclusiv sistemul de iluminat, oferind o flexibilitate și eficiență energetică superioară. Acest sistem va permite reglarea intensității luminoase în funcție de condițiile ambientale și de prezența umană, contribuind astfel la reducerea consumului de energie.





MINISTERUL EDUCAȚIEI
Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București

Implementarea comenzilor vocale, prin intermediul asistenților inteligenți, adaugă un nivel suplimentar de comoditate și accesibilitate, permițând utilizatorilor să controleze iluminatul prin comenzi simple și intuitive.

Integrarea sistemului de control automatizat al luminii prin protocolul KNX și comenzi vocale demonstrează angajamentul proiectului față de implementarea de soluții inteligente și eficiente energetic, contribuind la realizarea obiectivelor de sustenabilitate și confort pentru utilizatori.



Studiu de caz: Laboratorul 'Casa Pasivă' Est și Vest

Înainte de implementarea proiectului, laboratorul "Casa Pasivă" se baza pe un sistem solar care nu permitea o eficiență sporită în gestionarea consumului de energie sau stocarea energiei. Consumul de energie era mai ridicat, iar dependența de rețeaua electrică a POLITEHNICA București era semnificativă.

Casa Pasivă Est este cea mai avansată din punct de vedere al infrastructurii de producere și generare a energiei electrice din surse regenerabile. Aceasta poate funcționa în modul ON GRID atât timp cât rețeaua este prezentă și poate trece în modul de funcționare OFF GRID atunci când apare o pană de curent. Cel mai mare avantaj al acestei tehnologii este că poate realiza un mix energetic aproape instant între energia produsă de panourile fotovoltaice, rețea și baterie.

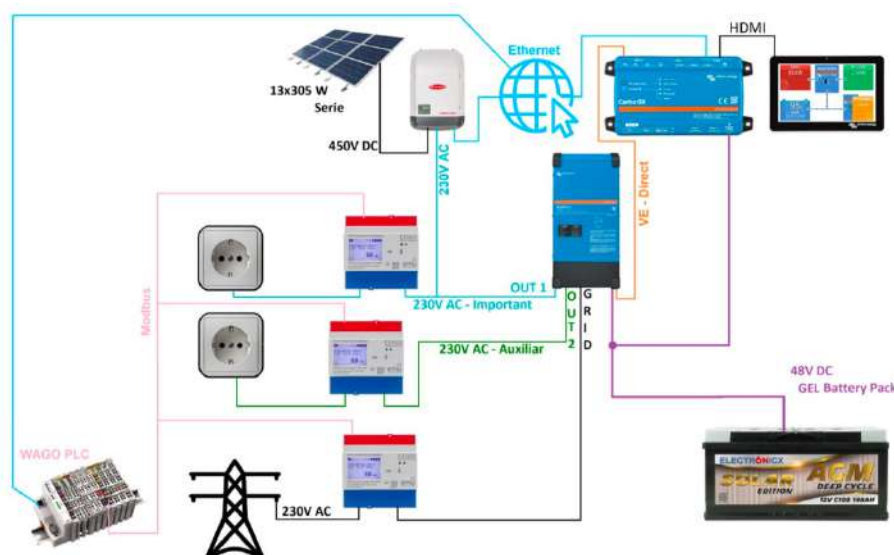


Fig 1. Schema de principiu a sistemului HIBRID din Casa Pasivă Est

Așa cum se poate observa în figura 1 Inverterul principal (Victron MultiPlus) este conectat cu MPPT-ul Fronius. Inverterul Fronius convertește tensiunea continuă de la panourile fotovoltaice în tensiune alternativă 230V, 50Hz. Acesta poate funcționa atât în situația în care Inverterul principal rulează în mod ON GRID, cât și în mod OFF GRID, deoarece își poate varia parametrii electrici (tensiune, frecvență, putere) și se poate sincroniza cu micro-rețeaua astfel creată. Variația acestor parametri se realizează în câteva zeci de milisecunde, iar în momentul când apare



o avarie la rețea, iar MultiPlus-ul trece în mod OFF GRID, Fronius se adaptează odată cu acesta și nu întrerupe furnizarea cu energie electrică. Practic, se poate obține energie de la panourile fotovoltaice în orice situație, crescând astfel eficiența energetică globală a casei. O altă funcție utilă a acestui tip de infrastructuri energetice este „Power assist” care permite utilizatorului să folosească o putere mai mare decât cea a bransamentului la care este conectat. De exemplu, dacă bransamentul este limitat la 20A putem extinde puterea acestuia până la 50A, preluând energia atât din baterii cât și de la panourile fotovoltaice pentru a asigura necesarul utilizatorului.

Casa Pasivă Est are un bransament trifazat, însă infrastructura energetică creată cu aceste echipamente este una monofazată, din rațiuni de costuri și spațiu. Pentru a putea crea un sistem trifazat cu invertoare Victron sunt necesare 3 astfel de unități. Această casă este dotată cu 13 panouri fotovoltaice înseriate, Victron, însumând o putere instalată de 3965W, montate pe acoperișul casei. Pe terasă există un set de 32 de panouri fotovoltaice semitransparente ce însumează o putere instalată de 864W. Capacitatea de stocare a bateriei este de 11,5 kWh. Puterea nominală a MPPT-ului și a MultiPlus-ului este de 5kW.

Comunicația dintre Fronius și Victron se realizează prin intermediul centrului de comunicație Cerbo GX direct prin adresa IP dacă există un server DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) care să ruleze pe LAN (Local Area Network). În cazul Casei Pasive Est atât Fronius-ul cât și Cerbo GX sunt conectate printr-un Switch, iar în cazul unei indisponibilități ale serviciilor de internet cele două echipamente vor putea comunica în continuare fără probleme.

În ceea ce privește interfața producătorului VRM Portal această platformă permite vizualizarea statisticilor referitoare la producția de energie, consum, starea de încărcare a bateriei, și alți parametri electrici și neelectrici utili. VRM Portal are capacitatea de a integra mai multe sisteme, în cazul în care sunt mai multe imobile ce se doresc a fi monitorizate și controlate din același cont, dar și din locații diferite.



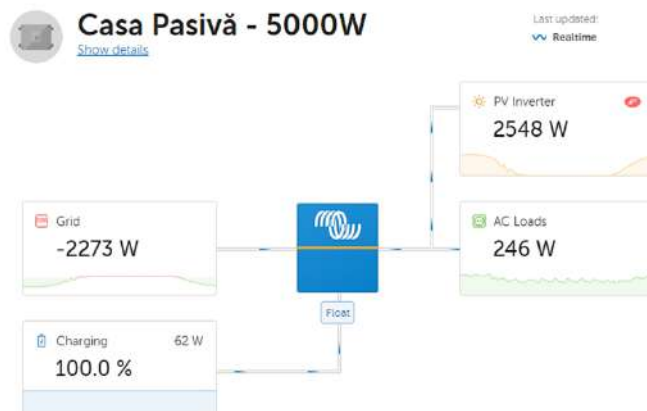


Fig 2. Configurația sistemului solar în VRM Portal

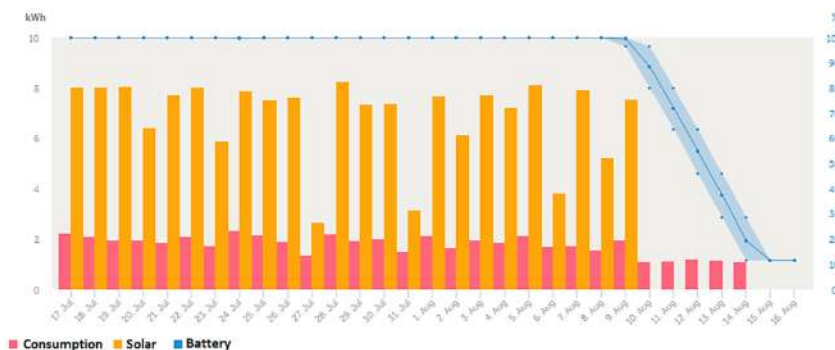


Fig 3. Consum, producție și încărcare baterii VRM Portal

Cealaltă parte reprezentativă a proiectului a fost implementarea unui sistem terț de analiză și monitorizare a valorilor în timp real, fig 4. Acesta continuă să furnizeze informații importante despre parametrii electrici ai ambelor case. Sunt colectate date despre puterea absorbită și injectată în rețea, puterea absorbită sau introdusă în sistemul de baterii, precum și tensiunea acestora, și nu în ultimul rând, sunt extrase date despre radiația solară corelată cu puterea injectată de MPPT-uri.

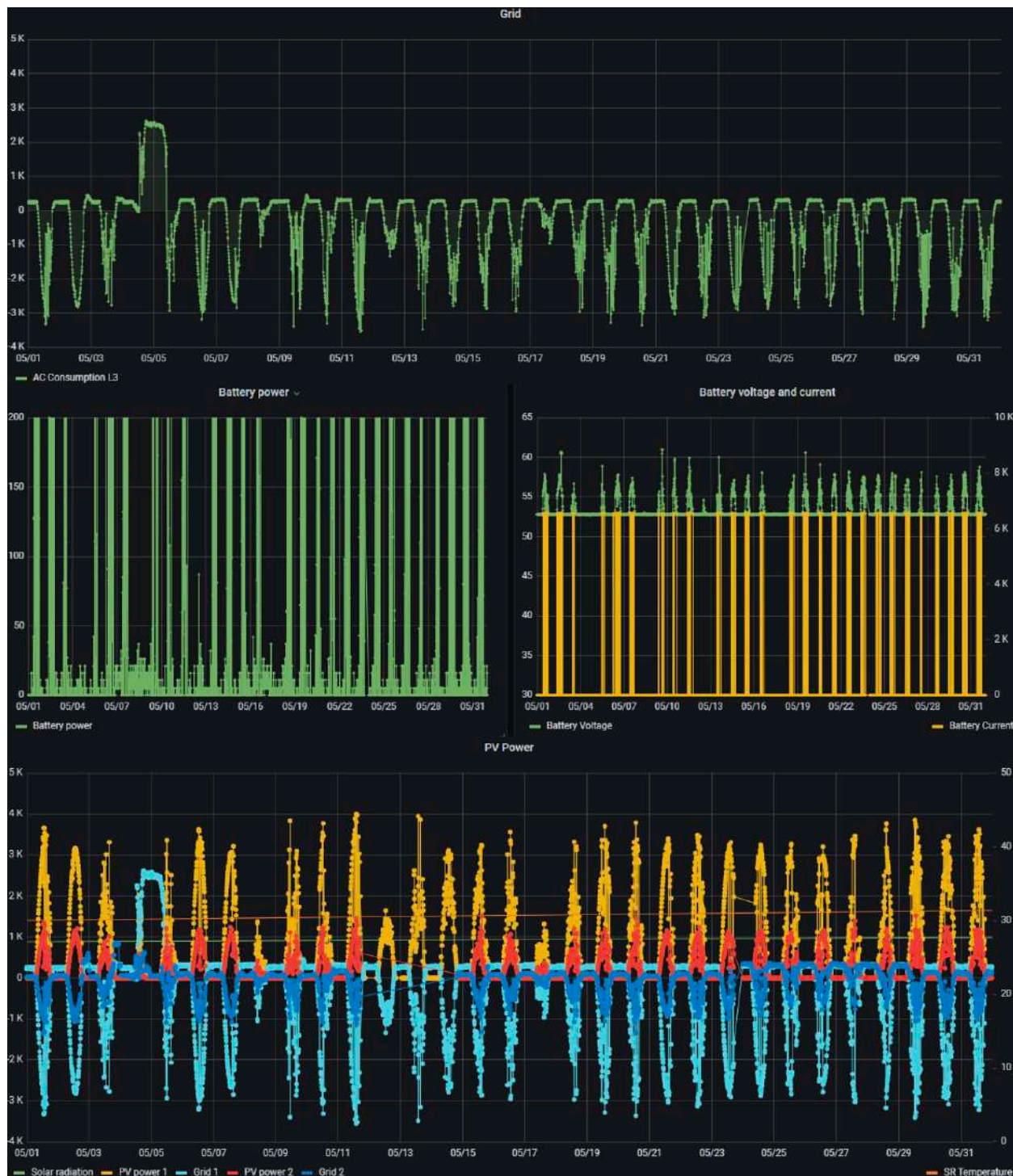


Fig 4. Soluție IoT de monitorizare a parametrilor electrici și termici ai clădirii

În ceea ce privește metodologia de încărcare a bateriilor se întrevide utilizarea unor dispozitive conexe de balansare a fiecărei baterii în parte. Fenomenul de încărcare dezechilibrată apare din cauza faptului că bateriile sunt înseriate, iar capacitățile și rezistențele interne diferă de la baterie la baterie. Invertorul MultiPlus se ocupă de încărcarea bateriilor aplicând tensiunea de 57,6V la capete, care variază de-a lungul ciclului de încărcare după un algoritm stabilit de către utilizator. Este necesară prevenirea acestui dezechilibru deoarece crește foarte mult riscul defectării bateriilor. Există riscul supraîncărcării unei baterii, sau supra-descărcării alteia, fapt ce pune în pericol siguranța în exploatare. Victron a creat astfel de sisteme specifice fiecărei tehnologii de baterie în parte, având BMS-uri pentru tehnologia Li-Ion și LiFePO₄, precum și Battery Balancer pentru celelalte tehnologii (Gel, AGM). În cazul Casei Passive Est, tehnologia bateriilor fiind Gel, s-a decis utilizarea a 3 Battery Balancere.

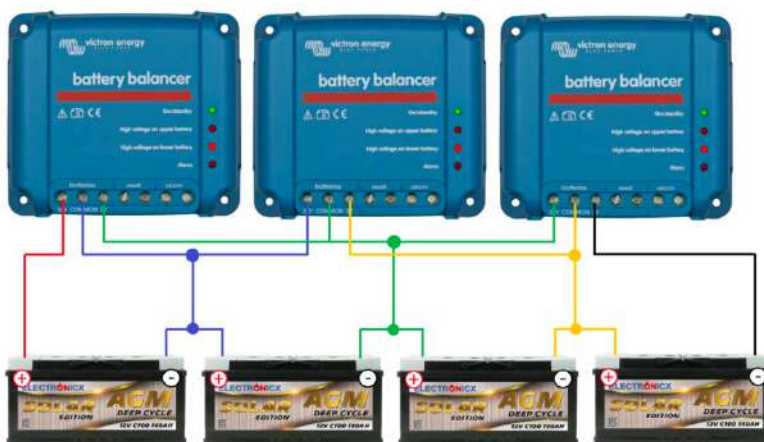


Fig. 5. Conectarea balansoarelor la sistemul de stocare a energiei

Electronica din spatele acestor Balancere echilibrează starea de încărcare a bateriilor transferând până la 0,7A din bateriile cu o tensiune mai ridicată, spre cele cu o tensiune mai mică. Balancerele se activează dacă tensiunea grupului de baterii depășește 54,6V, practic vor porni concomitent cu încărcarea acestora, oprindu-se când tensiunea grupului ajunge la 53,2V, fiind de fapt sub tensiunea de float a acestora. Acestea asigură o diferență de tensiune de maxim 0,1V între baterii.

Un alt aspect ce ține de siguranța în exploatare a tuturor echipamentelor este protecția la supratensiune. Panourile fotovoltaice au fost conectate la un sistem ce asigură protecția în cazul unei lovituri de trăsnet în proximitatea lor. Am utilizat un set de siguranțe fuzibile cu mare capacitate de stingere a arcului electric, speciale pentru sistemele fotovoltaice, împreună cu descărcătoare electrice. Pentru siguranța MPPT-urilor s-a realizat și un sistem de protecție la suprasarcină și scurtcircuit format din 2 siguranțe fuzibile montate pe fiecare string, al căror curent nominal a fost ales în funcție de specificațiile tehnice ale acestora, fig 6.

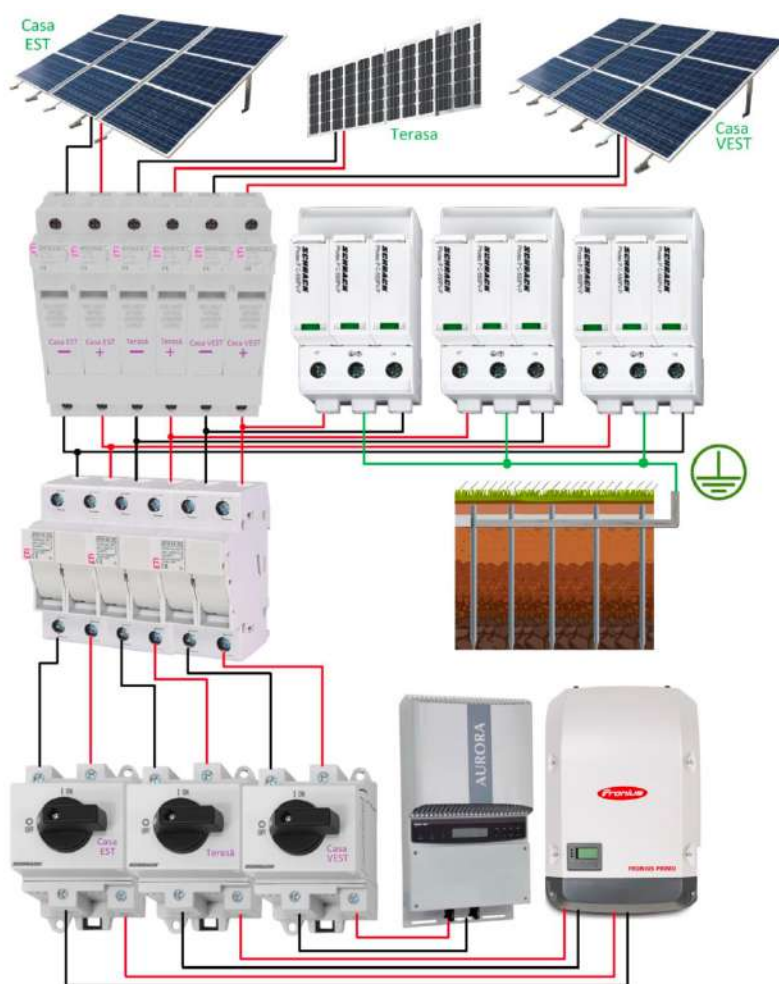


Fig 6. Schema de principiu a protecției la supratensiune, suprasarcină și scurtcircuit pentru DC

Un alt aspect important al proiectului a fost monitorizarea parametrilor electrici de consum și producție a energiei electrice, monitorizarea parametrilor termici ai instalației HVAC precum și monitorizarea parametrilor de calitate ai aerului.

Soluția este formată dintr-un ansamblu de contoare inteligente care monitorizează cantitatea de energie electrică consumată sau injectată în rețea, precum și a anumitor echipamente din clădirea de test (frigider, server, sistem de iluminat, sistem HVAC). În plus, soluția are și senzori care măsoară debitul de aer din sistemul de ventilație, un piranometru și 6 senzori de temperatură montați pe unitatea sistemului de ventilație, precum și unul în sol. Din punct de vedere al protocolului de comunicație, echipamentele de măsurare a energiei electrice, a debitului și a radiației solare utilizează magistrala serială Modbus, în schimb, senzorii de temperatură sunt analogici, măsurându-se valoarea rezistenței lor electrice.

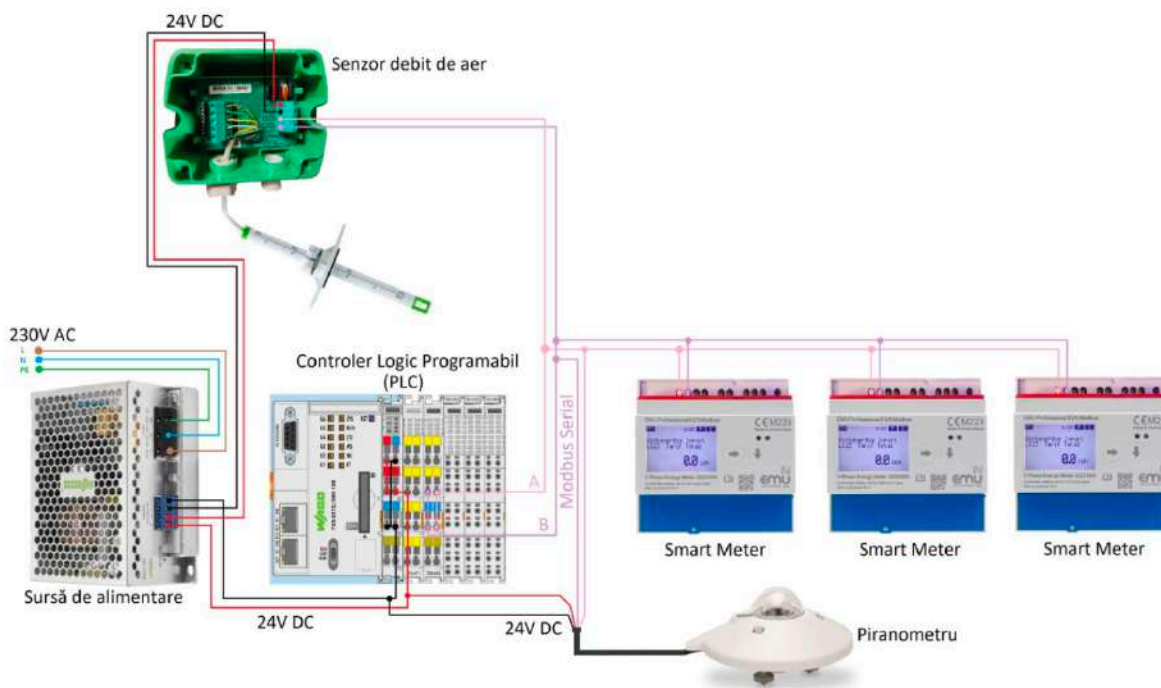


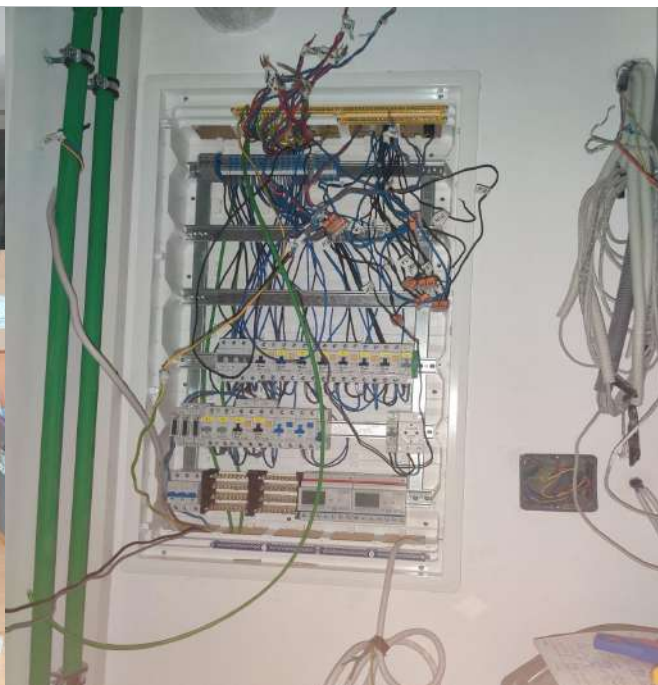
Fig 7. Schema de principiu a sistemului de monitorizare debit, radiație solară, consum și producție de energie electrică

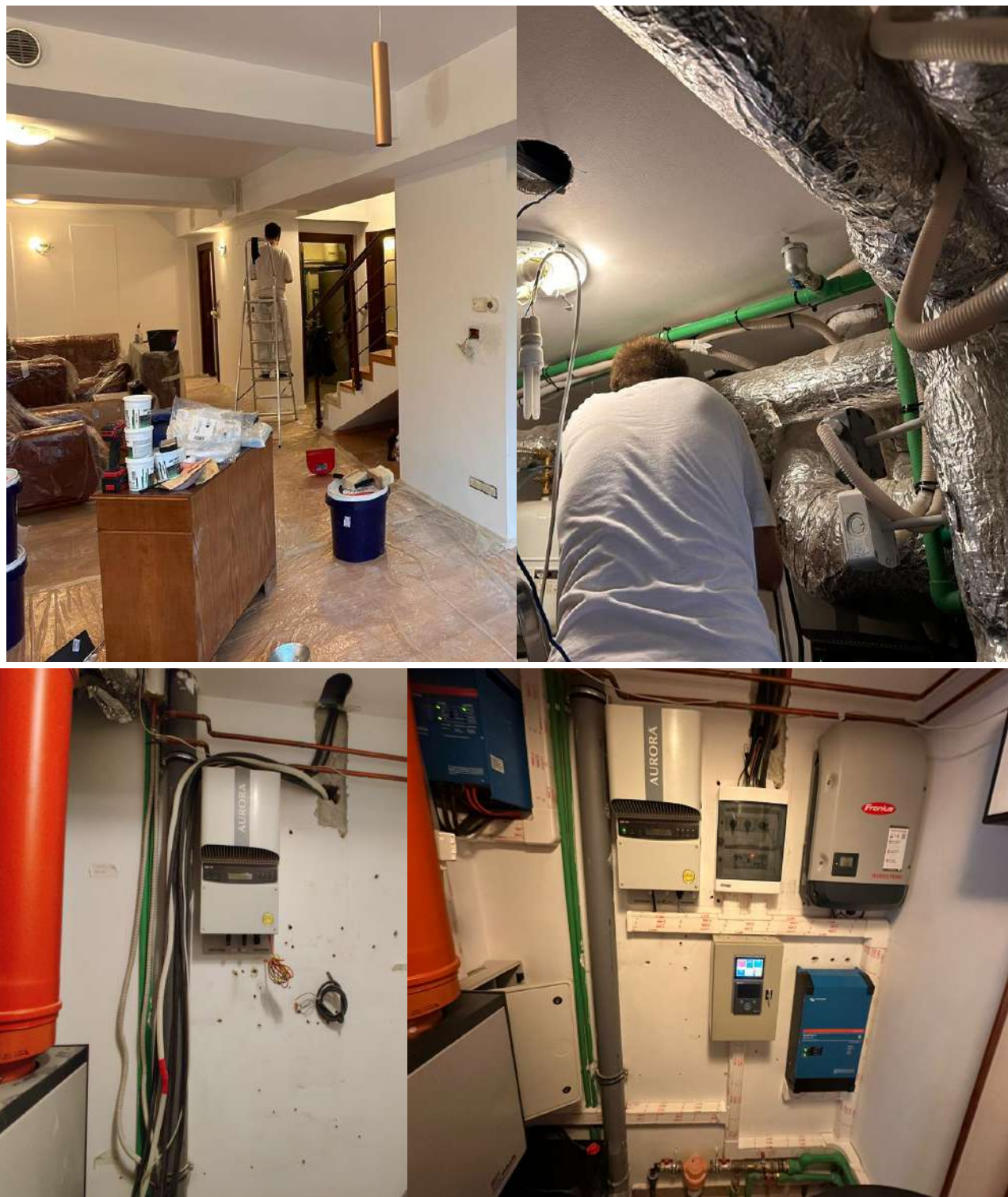
Sistemul de monitorizare transmite date către cloudul local prin intermediul protocolului MQTT. Pentru gestionarea, agregarea și interfațarea cu baza de date, cloud-ul local utilizează aplicația node-red.

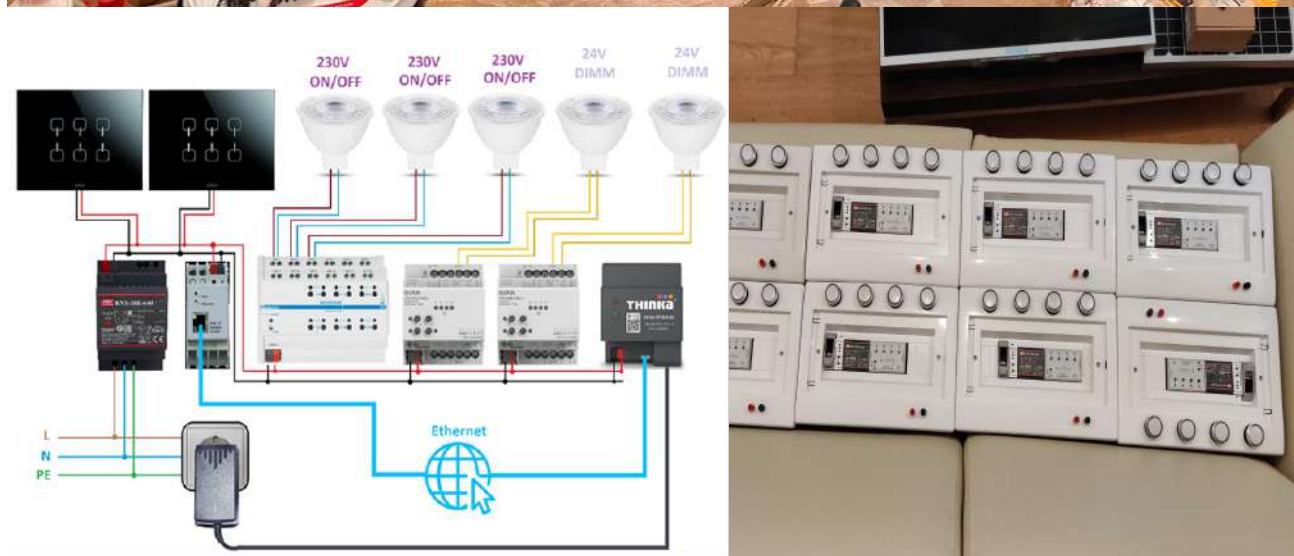
Instalarea unui sistem de control al iluminatului inteligent bazat pe KNX într-o casă pasivă reprezintă un pas important către maximizarea eficienței energetice și confortului locuitorilor. Introducerea acestui sistem permite nu doar o gestionare precisă și personalizată a iluminatului în funcție de necesitățile și preferințele utilizatorilor, dar și o integrare armonioasă cu alte sisteme ale clădirii pentru o performanță energetică optimă. Prin protocolul KNX, sistemul de iluminat devine parte a unei rețele inteligente, oferind flexibilitate și posibilitatea de a implementa comenzi vocale și scenarii automate care să îmbunătățească experiența de locuire și să reducă consumul de energie. Aceasta demonstrează cum tehnologia avansată poate fi folosită pentru a atinge obiectivele de sustenabilitate și eficiență în casele pasive.

În continuare, sunt prezentate câteva imagini relevante pentru activitatea desfășurată pe parcursul celor 9 luni în cadrul proiectului CONCERTDI. Pe lângă instalarea sistemului de iluminat inteligent cu comenzi vocale, am realizat și o platformă didactică.













Concluzii

Proiectul abordează eficientizarea energetică prin re tehnologizarea instalațiilor de producție, management și monitorizare a energiei în cadrul laboratorului "Casa Pasivă". Implementarea tehnologiilor regenerabile și inteligente au demonstrat o îmbunătățire semnificativă a eficienței energetice, reducând dependența de sursele energetice nesustenabile și promovând un mediu de viață sustenabil. Instalarea sistemului de control al iluminatului pe baza KNX și integrarea soluțiilor IoT au optimizat consumul de energie și au crescut confortul utilizatorilor.

Proiectul servește ca model pentru dezvoltarea sustenabilă și inovatoare în domeniul eficienței energetice. Reflectând asupra impactului proiectului, este evident că adoptarea tehnologiilor avansate nu doar că îmbunătățește eficiența energetică, dar și modelează viitorul sustenabilității în domeniul clădirilor din sectorul rezidențial. Astfel, proiectul subliniază rolul crucial al inovației și al adoptării conștiente a tehnologiilor inteligente și regenerabile în atingerea obiectivelor de sustenabilitate. Pe lângă beneficiile de sustenabilitate și eficiență energetică, proiectul aduce și un avantaj economic semnificativ prin reducerea costurilor asociate cu energia. Utilizarea eficientă a energiei și integrarea surselor regenerabile contribuie la scăderea facturilor de utilități, demonstrând că investiția în tehnologii avansate este nu doar ecologică, dar și economică.

