



Soc. CALORIS GROUP S.R.L.

Adresa: Soseaua Berceni, nr. 8A, Bucuresti, Sector 4

Nr. Reg. Com.: J40/651/2001

CUI: RO13657569

Cont: RO44 RNCB 0064 0048 9745 0001, BCR Sucursala Berceni

Cont: RO70 TREZ 7005 069X XX00 5307, ATCP Bucuresti



Tel: 021.33.22.992, Fax : 021.33.22.810, Web: www.caloris.ro, E-mail: contact@caloris.ro

ISO 14001: 2015

ISO 9001: 2015

SECȚIUNEA 1

RAPORTUL ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC (RST)-extenso

DENUMIREA PROIECTULUI: Tehnologii si echipament de uscare inovativ cu independenta energetica, pentru zone montane si izolate, cod proiect PN-III-P2-2.1-PTE-2021-0306, nr. Contract 87PTE:

ETAPA DE EXECUȚIE NR. 2: Realizare si testare ME; Elaborare documentatie de executie prototip; Realizare partiala prototip; Diseminare rezultate

Termen predare: 07.12.2023

In cadrul **Etapei 2** a proiectului “**Tehnologii si echipament de uscare inovativ cu independenta energetica, pentru zone montane si izolate**”, cod proiect **PN-III-P2-2.1-PTE-2021-0306**, nr. Contract **87PTE**, au fost derulate urmatoarele activitati:

Activitate 2.1 Realizare si testare ME uscator convectiv cu independenta energetica

Activitate 2.2 Elaborare documentatie de executie prototip uscator convectiv cu independenta energetica

Activitate 2.3 Realizare partiala prototip uscator convectiv cu independenta energetica

Activitate 2.4 Diseminare pe scara larga a rezultatelor cercetarii

Activitate 2.1 Realizare si testare ME uscator convectiv cu independenta energetica

Coordonator (CO) - CALORIS GROUP S.R.L. - Realizare incinta de uscare, cu tavi asezare material de deshidratat, ventilator, clapete dirijare aer cald, elemente de actionare, senzori temperatura si umiditate relativa; aprovizionare panou fotovoltaic. Testare ME;

Partener (P1) - INOE 2000 - FILIALA INSTITUTUL DE CERCETARI PENTRU HIDRAULICA SI PNEUMATICA BUCURESTI RA- Realizare modul termic (generator termic TLUD cu schimbator aer-aer). Testare ME;

Partener (P2) - INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU MASINI SI INSTALATII DESTINATE AGRICULTURII SI INDUSTRIEI ALIMENTARE - INMA- Realizare modul electronic monitorizare si control parametri de lucru, comanda elemente de executie; Testare ME.

P1- Realizare modul termic (generator termic TLUD cu schimbator aer-aer). Testare ME

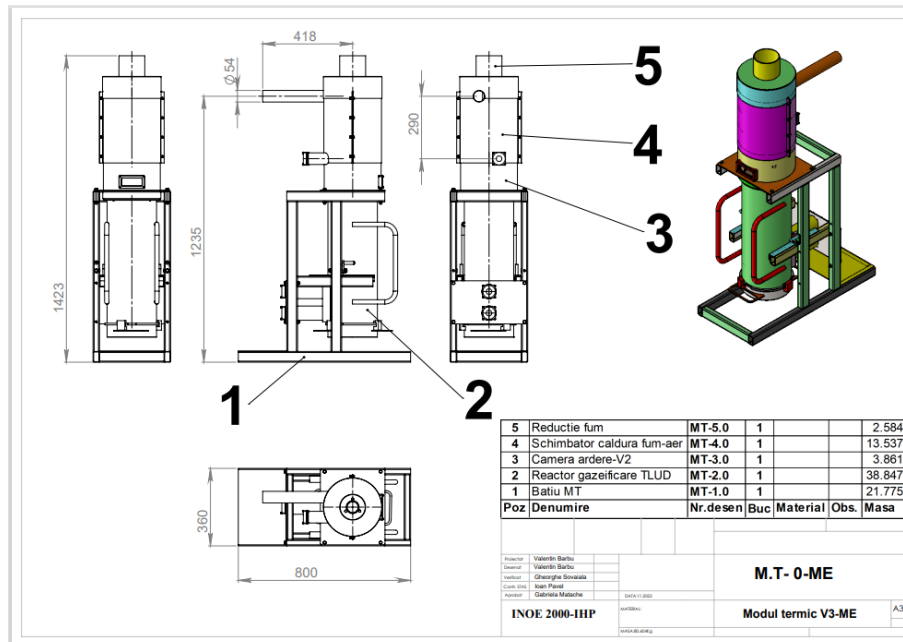


Fig. 1 Modul termic, ans. M.T-0-ME (Documentatie executie ME)

Modulul termic M.T-0-ME, fig. 1, realizat in conformitate cu Documentatia de executie ME, furnizeaza aerul cald necesar deshidratarii produselor vegetale din incinta de uscare, avand urmatoarea componenta:

- Batiu MT, subansamblu MT-1.0;
- Reactor gazeificare TLUD, subansamblu MT-2.0;
- Camera ardere, subansamblu MT-3.0;

- Schimbator caldura fum-aer, subansamblu MT-4.0;

-Tubulatura de introducere a agentului de uscare in incinta de uscare si de evacuare fum, subansamblu MT-5.0.

Modulul termic a fost proiectat si realizat in doua variante constructive:

- cu schimbatorul de caldura amplasat in exteriorul camerei de deshidratare a uscatorului convectiv, fig. 2.a;

- cu schimbatorul de caldura amplasat in interiorul camerei de deshidratare, fig. 2.b



a



b

Fig. 2 a,b Modul termic -realizare fizica ME

Batiu MT-MT-1.0

Batiul, fig.2, fig. 3, reprezintă o construcție sudată din profile rectangulare, având următoarele functii:

- constituie suportul reactorului de gazeificare TLUD, care poate culisa in vederea introducerii in lucru sau extragerii pentru realimentare cu combustibil solid pe barele orizontale de la nivelul inferior;

- asigura zăvorârea reactorului pe poziția de funcționare, cu ajutorul zăvoarelor rotative cu mâner, fixate pe barele verticale din fata;

- susține camera de ardere, pe barele orizontale de la nivel superior;

- constituie suportul sistemului de alimentare cu aer de gazeificare biomasa/ardere singaz (placa, țevi echipate cu ventilatoare). Placa se fixează cu șuruburi pe barele verticale posterioare.

Reactor gazeificare TLUD MT-2.0

Reactorul de gazeificare TLUD este destinat producerii energiei termice necesare incalzirii aerului utilizat ca agent de deshidratare in incinta uscatorului convectiv, utilizand drept combustibil biomasa, corespunzator prelucrata din punct de vedere al granulatiei, umiditatii si gradului de compactare, specifice procesului de gazeificare. Gazeificarea in reactoare TLUD reprezinta procesul de transformare a materialelor vegetale in singaz si arderea cea mai curata si eficienta a acestuia.

Produsele gazeificarii biomasei in concept CHAB (Combined HeatAnd Biochar production) sunt energia termica si biocharul.

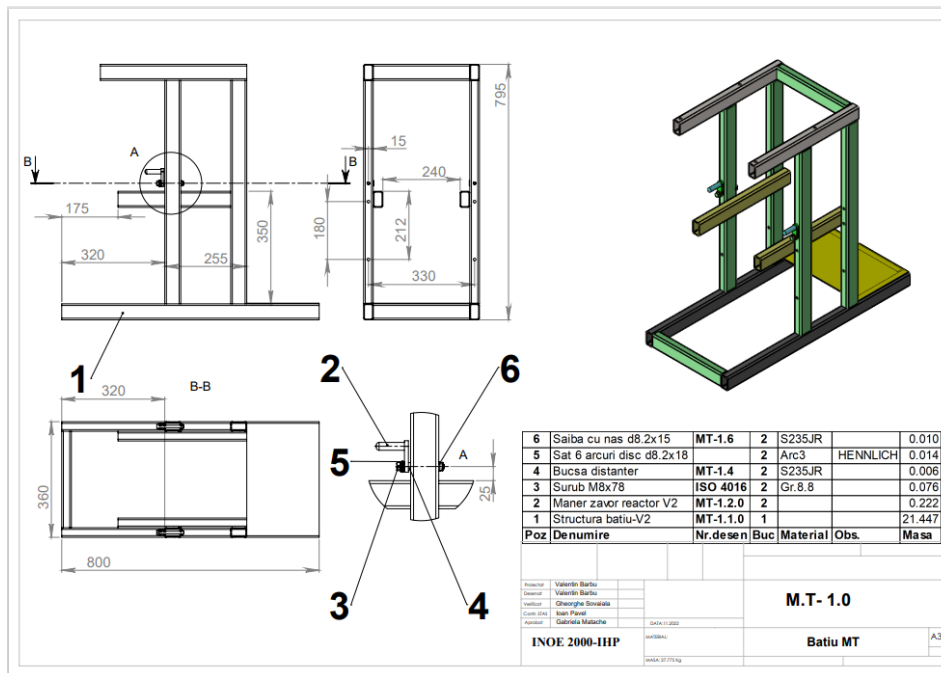


Fig. 3 Batiu MT, subansamblu MT-1.0 (Documentație execuție ME)

Biocharul (cărbune activ) este un amendament valoros pentru solurile agricole și un mediu filtrant pentru poluanți. Utilitatea acestuia reprezintă cea mai ieftină, ecologică și eficientă metodă de sechestrare a carbonului atmosferic în sol pentru perioade lungi de timp, îmbunătățește textura solului și creează mediul propice pentru microorganisme.

Reactorul de gazeificare MT-2.0, fig. 4, este alcătuit din următoarele subansamble:

- corp TLUD- ans. sudat, MT-2.1.0;
- cos combustibil-ans. sudat, MT-2.2.0;
- cenușar- ans. sudat, MT-2.3.0;
- alimentare aer, MT-2.4.0.

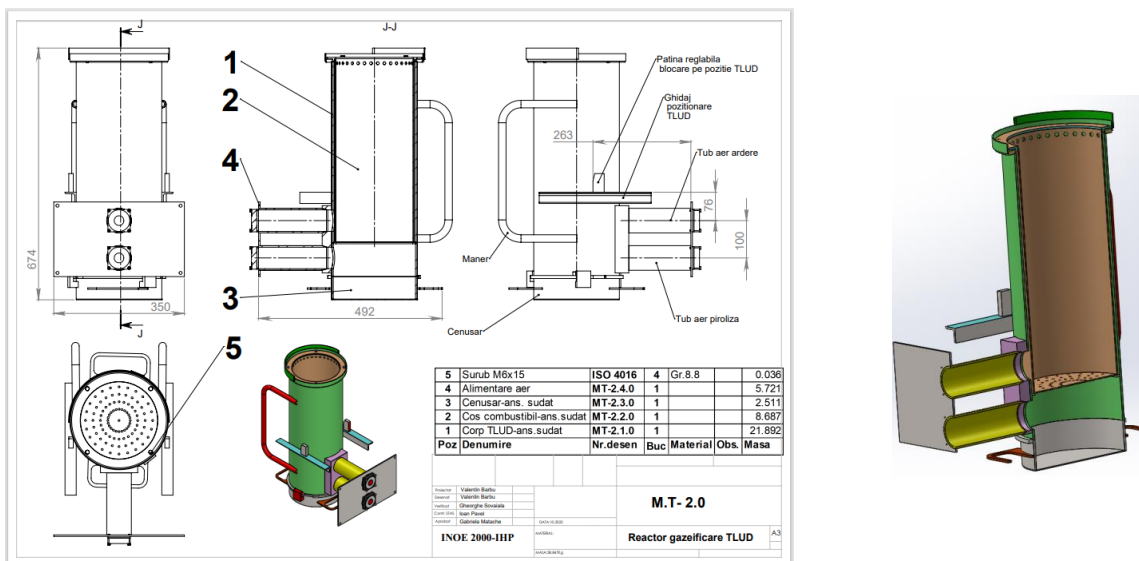


Fig. 4 Reactor de gazeificare, MT-2.0 (Documentație execuție ME)

Corpul TLUD, fig. 5, este alcătuit din cilindrul exterior TLUD, reper MT-2.1.1, flanșele 1 și 2, repere MT-2.1.2 și 2.1.3, flanșa conectare aer (suport ventilatoare) reper MT-2.1.4, mânerul TLUD, reper MT-

2.1.5, inel etansare cos combustibil, reper MT-2.1.6, știft opritor cenușar, reper MT-2.1.7, ghidajele reactor, reperi MT-2.1.8.0 și MT-2.1.9.0, semiinel etansare camera de ardere, reper MT-2.1.11.

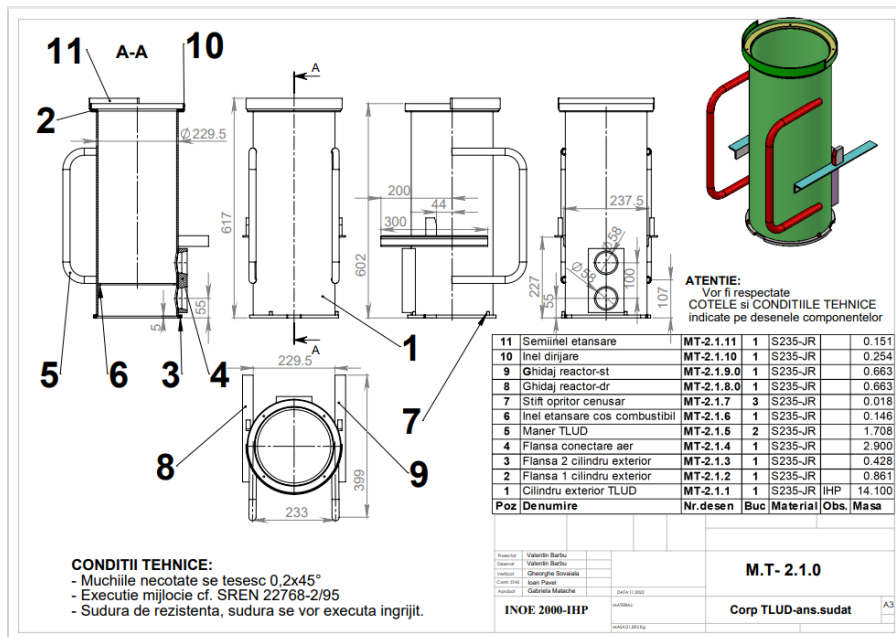
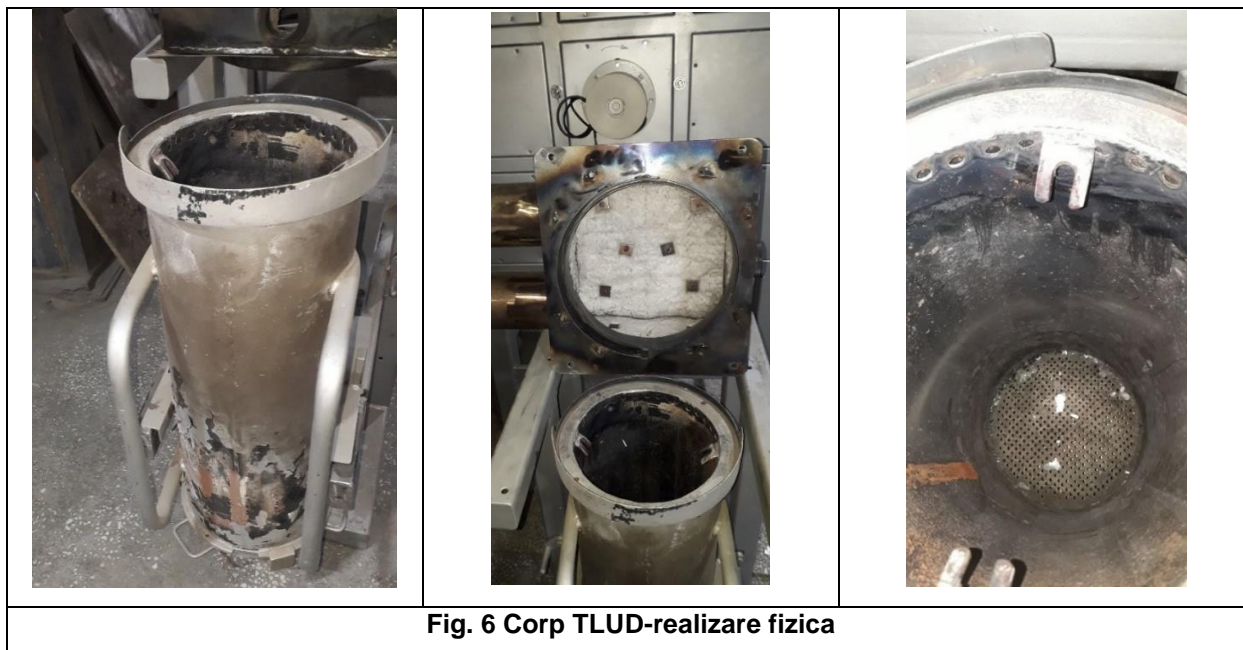


Fig. 5 Corp TLUD-ans sudat, MT-2.1.0 (Documentatie executie ME)



Cilindrul exterior TLUD, MT-2.1.1, fig. 7, este realizat prin roluire și sudare pe generatoare, din tabla cu grosimea de 4,5 mm. Are diametrul interior de 220,5 mm și înălțimea de 576 mm.

Cosul de combustibil este un cilindru confectionat prin roluire si sudare pe generatoare din tabla cu grosimea de 3 mm, cu inaltimea de 492 mm si diametrul exterior de 212,5 mm.

In partea superioara a cosului, la cota de 12 mm sunt practicate perimetral 36 de gauri cu diametrul de 8 mm.

Intre cosul combustibil si cilindru exterior TLUD, in interiorul caruia se instaleaza, se creeaza un spatiu toroidal de 4 mm, prin care aerul de ardere a singazului ajunge la gaurile de distributie.

La partea superioara a cosului de combustibil este sudata flansa MT-2.2.2, care se suprapune peste flansa 1 a cilindrului exterior, inchizand spatiul toroidal dintre cilindru exterior si cos, obligand aerul de ardere sa treaca prin cele 36 de gauri.

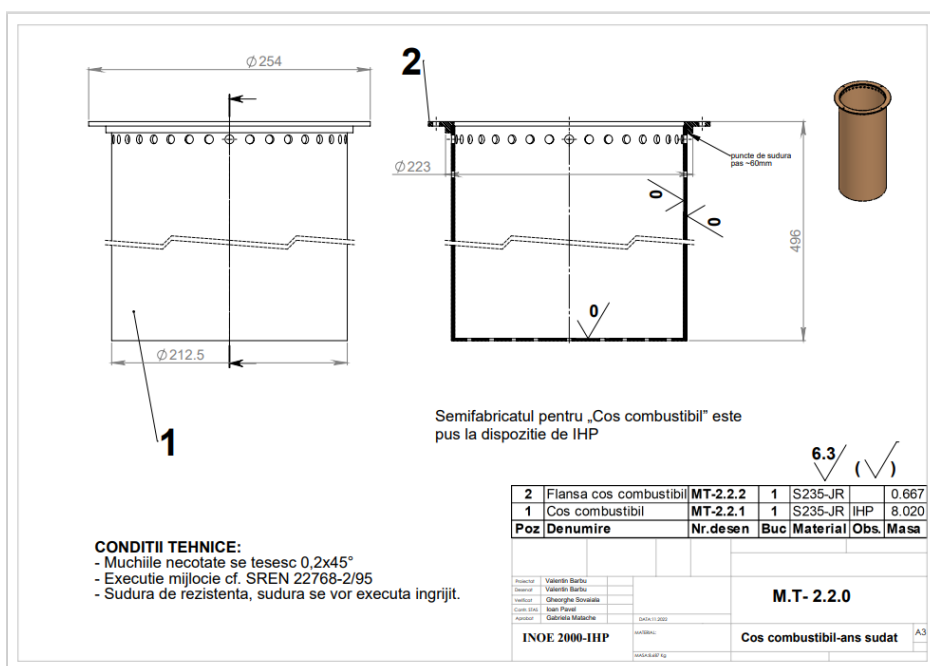


Fig. 8 Cos combustibil-ans sudat, MT-2.2.0 (Documentatie executie ME)

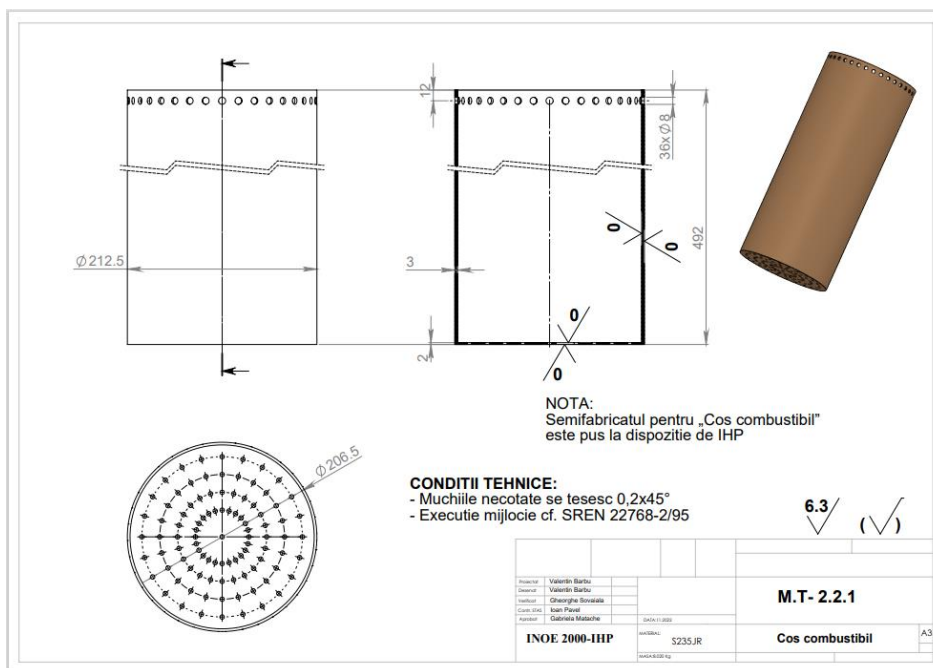


Fig. 9 Cos combustibil MT-2.2.1 (Documentatie de executie ME)



Fig. 10 Cos combustibil-realizare fizica

La partea inferioara a cosului de combustibil, in interiorul acestuia, este montata sita (pe un inel de sprijin) cu rol de suport al combustibilului solid, de acces in masa biomasei a aerului de gazeificare, de retinere a biocharului ca produs al procesului de gazeificare in concept CHAB si de trecere a cenusii spre cenusar.

Gaurile pentru tevile de aer de gazeificare, respectiv de ardere a singazului, cu diametrul de 58 mm, sunt practicate pe aceeasi generatoare a cilindrului exterior, la cotele de 50 si 150 mm de la baza cilindrului exterior; acestea sunt formate din cate doua tronsoane: tronsoanele sudate pe cilindrul exterior, fig. 11, si tronsoanele echipate cu ventilatoare, fig. 12, sudate pe placa ansamblului alimentare aer, MT-2.4.0.

La introducerea reactorului de gazeificare pe pozitia de lucru, tronsoanele se cupleaza intre ele pe con, care asigura o etansare mecanica corespunzatoare.

Teava pentru aerul de gazeificare patrunde sub sita cosului de combustibil, iar cea pentru aerul de ardere a singazului ajunge pana in spatiul toroidal dintre cilindrul exterior si cosul pentru combustibil.



Fig. 11 Tevile de aer de gazeificare / ardere singaz sudate pe cilindrul exterior-realizare fizica



Fig. 12 a, b Tevile de aer de gazeificare / ardere singaz sudate pe placa ansamblului alimentare aer, echipate cu ventilatoare -realizare fizica; c Modul de cuplare a tronsoanelor tevilor de aer

Cenuşarul, ans. sudat MT-2.3.0, fig. 13, colectează materia anorganică rezultată în procesul de gazeificare a biomasei. Acesta este alcătuit din cilindru MT-2.3.1, fundul cenuşarului MT-2.3.2, manere MT-2.3.3 și pintenii cenuşar MT-2.3.4.

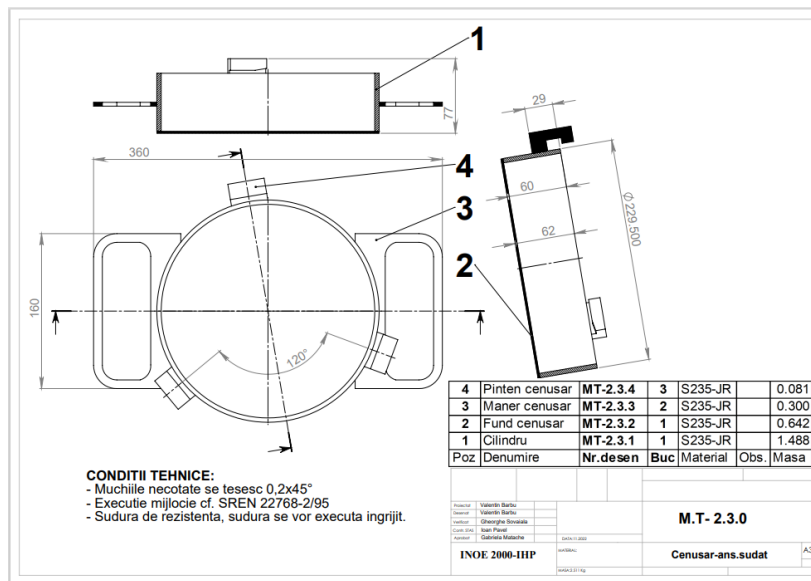


Fig. 13 Cenuşar-ans. sudat MT-2.3.0 (Documentatie de executie ME)



Fig.14 Cenuşar-ans. sudat MT-2.3.0- realizare fizica

Biomasa este introdusă în reactor și se sprijină pe sita, prin care trece, de jos în sus, aerul primar pentru gazeificare. Piroliza rapidă atinge un punct de incandescență în partea de sus și se continuă în jos în biomasa din reactor. Din piroliza rapidă rezultă gaz, gudron și biochar.

Gudroanele trec prin stratul de cărbune incandescent, sunt cracate și reduse total datorită căldurii radiate de frontul de piroliză și de flacăra dispusă la nivelul superior. Gazul rezultat se amestecă cu aerul secundar care este introdus în zona de ardere prin orificiile dispuse la partea superioară a reactorului. Amestecul cu turbulență ridicată, arde cu flacăra la temperaturi de circa 900°C. Reglarea puterii termice se face prin variația debitelor de aer primar și secundar.

Schimbator de caldura fum-aer amplasat in exteriorul incintei de uscare

Componenta schimbatorului de caldura amplasat în exteriorul incintei de uscare, fig. 15, este evidențiată în tabelul indicatorului M.T-4.0.

Gazele de ardere se deplasează prin tubul interior cu spirala SC, reper MT-4.1.0 și prin spațiul circular dintre cilindrul exterior cu serpentina fum, reper MT-4.2.0 și mantaua exterioară, realizată din semituburile fum, reperatele MT-4.5 și MT-4.6.

Serpentina fum, sudată pe cilindrul exterior al camerei de aer cald, are rolul îmbunătățirii procesului de ardere prin turbionarea gazelor de ardere.

Aerul cald, utilizat ca agent de uscare, este produs în camera de aer cald, delimitată de tubul interior cu spirala SC, cilindrul exterior cu serpentina fum și capacele inferior și superior, perfect etanșe, pentru evitarea contaminării acestuia cu compuși toxici din gazele de ardere.

Prin racordul inferior al schimbatorului de caldura este aspirat aerul curat la temperatura mediului ambiant, cu ventilatorul 60x60x15-XNF-6015HSL-24, iar prin racordul superior, aerul cald este trimis în incinta de uscare a uscătorului convectiv.

Energia termică a gazelor de ardere, rezultată prin procesul de ardere a singazului produs de reactorul de gazeificare TLUD, este transferată agentului de uscare la nivelul suprafețelor tubului interior cu spirala SC, cilindrului exterior cu serpentina fum, capacele inferior și superior.

Spirala SC, sudată pe tubul interior, mărește suprafața de transfer termic, contribuind la creșterea randamentului schimbatorului de caldura; turbionează aerul la deplasarea ascendentă între racordurile inferior și superior, asigurând uniformizarea temperaturii în întregul volum al agentului de uscare.

După cedarea energiei termice către agentul de uscare, gazele de ardere sunt evacuate în atmosfera prin coșul de fum, cuplat la reductia fum, care colectează gazele de ardere de la tubul interior cu spirala SC și spațiul inelar dintre cilindrul exterior cu serpentina fum și mantaua exterioară.

Coșul de fum asigură tirajul natural al gazelor de ardere, ușurând sarcina ventilatorului de gazeificare din componenta reactorului de gazeificare TLUD.

Camera de ardere

Camera de ardere **MT-3.0**, fig. 16, reprezintă subansamblul intermediar dintre reactorul de gazeificare TLUD și schimbătorul de căldură, în interiorul căreia are loc procesul de ardere a singazului.

Este alcătuită dintr-o ramă de secțiune pătrată, prin care se montează pe șasiu, deasupra reactorului de gazeificare, carcasa camerei de ardere, reper MT-3.1.0, care poate fi un cilindru în construcție sudată sau un paralelipiped fără capace inferior și superior

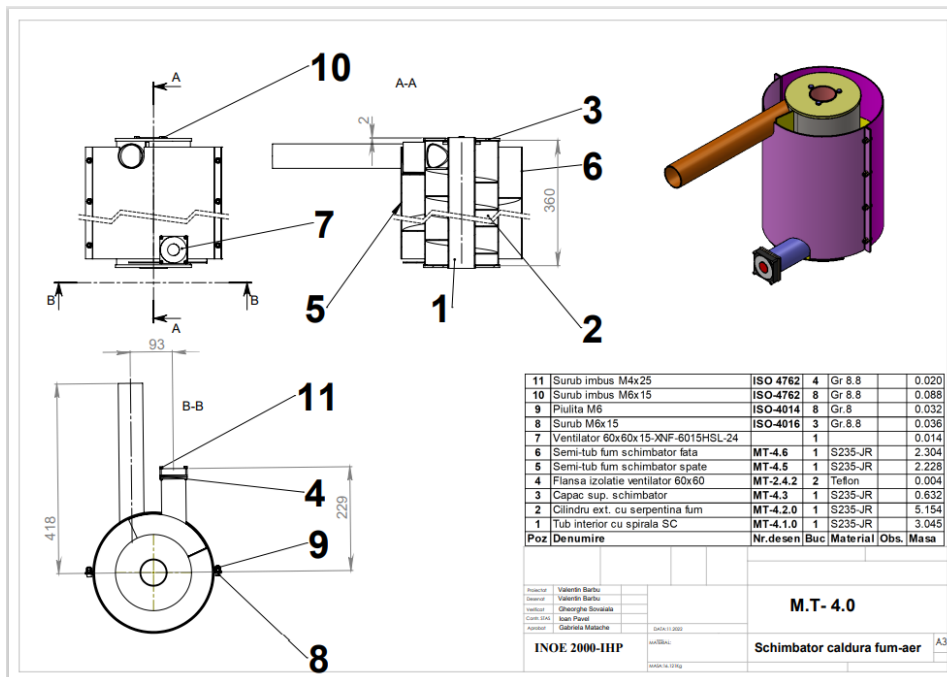


Fig. 15 Schimbător de căldura fum-aer amplasat în exteriorul incintei de uscare (Documentație execuție ME)

În interiorul carcasei camerei de ardere se montează discul protecție foc, subans. MT-3.2.0, care înlătură contactul direct al flăcării rezultate în procesul de ardere a singazului cu componentele schimbătorului de căldură, evitând astfel deformările și deteriorarea acestora.

Partea superioară a carcasei camerei de ardere, de formă cilindrică, se introduce în mantaua exterioară a schimbătorului de căldură, până la cota determinată de racordul aspirație aer atmosferic și se asigură cu șuruburi.

Procesul de ardere poate fi urmărit prin vizorul MT-3.3, cu geam din sticlă termorezistentă.

Rolul camerei de ardere este acela de a crea turbulența primară a flăcării, de a concentra întreaga cantitate de energie termică rezultată prin procesul de ardere a singazului și de a o conduce cu randament maxim spre schimbătorul de căldură.

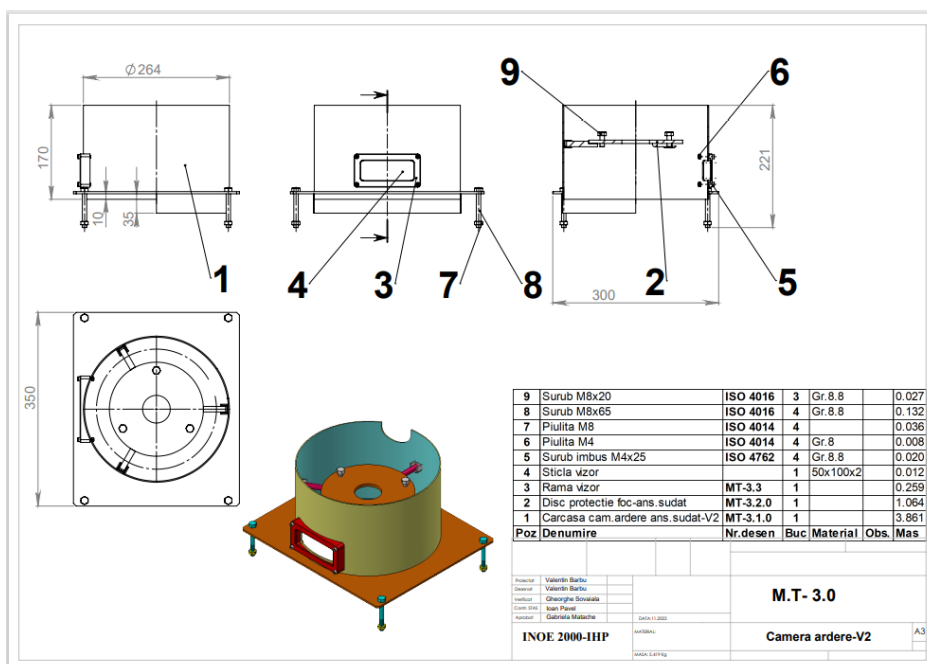


Fig. 16 Camera de ardere (Documentație execuție ME)

In fig. 17 a este prezentat ansamblul camera de ardere-schimbator de căldură fum-aer amplasat în exteriorul incintei de uscare, iar în fig. 17 b,c este prezentat interiorul camerei de ardere, cu discul protecție foc și sistemul de fixare a acestuia. Se pot observa vizorul de urmarire a procesului de ardere si mufele de fixare a tecilor senzorilor de temperatura.

Schimbătorul de căldura este echipat pe racordul inferior cu ventilator 60x60x15-XNF-6015HSL-24, pentru aspirația aerului atmosferic Pentru monitorizarea temperaturilor in punctele relevante (racordurile de aer atmosferic si aer cald, incinta camerei de ardere si reducția fum), echipamentul este prevăzut cu mufe pentru fixarea tecilor senzorilor de temperatura.

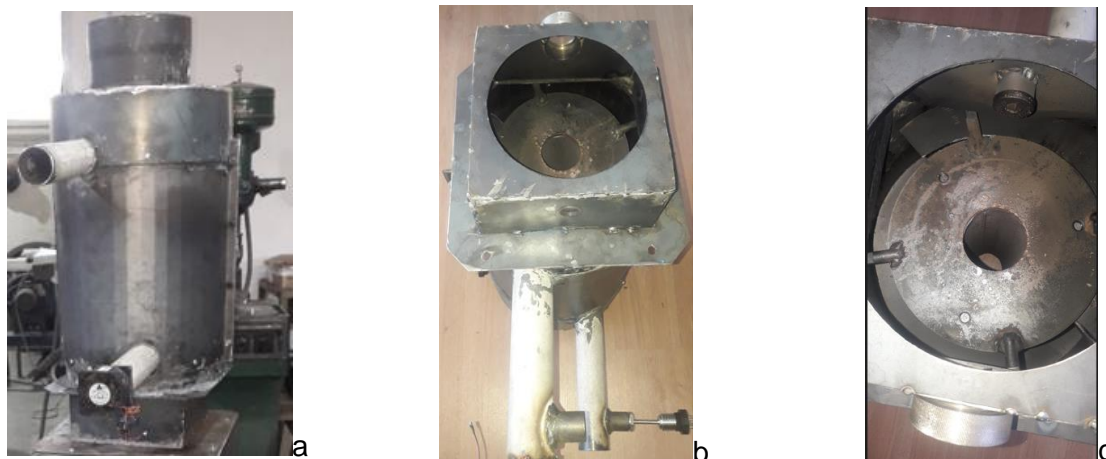


Fig. 17 a-Ansamblu camera de ardere-schimbator de caldura fum-aer amplasat in exteriorul incintei de uscare; b, c- camera de ardere privita dinspre flansa de cuplare cu reactorul de gazeificare-realizare fizica ME

In vederea eliminării unor inconveniente si deficiențe tehnico-constructive privind modul termic cu schimbator de caldura amplasat in exteriorul incintei de uscare : -dezvoltarea pe verticala a ansamblului reactor de gazeificare TLUD-camera de ardere-schimbator de caldura-reducție fum-cos de fum, la limita stabilitatii ; schimbatorul de caldura-reducția fum-cosul de fum se sprijina exclusiv pe flansa camerei de ardere ; -necesitatea unor etansari speciale, greu de realizat, intre camera de aer cald si mantaua exterioara, pentru separarea perfecta a fluxurilor aer cald-fum (pentru eliminarea riscului de contaminare a agentului de uscare cu compusi toxici din fumul rezultat prin arderea singazului) ; -necesitatea instalarii pe tubulatura de aspiratie aer atmosferic a unui ventilator, care sa antreneze agentul de uscare in interiorul incintei de uscare ; -traseu prea lung al tubulaturii de aer cald, care impune o izolare pretentioasa in scopul reducerii pierderilor de energie termica in mediul exterior, s-a trecut la proiectarea si realizarea variantei de modul termic cu schimbator de caldura amplasat in interiorul incintei de uscare, fig. 19, respectiv a uscatorului convectiv cu aceasta echipare, fig. 20, fig. 21.

Schimbătorul de căldură, de tip aer-aer, fig. 22, este o construcție perfect etanșă, de forma cilindrica, cu capacele traversate de tevi deschise la capete.

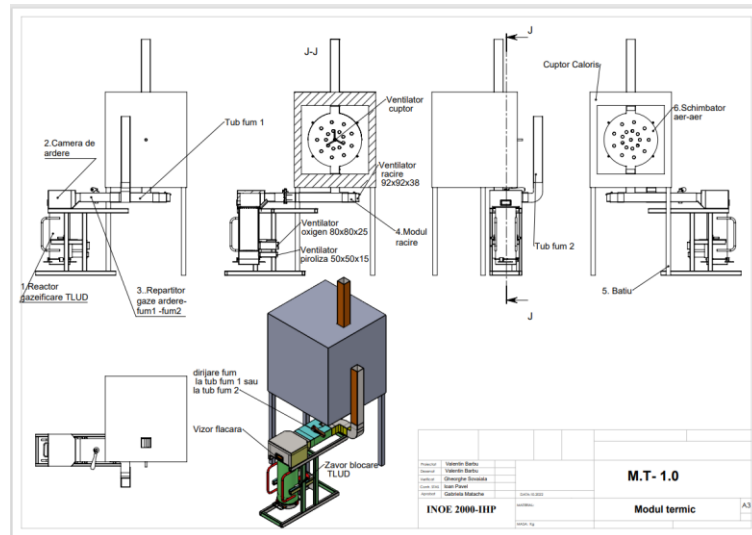
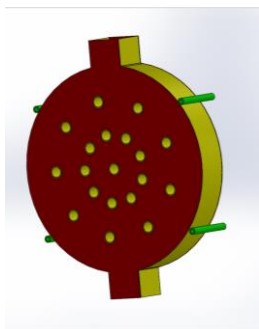


Fig.20 Schema de principiu a uscatorului convectiv cu schimbator de caldura amplasat in incinta de uscare



Fig. 21 Uscator convectiv cu schimbator de caldura amplasat in incinta de uscare-realizare fizica

La realizarea fizica, pe capacul dinspre partea posterioara a camerei de uscare, perpendicular pe acesta, sunt sudate tevile de admisie si evacuare a amestecului de gaze de ardere si fum; transferul de caldura de la schimbătorul de caldura la aerul din incinta de uscare (care prin incalzire la temperatura prestabilita devine agentul de uscare) are loc la nivelul suprafețelor componentelor schimbătorului (suprafețele exterioare ale capacelor, cilindrului de fixare a acestora, tronsoanelor de tubulatura admisie/evacuare care traversează incinta, suprafețelor interioare ale țevilor dintre capace.



a



b

Fig. 22 Schimbător de căldură amplasat în incinta de uscare a- desen explicativ; b-realizare fizica

Camera de ardere a singazului, fig. 23, este o construcție sudată de forma paralelipipedica, închisă la partea de jos cu o flanșă de fixare la batiu, în care este practicata o gaură prin care patrund gazele de ardere produse în reactorul de gazeificare. Pe conturul gaurii este sudat un guler de forma circulara, care se aseaza pe flansa superioara a cilindrului exterior din componenta reactorului de gazeificare, asigurand etansarea între cele doua subansamble. La introducerea în lucru a reactorului, semiinelele de pe cilindrul exterior și cel de pe flansa camerei de ardere se închid peste guler, asigurand rigiditatea ansamblului.

Pe peretele frontal al camerei de ardere dinspre uscator sunt sudate doua tevi din oțel inoxidabil refractar cu diametrul interior de 100 mm, echipate cu clapetete de reglaj manual al debitelor de gaze de ardere. Clapeta din partea stanga a camerei de ardere se cupleaza la tubulatura admisie gaze de ardere și fum din componenta schimbatorului de caldura, iar clapeta din dreapta la cosul de avacuare libera a acestora la atmosfera.

Camera de ardere este prevazuta cu vizor pentru urmarirea fazelor procesului de gazeificare, respectiv cu mufa pentru traductorul de temperatura.

Pntru reducerea pierderilor de enegie termica în atmosfera, interiorul camerei este placat cu material termoizolant.



Fig. 23 Camera de ardere și tubulatura de dirijare a amestecului gaze de ardere-fum spre schimbatorul de caldura sau cosul de fum-realizare fizica

Valoarea temperaturii aerului cald din incinta de uscare este determinata de pozitia discurilor de obturare a sectiunilor de trecere, din componenta clapetelor montate pe tubulaturile camerei de ardere. Amestecul gaze de ardere – fum este dirijat spre schimbatorul de caldura prin clapeta din partea stanga

a camerei de ardere (privind din spatele modulului termic), sau pot fi evacuate direct in atmosfera prin clapeta dreapta.

La inceputul procesului de uscare, clapeta stanga este complet deschisa iar clapeta dreapta complet inchisa, gazele de ardere sunt conduse numai pe circuitul schimbatorului de caldura, la nivelul caruia are loc transferul de energie termica catre agentul de uscare, ulterior evacuarea acestora in atmosfera, prin tubulatura de evacuare.

Dupa atingerea valorii prescrise a temperaturii agentului de uscare, discurile clapetelor pot ocupa pozitii intermediare, astfel incat variatia in timp a valorii temperaturii sa fie in concordanta cu ciclograma procesului de deshidratare, elaborata functie de tehnologiile de deshidratare specifice fiecarei specii vegetale.

Momentul actionarii clapetelor (manual la faza ME, automat la faza Prototip), tine cont de inertia termica a sistemului.

Modulul termic cu schimbator de caldura aer-aer amplasat in interiorul camerei de uscare prezinta o serie de avantaje comparativ cu varianta cu schimbator amplasat in afara acesteia:

- dezvoltarea pe orizontala a ansamblului reactor de gazeificare-camara de ardere-tubulatura admisie gaze de ardere-fum (cuplata cu schimbatorul de caldura in partea inferioara a camerei de uscare) contribuie la reducerea gabaritului pe verticala a uscatorului convectiv;
- schimbul de caldura de la amestecul gaze de ardere-fum la aerul din incinta de uscare are loc in interiorul acesteia, direct la nivelul suprafetelor active ale schimbatorului, fara pierderi de energie termica in exterior;
- singurul subansamblu care necesita izolare termica este camera de ardere (cu clapeta de admisie amestec gaze de ardere fum si tubulatura aferenta);
- constructie simpla, compacta;
- nu necesita ventilator pentru asigurarea circulatiei in interiorul schimbatorului.

Modelul experimental al uscatorului convectiv este prezentat in fig. 24.



Fig. 24 Uscatorului convectiv cu independenta energetica

In fig. 25 este prezentat interiorul camerei de uscare, cu rastelul cu tavi de asezare a produselor vegetale, schimbatorul de caldura.



Fig. 25 Imagini din incinta de uscare a uscatorului convectiv: rastele cu tavi de asezare a produselor vegetale, schimbator de caldura

In fig. 26 este prezentata usa uscatorului convectiv, cu clapete de acces a aerului proaspat in incinta de uscare.



Fig. 26 Usa uscatorului convectiv, cu clapete de acces a aerului proaspat in incinta de uscare

Echipamentul de monitorizare a temperaturii in camera de ardere (termocupla de 1000 0C si afisorul digital cu intrari multiple: termocuple, senzori temperatura rezistivi (Pt 100, cod 31, cu domeniul de temperaturi -200...+600 0C), tensiune, current, respectiv vizorul de urmarire a procesului de ardere se prezinta in fig. 27.



Fig. 27 Echipamentul de monitorizare a temperaturii in camera de ardere (termocupla de 1000 0C si afisorul digital cu intrari multiple: termocuple, senzori temperatura rezistivi (Pt 100, cod 31, cu domeniul de temperaturi -200...+600 0C), tensiune, curent; vizor de urmarire a procesului de ardere

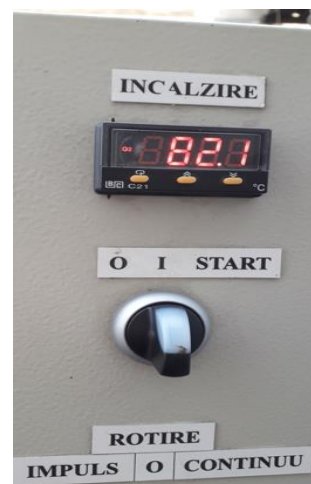


Fig. 28 Tablou electric cu afisor pentru vizualizarea temperaturii din incinta de uscare (sus), comanda ventilatorului recirculare agent uscare (jos)

Tubulatura stanga a camerei de ardere a fost racordata la schimbatorul de caldura printr-un tub flexibil din otel inoxidabil de 100 mm, iar tubulatura dreapta, de evacuare a gazelor de ardere si fumului la atmosfera a fost echipata cu cos de fum.

Testele ansamblului schimbător de căldura fum-aer amplasat in exteriorul incintei de uscare – camera de ardere, realizate la faza ME, s-au efectuat pe instalația de generare a energiei termice tip TLUD echipata cu senzori si sisteme automate, din cadrul Laboratorului de energii verzi al IHP.

Schema de principiu a instalației este prezentata in fig. 29.

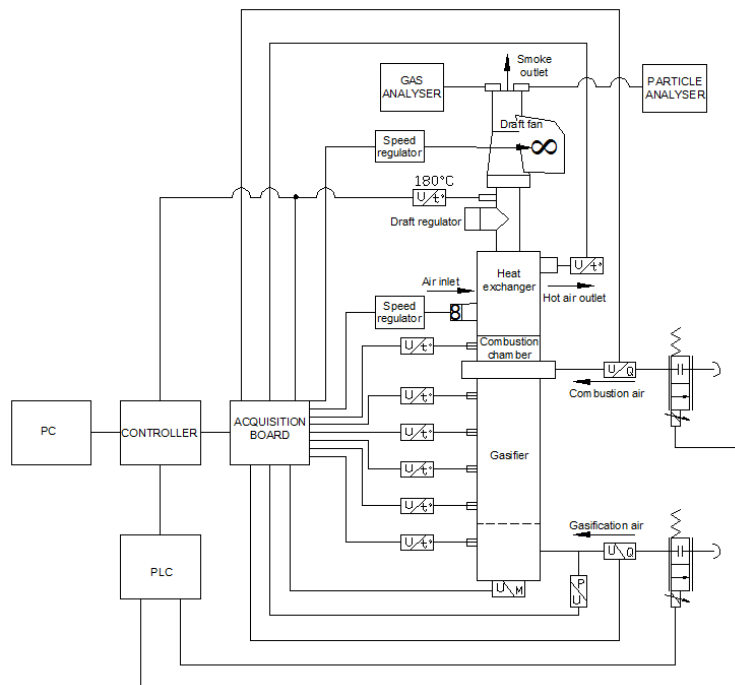


Fig. 29 Schema de principiu a instalației de generare a energiei termice tip TLUD folosind senzori si sisteme automate.

Pentru experimentarea instalației TLUD s-a realizat în mediul LabView o aplicație tip instrument virtual si regulatorul de temperatura dezvoltat ca dispozitiv IoT, folosind arhitectura REST pentru transmiterea datelor prin internet pe alte terminale.

Pentru colectarea datelor de la instalație se folosesc 8 traductori de temperatură, 2 traductori de debit aer, o doză de cântărire (celula de sarcina), un traductor de presiune și analizoare de gaz și particule.

Panoul aplicației, fig. 30, conține schița instalației TLUD cu indicatoare numerice pentru vizualizarea parametrilor în timpul funcționării. Pe panou se mai găsesc indicatoare tip termometru, blocuri de afișare grafică a variației parametrilor și un buton tip cursor pentru reglarea debitului de aer cu ajutorul unei valve proporționale.

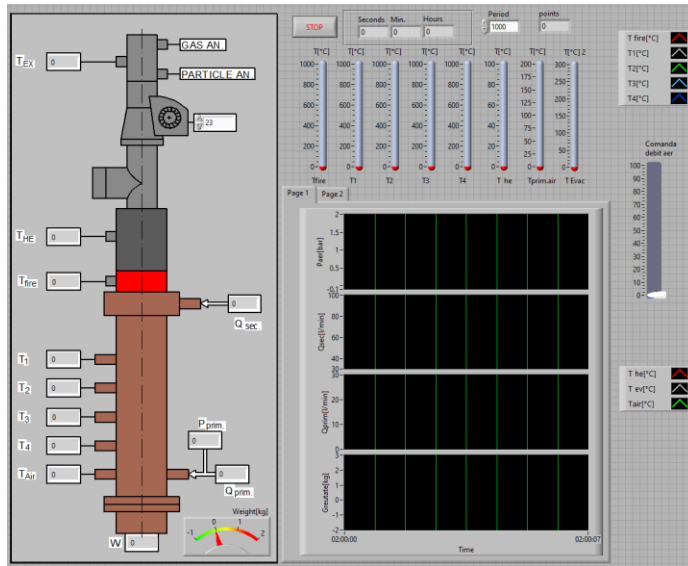


Fig. 30 Panoul aplicației tip instrument virtual realizată în mediul LabView pentru testarea în condiții de laborator a ansamblului schimbator de caldura fum-aer amplasat în exteriorul incintei de uscare – camera de ardere

Semnificatia indicatoarelor numerice de pe schița instalației TLUD:

- T_1, T_2, T_3, T_4 -valorile temperaturilor indicate de senzorii de temperatura instalati echidistant pe inaltimea reactorului de gazeificare, intre puncte de admisie aer primar si secundar, $^{\circ}\text{C}$;
- T_{air} -temperatura aerului primar (de gazeificare), $^{\circ}\text{C}$;
- p_{prim} -presiunea aerului primar, bar;
- Q_{prim} -debitul aerului primar, l/min;
- Q_{sec} -debitul aerului secundar (de ardere a singazului), l/min;
- T_{fire} -temperatura flacarii, la nivelul camerei de ardere, $^{\circ}\text{C}$;
- T_{HE} - temperatura la iasirea din schimbatorul de caldura aer-aer, $^{\circ}\text{C}$;
- T_{EX} - temperatura amestecului gaze de ardere-fum pe cosul de fum, $^{\circ}\text{C}$;
- PARTICLE AN-priza pentru analizorul de particule;
- GAS AN- priza pentru analizorul de gaze;
- W-celula de forta, care indica pierderea de masa prin procesul de gazeificare in timp, pe durata ciclului de functionare (fata de timpul T_0 -inceperea procesului de gazeificare).

In fig. 31 sunt prezentate aspecte din timpul experimentarilor, iar in fig. 32 panoul aplicației, pe care pot fi urmarite in timp real valorile parametrilor monitorizati; aplicatia permite trasarea de diagrame pentru parametri aflati in relatie de dependenta, achizitia de date care sa reflecte evolutia in timp a parametrilor, pentru intervale de timp prestabilite sau pentru intregul ciclu de functionare.



Fig. 31 Imagini din timpul testarii in conditii de laborator a ansamblului schimbator de caldura fum-aer amplasat in exteriorul incintei de uscare –camera de ardere pe instalatia de generare energie termica tip TLUD, folosind senzori si sisteme automate

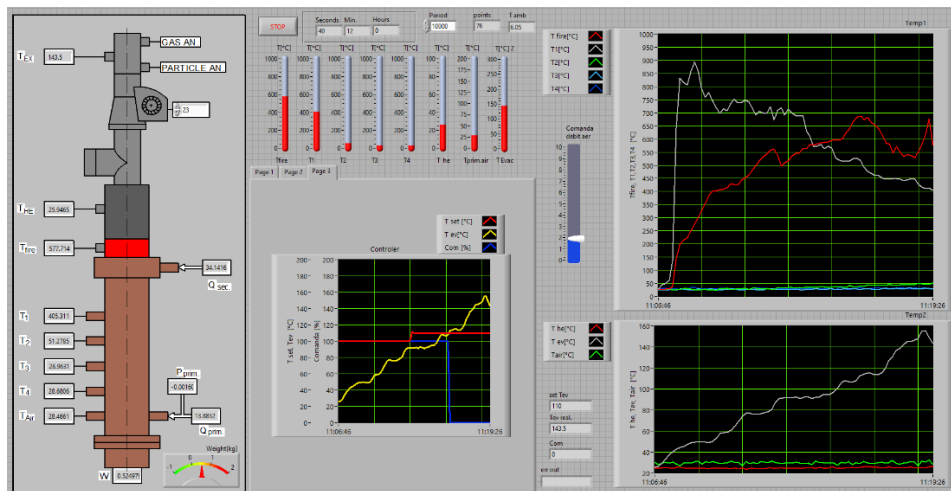


Fig. 32 Panoul aplicatiei tip instrument virtual realizata în mediul LabView-in timpul testarii echipamentului

La experimentare s-a realizat controlul temperaturii pe cosul de fum prin bucla creata cu regulatorul de temperatura dezvoltat ca dispozitiv IoT, folosind arhitectura REST pentru transmiterea datelor prin internet pe alte terminale.

In fig. 33 este redată schema bloc a regulatorului de temperatura pentru TLUD, dezvoltat ca dispozitiv IoT, folosind arhitectura REST.

Valoarea temperaturii gazelor de ardere evacuate pe coșul de fum este măsurată cu ajutorul unui traductor de temperatura de tip termorezistență cu semnal de ieșire curent 4..20 mA, conectare pe două fire și domeniul de măsură 0..200 °C. Temperatura gazelor de ardere este controlată prin debitul de aer introdus în camera de ardere, care este controlat prin intermediul unei valve proporționale cu rolul de *valva admisie aer*. Debitul de aer de gazeificare ce controlează și temperatura pe coșul de fum este proporțional cu semnalul de comandă al valvei de admisie aer, semnal unificat de curent 4..20 mA. Funcția de regulator de temperatură este asigurată de *controlerul de temperatură* ce folosește o lege de reglare de tip proportional-integral-derivativ (regulator PID). Controlerul de temperatură integrează o linie serială de comunicație de date de tip RS485, care permite monitorizarea și controlul variabilelor de proces, respectiv temperatura dorită, temperatura gazelor de ardere și comanda valvei de admisie aer. Protocolul de comunicație implementat pe linia serială este MODBUS-RTU.

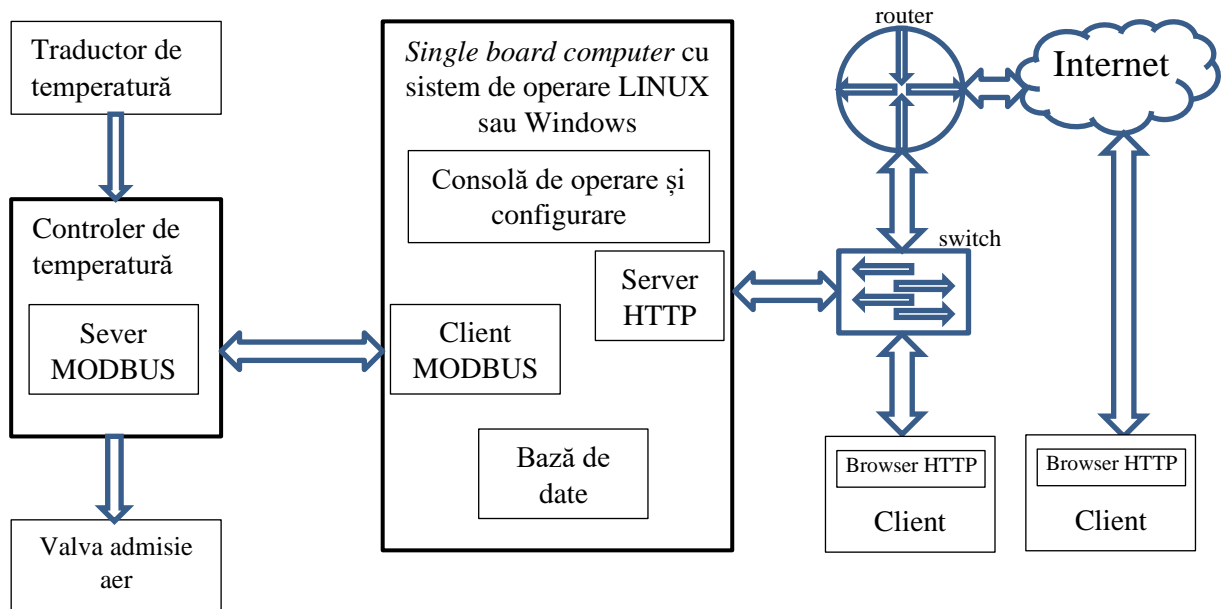


Fig. 33 Schema bloc a regulatorul de temperatura dezvoltat ca dispozitiv IoT, folosind arhitectura REST

Biomasa este introdusă în reactor și se sprijină pe o sita prin care trece, de jos în sus, aerul primar pentru gazeificare. Piroliza rapidă crează un punct de incandescență în partea de sus și se continuă în jos în biomasa din reactor. Prin piroliza rapidă rezultă gaze, gudron și biochar.

Gudroanele trec prin stratul de cărbune incandescent, sunt cracate și reduse total datorită căldurii radiate de frontul de piroliză și de flacăra dispusă la nivelul superior. Gazul rezultat se amestecă cu aerul secundar care este introdus în zona de ardere prin orificiile dispuse la partea superioară a reactorului. Amestecul cu turbulență ridicată, arde cu flacăra la temperaturi de circa 900 °C. Reglarea puterii termice se face prin variația debitelor de aer primar și secundar.

Verificari si masuratori

1 Verificarea componentei modulului termic tip TLUD

Verificarea s-a făcut pe baza Documentației de execuție și a constat în verificarea reperelor și subansamblelor, privind calitatea execuției, modul de integrare în ansamblu. O atenție deosebită a fost acordată verificării etansării circuitelor de aer ale reactorului de gazeificare și de gaze de ardere-fum, izolațiilor subansamblelor prin care circula gazele de ardere și fumul, în vederea reducerii pierderilor de energie termică.

2 Verificarea capacității de încărcare cu biomasa

Volumul de biomasa încărcată în reactorul de gazeificare, ținând cont de caracteristicile geometrice ale cosului de combustibil, respectiv de poziția sitei și a gaurilor pentru arderea singazului, este de 16,73 dm³, echivalentul a 11,04 kg peleti, respectiv 7,20 kg biomasa lemnoasă tocată (greutatea specifică a peletilor este de 0,66 kg/dm³, iar a biomasei tocate cu dimensiunile 30-50 mm și umiditatea 18% de 0,43 kg/dm³).

3 Masurarea perioadei până la intrarea în regim stabilizat.

Pentru asigurarea bunei funcționări a generatorului este nevoie ca echipamentul să intre cât mai repede într-un regim stabilizat de gazeificare. Această perioadă durează de la aprinderea flăcării la nivelul materialului de oxidare din reactor până la trecerea acesteia la nivelul arzătorului, unde are loc combustia

singazului prin amestecarea turbulenta cu fluxul de aer secundar care aduce aport de oxigen pentru arderea completa. Perioada pana la intrarea in regim stabilizat este influentata si de tipul si cantitatea de combustibil utilizat pentru aprindere.

Perioada intre aprinderea biomasei si intrarea reactorului in regim stabilizat de gazeificare este de 10...15 min.

4 Verificarea capacitatii de reglare a debitului de aer.

Intr-un gazogen de tip TLUD se utilizeaza o parte din aer in procesul de ardere si o parte in procesul de gazeificare a biomasei. In ambele situatii, cantitatea de aer are rol esential intrucat arderea gazului realizat nu se poate face decat in prezenta aerului de ardere. Este foarte important ca aerul de gazeificare sa fie bine separat (izolat) de aerul de ardere.

Volumul de oxigen necesar pentru arderea completă a unității de combustibil (oxigen minim necesar pentru ardere) O_{min} :

$$O_{min} = 22.414 \left(\frac{c}{12} + \frac{h}{4} + \frac{s}{32} - \frac{o}{32} \right) \left[\frac{m^3_{N}O_2}{kg_{cb}} \right] \quad (1)$$

Pentru solid, conținutul procentual de componente chimice este următorul: C= 49.9%, H= 8.2%, O=38.1%, S=0.03%.

1 kg de combustibil solid contine: 0.499 kg C, 0.082 kg H, 0.381 kg O si 0.0003 kg S.

$$O_{min} = 22.414 \left(\frac{0.499}{12} + \frac{0.082}{4} + \frac{0.0003}{32} - \frac{0.381}{32} \right) = 22.414(0.0415 + 0.0205 + 0.000009 - 0.0119) = 22.414(0.0620 - 0.0119) = 22.414 \cdot 0.05 = 1.1207 \left[\frac{m^3_{N}O_2}{kg_{cb}} \right] \quad (2)$$

Volumul minim de aer necesar pentru arderea a 1 kg de combustibil:

$$L_{min} = \frac{O_{min}}{0.21} = \frac{1.1207}{0.21} = 5.33 \left[\frac{m^3_{N}}{kg_{cb}} \right] \quad (3)$$

Unde: 0.21% - continutul de oxigen in aer.

Volumul total de aer pentru gazeificarea completa a unei incarcaturi de peleti (11,04 kg, cat este capacitatea cosului de combustibil) este de 58,84 m^3_N .

Tinand cont de timpul inregistrat pentru gazeificarea incarcaturii (108 min), rezulta prin calcul un debit de aer de 544.81 l/min (136,2 l/min pentru gazeificare, respectiv 408,6 l/min pentru ardere singaz).

Daca se doreste obtinerea de biochar (18% din masa incarcaturii), volumul de aer pentru gazeificarea a 9,06 kg biomasa este de 48,28 m^3_N .

Procesul a durat 96 min, debitul de aer necesar fiind de 502,92 l/min (125,73 l/min pentru gazeificare, respectiv 377,19 l/min pentru ardere singaz).

Cercetarile experimentale din domeniul gazeificarii biomasei in reactoare TLUD au condus la concluzia ca raportul optim dintre aerul primar (gazeificare) și aerul secundar (de ardere) este de 1/3.

In functie de constructia gazogenului si de tipul de biomasa, acest raport poate fi diferit si poate fi stabilit numai pe cale experimentală, urmarind atingerea puterii prestabilite la o ardere cat mai curate002E8

5 Masurarea duratei de functionare

Durata de functionare se masoara de la initierea procesului de ardere pana la finalizarea arderii. Intreaga perioada cuprinde o faza de initiere (10-15 min), o faza de functionare in regim stabilizat de

gazeificare (60-90 min, in functie de marimea gazogenului si de cantitatea de biomasa introdusa) si o faza de ardere totala a biocharului (10-25 min). In final se va obtine o cantitate mica de cenusa. Este evident ca procesul de ardere continua si dupa finalizarea gazeificarii, prin arderea biocharului, insa trebuie urmarit cu mare atentie ca procesul sa nu fie insotit de emisii de fum sau de gaze nearse. Cand frontul pirolitic s-a deplasat pana la baza reactorului, iar grosimea stratului de biochar a scazut in conditiile mentinerii debitului de aer de gazeificare, procesul de ardere se accelereaza, iar timpul se scurteaza. Chiar si dupa diminuarea procesului de ardere generatorul va furniza aer cald, datorita inertiei termice. Finalizarea procesului de gazeificare a biomasei si inceperea arderii (gazeificarii) biocharului se constata si prin modificarea culorii flacarii care devine albastruie la arderea biocharului.

Perioada de functionare in regim stabilizat a reactorului, la utilizarea drept combustibil solid a peletilor din molid si arderea completa a biocharului, a fost de 108 min.

6 Masurarea cantitatii de biochar obtinuta.

Masurarea cantitatii se face exact la finalizarea etapei a doua de gazeificare a biomasei, cand flacara isi schimba culoarea si devine albastruie. Arderea in continuare a biocharului este o alegere pur economica a utilizatorului. Cantitatea de biochar este, in conditii normale, cuprinsa intre 15 si 25 procente din biomasa utilizata in functie de tipul de biomasa.

Experimentarile au evidentiat ca prin oprirea procesului de gazeificare la momentul inceperii arderii biocharului, cantitatea ramasa pe sita este de aprox. 2 kg, reprezentand un procent de 18% din masa peletilor introdusi in cosul de combustibil solid al reactorului.

7 Masurarea nivelului temperaturilor in punctele cheie.

Principalul rol al gazogenului TLUD este de a livra consumatorului o anumita cantitate de caldura (aer cald). Aceasta este determinata de nivelul temperaturii care se atinge in cateva din punctele cheie ale sistemului.

Temperatura aer ambient 4-30 °C

Temperatura flacara 450-600 °C

Temperatura gaze arse iesire pe cosul de fum 80-180 °C

Temperatura aer incalzire la iesirea din generator 40-90 °C

ME al gazogenului tip TLUD testat raspunde obiectivelor proiectului, funcționeaza pe principiul TLUD în diferite regimuri de putere și poate intra într-un proces de ardere in bucla pentru mentinerea constanta a temperaturii pe cosul de fum si evitarea degajarii in atmosfera a noxelor, PM sau a risipei de energie.

Experimentarea ME al uscatorului convectiv cu independenta energetica totala in raport cu rețeaua de energie electrica si schimbator de caldura aer-aer amplasat in interiorul incintei de uscare s-a facut la partenerul de proiect P1-INOE 2000 IHP.

Conditii de testare:

-temperatura exterioara: 4 °C;

- temperatura initiala a aerului din camera de uscare: 8,6 °C;

-temperatura prestabilita in camera de uscare: 80 °C;

-timp de crestere a temperaturii din incinta de uscare in intervalul $\Delta T=80-8,6=71,4$ °C: 15 min;

-valoarea temperaturii in incinta de uscare dupa inchiderea totala a clepetei de pe circuitul camera de

ardere-schimbator de caldura si deschidere totala clapeta cos evacuare amestec gaze de ardere-fum : 85 °C;

-timp de crestere a temperaturii din incinta de uscare in intervalul $\Delta T=85-80=5$ °C: 5 min;

-timp de revenire a temperaturii din incinta de uscare de la valoarea maxima (85 °C) la valoarea prestabila (80 °C): 6 min;

-valoarea maxima a temperaturii in camera de ardere, pentru raportul aer de gazeificare-aer de ardere singaz 1/3: 576,9 °C;

-combustibil solid utilizat in reactorul de gazeificare: peleti de molid cu greutatea specifica 0,66 kg/dm³ si umiditatea 15%.

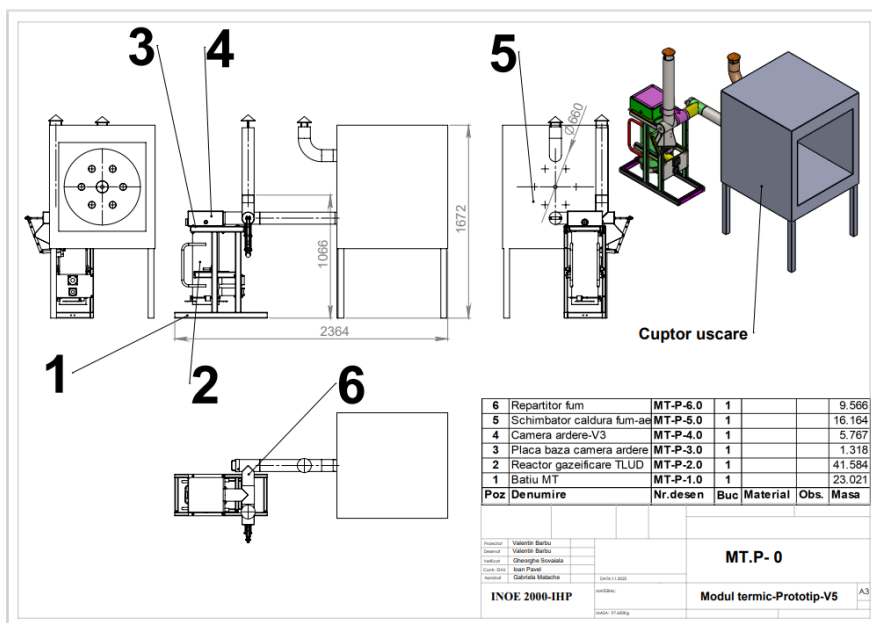
Act.2.2 Elaborare documentatie de executie prototip uscator convectiv cu independenta energetica

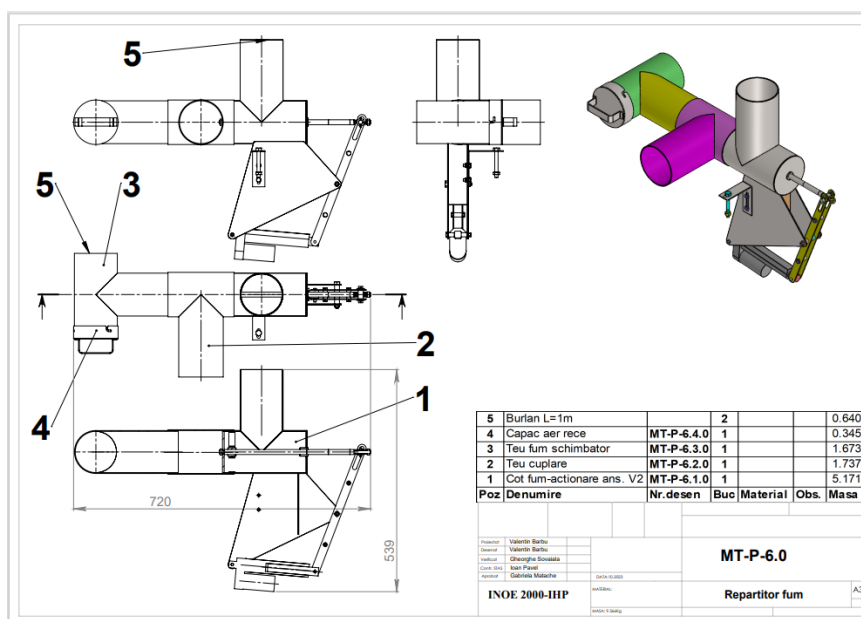
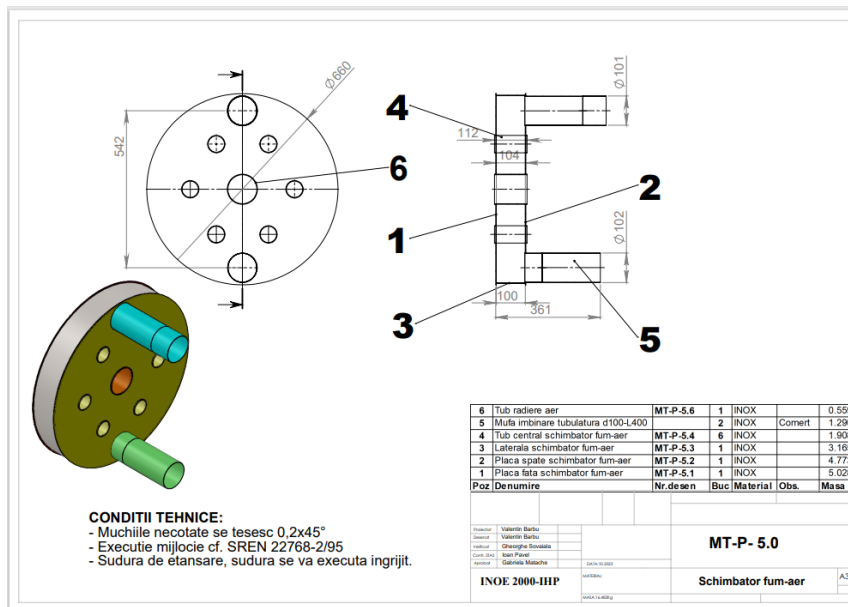
CO- Elaborare documentatie de executie modul incinta de uscare;

P1- Elaborare documentatie de executie modul generator termic;

P2- Elaborare documentatie de executie modul electronic monitorizare si control parametri de lucru, comanda elemente de executie

P1- Elaborare documentatie de executie modul generator termic. Se prezinta cateva din desenele de ansamblu pentru prototip ce au fost modificate in urma ME





Act.2.3 Realizare partiala prototip uscator convectiv cu independenta energetica energetica

CO- Realizare partiala prototip - Realizare incinta de uscare, cu tavi asezare material de deshidratat;

P1- Realizare partiala prototip - Realizare generator termic TLUD;

P2- Realizare partiala prototip - Realizare hardware modul electronic monitorizare si control parametri de lucru, comanda elemente de executie

Fata de faza ME, la Prototip vor intervine urmatoarele imbunatatiri:

- modificarea camerei de ardere, in sensul realizarii peretelui posterior cu o singura iesire, cuplata printr-o tubulatura flexibila la repartitorul de gaze de ardere-fum;

- realizarea repartitorului de gaze de ardere-fum, MT-P-6.0 (Documentatie executie Prototip), care va inlocui cele doua circuite cu clapete;

- integrarea repartitorului in modulul de monitorizare si conducere a procesului de lucru, care presupune adaptarea corespunzatoare a tabloului electric; pozitia sertarului, realizata de un actuator

electric, va fi stabilita de temperature agentului de uscare, pa baza informatiei (semnal electric) primita de la traductorul de temperatura din incinta de uscare.

-integrarea echipamentului de monitorizare a temperaturii din camera de ardere in tabloul electric.

Act.2.4 Diseminare pe scara larga a rezultatelor cercetarii

CO- Participare la targ national/international din domeniul proiectului;

Participare la **INDAGRA 2023, 25-29 octombrie, Romexpo, Bucuresti** (prezentare poster produs)

P1- Participare la conferinta nationala/internationala in domeniul proiectului

Actualizare website proiect;

1. Ioan Pavel, Gheorghe Șovăială, Gabriela Matache, Valentin Barbu, Kati Pavel, Ana-Maria Popescu.

Fruit and Vegetable Drying Machine with Energy Independence.

- Lucrare prezentata la Conferinta Internationala de Hidraulica si Pneumatica HERVEX 2023, Baile Govora, 8-10 noiembrie 2023 si publicata in Proceedings of 2023 International Conference on Hydraulics and Pneumatics – HERVEX, ISSN 1454 – 8003, pp. 125-132; link:

<https://fluidas.ro/hervex/proceedings2023/125-132.pdf>

P2- Elaborare si publicare articole cu caracter științific si tehnic pe tema proiectului (1 articol 9+indexat ISI); Participare la conferinta nationala/internationala in domeniul proiectului

Articol indexat ISI:

1. Cristian Sorică, Andrei Pătruț, Gheorghe Șovăială, Elena Sorică, Laurențiu Vlăduțoiu, Gabriela Matache, Ioan Pavel - **Research on the dehydration of vegetable products using an experimental model of a convective dryer with total energy independence / Cercetări privind deshidratarea produselor vegetale utilizând un model experimental de uscător convectiv cu independență energetică totală**, INMATEH – Agricultural Engineering, on line ISSN: 2068-2239, print ISSN: 2068-4215, <https://inmateh.eu/>, (IF: 0,7) [Web of Science] – acceptat spre publicare în volumul 72, nr. 1 din 2024;

Participare la conferință națională/internațională în domeniul proiectului:

1. Vladuțoiu Laurențiu, Dumitru Iulian, Vladut Valentin, Ionescu Alexandru, Nae Gabriel, Nenciu Florin, Mircea Costin, Voicea Iulian, Oprescu Marius, Grigore Andreea Iulia, Vanghele Nicoleta - **Considerations regarding existing technologies for producing biochar / Considerații privind tehnologiile existente pentru obținerea biocharului**

Lucrarea a fost comunicată sub formă de articol, la Simpozionul Internațional ISB-INMA TEH'2023 - TECHNOLOGIES AND TECHNICAL SYSTEMS IN AGRICULTURE, FOOD INDUSTRY AND ENVIRONMENT, desfășurat în perioada 05-06.10.2023, în București, fiind publicată în Proceedings-ul Simpozionului, pag. 566 - 573, Print ISSN 2344 – 4118, CD-ROM ISSN 2344 – 4126, Online ISSN 2537 – 3773, ISSN-L 2344 – 4118, <https://isbinmateh.inma.ro/>