

RESEARCHES REGARDING THE SOLAR RADIATION USE AS HEATING SOURCE IN HAY VENTILATING INSTALLATIONS

CERCETĂRI PRIVIND UTILIZAREA RADIAȚIEI SOLARE CA SURSĂ DE ÎNCĂLZIRE A AERULUI UTILIZAT DE INSTALAȚIILE DE VENTILARE A FÂNULUI

Ph.D. Eng. Nedelcu A., Ph.D.Eng. Ciuperca R., Ph.D.Eng. Popa L, Ph.D.Eng. Voicu E., Eng. Zaica A.
- INMA Bucuresti - Romania

Tel: 0212693250; E-mail: nedelcuus@yahoo.com

Abstract: Solar radiation is a natural heat source with multiple uses on farms, for example, heating the air used in drying fruit technology and for domestic hot water or artificial drying of forage crops in order to obtain the hay. The paper presents the results of researches performed with a plane solar collector particular type, which is made of common materials and is designed to heat the air within special fodder ventilating installations for obtaining high quality hay and reducing conventional energy consumption. During this research, it has been measured and continuously monitored the following parameters: meteorological parameters (solar radiation, temperature, humidity), the temperature in the panel at various times of the day, TPS, air velocity in the panel, VPS, temperature variation during the panel ventilation, ΔT solar collector efficiency, η .

Keywords: hay, hot air ventilation, solar radiation, solar collectors

INTRODUCTION

Through harvesting, preparation and preserving various forms of fodder on grasslands and fodder crops it aims to achieve a final product with a nutritional value as close as possible to the original green fodder, starting from the premise that it fulfills a high quality feed, both in terms of botanical composition (balanced mix of perennial grasses with vegetables) and in the harvesting phenophase [2], [3], [5].

Harvesting, preparation and preserving as hay form represents the traditional method used in our country to capitalize the fields with feed and fodder crops, especially in the hilly and mountainous areas. In the plain regions, the hay is produced on agricultural land planted with annual or perennial forage crops, natural grasslands occupying smaller areas.

In order to reduce the drying time and implicitly the losses of nutritive substances, many harvesting, preparing and conserving methods of hay have been developed, drying representing an operation of great importance, with the biggest implications in the final quality of hay. The most known fodder drying methods are: traditional (natural) drying in stubble field; drying on supports; fodder drying by cold air ventilation; fodder drying by hot air ventilation; green fodder drying by thermal dehydration in special drying and briquetting stations, [4].

The biggest losses of nutritive substances are determined by hay traditional drying in stubble. These losses might reach, in bad weather conditions, even 50..60%, the drying period coming up to 6-8 days [7].

When hay of 35-45% moisture is gathered from the field, it is stored in hay stores or platforms endowed with drying installation, where is achieved cold or warm air ventilation up to conservation humidity (under

Rezumat: Radiația solară este o sursă de căldură naturală cu multiple utilizări în fermele agricole, spre exemplu încălzirea aerului utilizat în tehnologia de uscare a fructelor, pentru prepararea apei calde menajere sau pentru uscarea artificială a plantelor furajere în vederea obținerii fânului. Lucrarea prezintă rezultate ale cercetărilor efectuate cu un tip special de captatoare solare plane, construite din materiale uzuale, pentru încălzirea aerului utilizat de instalațiile speciale pentru ventilarea furajelor în vederea obținerii unui fân de calitate și reducerea consumului de energie convențională. În cadrul cercetărilor au fost măsurate și monitorizate permanent următorii parametri: parametrii meteorologici (radiația solară, temperatura, umiditate), temperatura aerului din panou la diverse ore ale zilei, T_{PS} , viteza aerului în panou, V_{PS} , variația temperaturii în panou în timpul procesului de ventilare, ΔT , randamentul captatoarelor solare, η .

Cuvinte cheie: fân, ventilare cu aer cald, radiație solară, captatori solari

INTRODUCERE

Prin recoltarea, pregătirea și conservarea sub diferite forme a furajelor de pe pajiști și din culturile furajere se urmărește realizarea unui produs final cu o valoare nutritivă cât mai apropiată de cea inițială a furajului verde, plecându-se de la premisa că acesta îndeplinește condițiile unui furaj de foarte bună calitate, atât în ceea ce privește compoziția sa botanică (amestec echilibrat de graminee cu leguminoase perene), cât și în cea referitoare la fenofaza de recoltare [2], [3], [5].

Recoltarea, pregătirea și conservarea sub formă de fân reprezintă metoda tradițională folosită în țara noastră pentru valorificarea furajelor de pe pajiștile și culturile furajere, în special de pe suprafețele din zona colinară și montana. În regiunile de câmpie, fânul se produce pe terenurile agricole cultivate cu plante furajere anuale sau perene, pajiștile naturale ocupând suprafețe mai mici.

Pentru reducerea timpului de uscare și implicit a pierderilor de substanțe nutritive s-au dezvoltat mai multe metode de recoltare, pregătire și conservare a fânului, uscarea reprezentând o operație de mare importanță, cu cele mai mari implicații în calitatea finală a fânului. Metodele de uscare a furajelor cunoscute sunt: uscarea tradițională (naturală) pe miriște; uscarea pe suport; uscarea furajelor prin ventilare cu aer rece; uscarea furajelor prin ventilarea cu aer cald; uscarea furajelor verzi prin deshidratare termică în stații speciale de uscare și brichetare etc. [4].

Pierderile cele mai mari de substanțe nutritive se obțin la uscarea tradițională pe miriște a fânului. Aceste pierderi ajung, în caz de vreme nefavorabilă (prin mucegăirea fânului), chiar la 50..60 %, timpul de uscare crescând la peste 6..8 zile [7].

Atunci când fânul strâns din câmp la umiditatea de 35-45% este depozitat pe fânarele sau platformele prevăzute cu instalație de uscare, unde se face definitivarea uscării fânului prin ventilare cu aer rece sau cald, până la umiditatea de păstrare (sub 17%), se pot

7%) and consequently, losses may be reduced up to 15-20% [8].

Installations for hay warm air drying based on conventional energy consumption: fossile fuels and electric energy are complex, expensive and difficult to redeem in small and medium-sized farms in unfavourable areas. Because of necessity to reduce conventional energy consumption, new solutions for non-polluting and cheap air heating solar installations have been sought [9], [10], [11].

MATERIALS AND METHODS

The hay drying installation tested comprises the solar collector (fig.1), storage platform, technical equipment with axial fan and two circuits for air absorption humidity and temperature measuring sensors and a command board equipped with micro PLS, where the venting programs were set according to methodology elaborated for the installation testing.

The paper presents solutions designed to heat the air in solar collectors assembled as a panel placed on the ground, next to the drying platform.

The constructive solutions allow the users to move the drying installation from a store platform to another, on the spot, where hay final drying is needed. Also, the panel may be adapted for mounting on the roof deposits.

The solar panel (fig.1) is a main assembly of air ventilation installation of bulk hay and because it is built as a modular structure, the users may adjust their installation according to the farm needs [6].



Fig.1 - Assembled solar panel

1 - End collector; 2 - Intermediary collector; 3 - Admission and pressing collector;
4 - Air intake hole in the panel; 5 - Air exhausting hole; 6 - Tubes

The solar panel of installation studied comprises five solar collectors designed to heat the air, serially mounted one after the other, on a frame made of metallic profiles. The solar collectors are light, made of pressed wood. The frontal wall through which the light passes is made of transparent material. Within the space designed to heat the air, in the relevant collectors have been mounted intermediary longitudinal walls, creating this way, the space to lead the air in a zigzag movement, on all the collectors surface, in order to obtain a maximum heating yield.

The air to be ventilated is heated in the panel collectors by means of greenhouse effect. During the air ventilating, the atmospheric air is absorbed through a hole - 4, passes through the solar panel in a zigzag course, it is heated and after that is exhausted through a special hole - 5 of solar panel, continuing its way through the flexible tubing - 6 towards the fan admission hole to the drying platform levelling chamber.

A very important performance indicator of solar plane panel is given by the solar collectors yield, η ., calculated with relation (1), [1]:

reduce pierderile cu până la 15-20% față de tehnologia clasica de uscare naturala in brazda [8].

Instalațiile pentru uscarea fânului cu aer cald bazate pe consumul de energie convențională: combustibili fosili, energia electrică sunt complexe, scumpe și greu de amortizat în fermele mici și mijlocii din zonele defavorizate. Din necesitatea reducerii consumului de energie convențională s-au căutat soluții pentru încălzirea aerului în instalații solare, cu preț de cost mai mic și nepoluante [9], [10], [11].

MATERIALE ȘI METODE

Instalația de uscare a fânului utilizată în cadrul experimentarilor a fost construită din panoul solar (fig.1), platforma de depozitare, echipament tehnic cu ventilator axial și doua circuite pentru absorția aerului, senzori pentru măsurarea umidității și temperaturii și un tablou de comandă echipat cu micro PLS, în care au fost setate programele de ventilare conform metodologiei elaborate pentru testarea instalației.

Lucrarea prezintă soluții pentru încălzirea aerului în captatoare solare asamblate sub forma unui panou amplasat pe sol, în apropierea platformei de uscare.

Soluțiile constructive permit utilizatorilor mutarea panoului solar de la o platforma de depozitare, la alta, acolo unde este necesară definitivarea uscării fânului. De asemenea, panoul poate fi adaptat pentru montarea pe acoperișul depozitelor.

Panoul solar (fig.1) este un ansamblu principal al instalației de ventilare cu aer a fânului vrac, și deoarece este construit într-o structură modulară utilizatorii își pot configura instalația de uscare conform necesarului din fermă. [6].

Panoul solar al instalației studiate, este format din cinci captatori solari de încălzire a aerului, montați în serie unul după celălalt pe un cadru din profile metalice. Captatorii solari sunt de tipul ușor, în cazul de față cu pereții din OSB. Peretele frontal de admisie a radiației solare este din plexiglass transparent. În spațiul de încălzire al aerului, în captatorii înseriați s-au montat pe lungime pereți longitudinali intermediari, creându-se trasee pentru dirijarea aerului în zig-zag, pe toată suprafața captatorilor, pentru obținerea unui randament maxim de încălzire.

Aerul necesar ventilării este încălzit în captatorii solari ai panoului prin efectul de seră. În timpul ventilării, se absoarbe aerul rece atmosferic prin orificiu - 4, acesta parcurge panoul solar pe traseul în zig - zag, se încălzește, și se evacuează prin orificiul special - 5 al panoului solar, continuând traseul prin tubulatura de aspirație flexibilă - 6, către orificiul de admisie al ventilatorului până în camera de uniformizare a platformei de uscare.

Un indicator de performanță important pentru panoul solar plan este randamentul colectoarelor solari, η , calculat cu relația (1), [1]:

$$\eta = \eta_0 - \frac{q_p}{I_g} \quad (1)$$

where:

- η_0 - optical yield;
- q_p - density of thermal flow dissipated in environment, from thermal agent, [W/m²];
- I_g - density of global solar radiation, [W/m²];
- η_0 and q_p are determined from relations (2) respectively (3):

unde:

- η_0 - randament optic;
- q_p - densitatea fluxului termic pierdut în mediul ambiant, de la agentul termic, [W/m²];
- I_g - densitatea fluxului radiației solare globale, [W/m²];
- η_0 și q_p se determină din relațiile (2), respectiv (3):

$$\eta_0 = \tau \cdot \alpha \quad (2)$$

$$q_p = k \cdot \Delta t \quad (3)$$

where:

- τ - transmission factor of transparent material, $\tau = 0.8 \dots 0.87$ values recommended for glass, plexiglass;
- α - factor of absorption of absorbing material,
- $\alpha \approx 0.9$ value recommended for black enamel;
- k - global coefficient of thermal transfer between collector and environment, [W/m² K]; usual known values $k = 2 \dots 4$ [W/m² K];
- Δt - difference between collector average temperature and environment, [°C].

Introducing relations (2) and (3) into (1), results the relation (4), used for determining the yield of installation plane collectors, results:

unde:

- τ - factorul de transmisie al materialului transparent, $\tau = 0.8 \dots 0.87$ valori recomandate pentru sticla, plexiglass;
- α - factorul de absorbție al materialului absorbant,
- $\alpha \approx 0.9$ valoare recomandată pentru email negru;
- k - coeficientul global de transfer termic între colector și mediul ambiant, [W/m² K]; valori uzuale cunoscute $k = 2 \dots 4$ [W/m² K];
- Δt - diferența dintre temperatura medie a colectorului și mediul ambiant, [°C].

Introducând relațiile (2) și (3) în (1) rezulta relația (4) utilizată în determinarea randamentului captatorilor plani ai instalației cercetate:

$$\eta = \eta_0 - k \frac{\Delta t}{I_g} \quad (4)$$

expressing:

ΔT - growing indicator of panel air temperature [°C];
 ΔT_v - difference between panel air temperature before venting and air temperature in the panel after hot ventilation of hay stored for drying, [°C];

ΔT and ΔT_v depend on air temperature in solar panel, respectively on air temperature in the panel, after fodder venting, as one can see in relations (5) and (6):

exprimând:

ΔT - indicatorul de creștere a temperaturii aerului în panou, [°C];
 ΔT_v - diferența dintre temperatura aerului din panou solar înainte de ventilare și temperatura aerului din panou după ventilarea cu aer cald a fânului depozitat pentru uscare, [°C].

ΔT și ΔT_v depind de temperatura aerului în panoul solar, respectiv de temperatura aerului în panou, după ventilarea furajului, așa cum se poate vedea și în relațiile (5) și (6):

$$\Delta T = T_p - T_a \quad (5)$$

$$\Delta T_v = T_p - T_{pv} \quad (6)$$

where:

T_p - air temperature in solar panel, [°C];
 T_{pv} - air temperature in the panel after hot air venting of fodder, [°C].

A digital thermometer with transducer measuring the panel temperature, INMA Bucharest professional agrometeorological station designed to control meteorological parameters and a TESTOVENT 4000 type anemometer for determining wind speed in the panel when ventilating, were all used for tests.

în care:

T_p - temperatura aerului în panoul solar, [°C];
 T_{pv} - temperatura aerului în panou după ventilarea furajului cu aer cald, [°C].

La experimentări s-au utilizat: un termometru digital cu traductor pentru măsurarea temperaturii în panoul solar, stația meteo profesională agro-meteorologică pentru monitorizarea parametrilor meteo, termohigrometru și anemometru tip TESTOVENT 4000 pentru determinarea vitezei aerului în panou în momentul ventilării.



Fig. 2 - Measuring the temperature and the air speed

1 - Temperature inside panel; 2 - Air speed at the inlet in panel; 3 - Air speed at the outlet in panel

RESULTS

Equipment for converting solar radiation, solar collectors planar panel is covered with transparent materials that are being crossed by solar radiation on the road to conversion element represented by the absorbing surface made of OSB material painted in black enamel.

Transparent cover panel was made of Plexiglas known as acrylic glass or stiplax with high transparency such as glass and has a high impact resistance.

The measurements were performed between the hours 8 in the morning and 16 in the afternoon. The parameters of atmospheric air and inside the captors, determined by measurement or calculation, are presented in Table 1, values measured being specific to a cloudy day of June.

REZULTATE

Echipamentul de conversie a radiației solare, panoul cu captatori solari plani, este acoperit cu materiale transparente, care sunt traversate de radiația solară, în drumul spre elementul de conversie reprezentat de suprafața absorbantă realizată din OSB vopsită cu email negru. Capacul transparent al panoului a fost realizat din plexiglass cunoscut și sub denumirea de sticla acrilică sau stiplax, cu transparenta asemănătoare sticlei și rezistența la impact mare.

Măsurătorile s-au efectuat în intervalul orar 8...16. Parametrii aerului atmosferic și din interiorul captatorilor, determinați prin măsurare, sau prin calcule, sunt prezentați în tabelul 1, valorile sunt specifice unei zile cu cer variabil din luna iunie.

Table 1

Air solar panel parameters

| Parameter | UM | Hour | | | | | | | | |
|--|-------------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Solar radiation, I_g | kW/m ² | 0.425 | 0.562 | 0.525 | 0.219 | 0.798 | 0.203 | 0.159 | 0.073 | 0.055 |
| Atmospheric humidity, U_a | % | 72.243 | 65.075 | 64 | 61.287 | 59.392 | 54.477 | 53.094 | 58.419 | 72.243 |
| Atmospheric temperature, T_a , | °C | 23 | 24.89 | 26.31 | 26.5 | 27.36 | 27.44 | 27.78 | 26.89 | 23 |
| Temperature in the panel, T_p | °C | 24.6 | 28 | 40 | 45 | 66 | 65 | 56 | 55 | 55 |
| Indicator of panel temperature increasing, ΔT | °C | 1.6 | 3.11 | 13.69 | 18.5 | 38.64 | 37.56 | 28.22 | 28.11 | 32 |
| Panel temperature after 15 ventilating min. T_{Pv} [°C] | °C | 23 | 26 | 30 | 33 | 38 | 36 | 30 | 29 | 27 |
| Temperature variation during the ventilation, ΔT_V | °C | 1,6 | 2 | 10 | 12 | 28 | 29 | 28 | 25 | 28 |

The absorption process of solar radiation on absorbing surface of solar collectors, is characterized by the absorption coefficient of the absorbing material. Thus, the black enamel in which the collector was painted has an absorption coefficient of $\alpha = 0.9$ which means that 90% of solar radiation that reaches this material is converted into heat [1].

For the average yield calculation of the solar collector it has been used the equations (1), (2), (3), (4) and the following coefficient values [1]:

- transmission factor for glass or Plexiglas: $\tau \approx 0.835$;
- absorption factor for black enamel: $\alpha = 0.9$;
- global heat transfer coefficient between collector and the environment $k = 2.5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$;

From Table 1 it has resulted the recorded average values for the following parameters:

- difference between average temperature of the collector and the ambient temperature: $\Delta t = 22,27^\circ\text{C}$.
- Global solar radiation density flux during the experiments: $I_g = 335 \text{ W/m}^2$.

From the calculation it has resulted:

- optical yield: $\eta_0 = 75\%$;
- average yield of solar collectors on the experimenting day: $\eta = 58\%$

Procesul de absorbție a radiației solare pe suprafața absorbantă a colectoarelor solari, este caracterizat de coeficientul de absorbție al materialului absorbant. Astfel emailul negru cu care a fost vopsit captatorul, are un coeficient de absorbție $\alpha = 0,9$ ceea ce înseamnă că 90% din radiația solară care ajunge pe acest material, este transformată în căldură [1].

Pentru calculul randamentului mediu al colectoarelor solari s-au utilizând relațiile (1),(2),(3),(4) și următoarele valori pentru coeficienți, [1]:

- factor de transmisie pentru sticla sau plexiglass: $\tau \approx 0,835$;
- factorul de absorbție pentru email negru: $\alpha = 0.9$;
- coeficientul global de transfer termic între colector și mediul ambiant, $k = 2,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$;

Din tabelul 1 au rezultat valorile medii înregistrate pentru următorii parametri:

- diferența dintre temperatura medie a colectorului și cea a mediului ambiant: $\Delta t = 22,27^\circ\text{C}$.
- densitatea fluxului radiației solare globale în timpul experimentărilor: $I_g = 335 \text{ W/m}^2$

Din calcul au rezultat:

- randament optic: $\eta_0 = 75\%$;
- randamentul mediu al colectoarelor solari în ziua experimentărilor: $\eta = 58\%$.

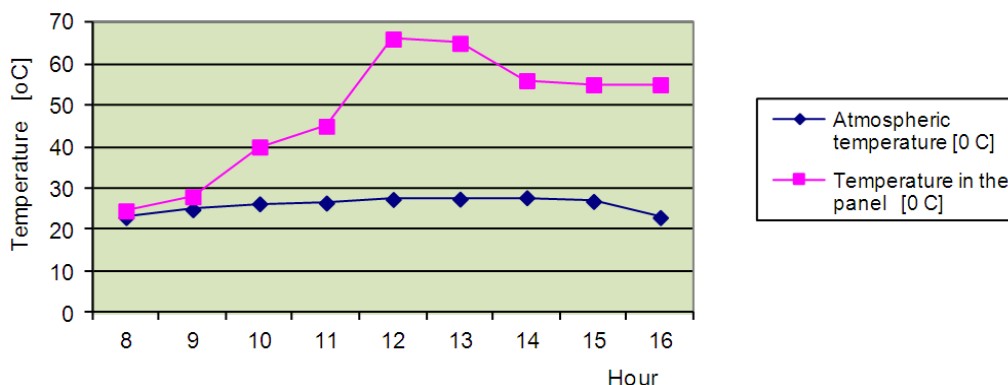


Fig. 3 - The air temperature variation in the atmosphere and solar sensors

The temperature and air humidity variation of the solar panel according to the atmospheric parameters are shown in Figures 3 and 4.

Variația temperaturii și umidității aerului din panoul solar în funcție de parametrii atmosferici este arătată în figurile 3 și 4.

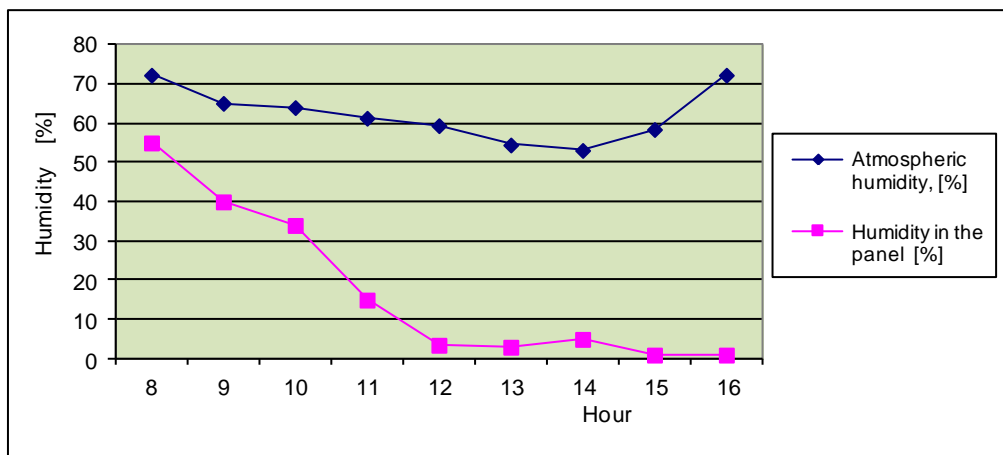


Fig. 4 - The atmospheric humidity variation and solar sensors

During fodder ventilation by air heated in solar collectors studied, the installation axial fan absorbs the air, leads it through tube system to the drying platform levelling chamber, from where air penetrates into the fodder mass through the grating of drying platform and ventilating channels designed for this purpose.

În timpul ventilării furajelor cu aerul încălzit în captatori solar studiați, ventilatorul axial al instalației absoarbe aerul, îl dirijează prin tubulatură în camera de uniformizare a platformei de uscare, iar de aici pătrunde în masa de furaje prin grătarul-plasă al platformei de uscare și canalele de ventilare special amenajate pe platforma de uscare.

The solar panel air velocities at different times of ventilation are shown in Table 2.

Vitezele aerului în panoul solar în diverse momente ale ventilării sunt prezentate în tabelul 2.

Table 2

| Parameter | Hour | | | |
|--|------|------|------|------|
| | 8 | 10 | 12 | 14 |
| Air speed [m/s/] | 1.61 | 1.71 | 1.84 | 1.84 |
| Air speed when entering the panel [m/s/] | 2.4 | 2.5 | 2.4 | 2.4 |
| Air speed when leaving the panel [m/s/] | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.5 |

CONCLUSIONS

After the researches, the following appreciations and conclusions can be formulated:

- In order to reduce hay qualitative and quantitative losses, determined by long time exposure to sun and atmospheric factors after mowing and leaves losses by shaking, the technology of gathering the fodder on field at 35-45% humidity, their storing in special dryers or hay special stores and the final drying up to appropriate conservation humidity (about 18%) by warm air ventilation, were assured;

CONCLUZII

În urma cercetărilor se pot formula următoarele concluzii și aprecieri:

- Pentru reducerea pierderilor calitative și cantitative ale fânului, datorate expunerii îndelungate la factorii atmosferici după cosire și pierderilor de frunze prin scuturare s-a introdus tehnologia de strângere a furajelor din câmp la umidități de 35...40%, depozitarea acestora în uscătoare sau fânare speciale și definitivarea uscării până la umiditatea de păstrare (cca.18%) prin ventilare cu aer rece sau cald;

- For small farms has been achieved and studied the hay drying installation by ventilating the air heated in panel comprising the solar collectors, for reducing the electric and mechanical energy consumption;
- Temperature in panel is influenced by solar radiation and atmospheric air temperature. Analyzing the panel temperature increasing indicator, it has been found that between 8..9 hours the temperature raises up to 3°C, and between 10...16 hours the temperature reaches up to 39°C. Maximum values are registered within 14-16 hour interval;
- The solar panel construction and ventilation installation make the air speed in the panel to be almost steady during ventilation process;
- The average yield of the solar panel , $\eta=58\%$, is within the values indicated in the literature;
- The solar panel studied assures the heated air necessary to achieve the hay dehydrating by ventilation

Acknowledgement

Paper is financed by MADR – Sectoral Programme ADER 2020, Financing Contract no.65/2011.

REFERENCES

- [1]. Balan M., (2007) - *Renewable energy*, UT PRES Publishing, ISBN: 978-973-662-350-9, Cluj Napoca Romania, <http://www.termo.utcluj.ro/regenerabile/>;
- [2]. Hermenean I., Mocanu V. (2008) - *Technologies, machines and installations for pasture fodder harvesting and conservation as hay*, Transilvania University Publishing, Braşov;
- [3]. Horrocks R.D., Vallentine J.F., (1999) - *Field-Harvesting Hay* - chapter 13, Harvested Forages, pp. 245-277;
- [4]. Horrocks R.D., Vallentine J.F., (1999) - *Processing and Storing Hay* - chapter 16, Harvested Forages, pp. 315–323;
- [5]. Neculăiasa V., Dănilă I. (1995) - *Working processes and harvesting machines*, Publishing "A92", Iaşi;
- [6]. Nedelcu A, Lazăr G., Dragan R., Ciobanu V. (2012) - *Dimensioning IVF-0 installation for fodder plants drying by air ventilation*, ACTA TECHNICA CORVINIENSIS - BULLETIN of ENGINEERING, fascicle V, ISSN 2067 - 3809;
- [7]. Mănişor P., Bălan V. (1991) - *Technologies and equipment for bulk fodder valorisation in industrial flow*, CERES Publishing, Bucharest;
- [8]. M.A.D.R. (2010) - *Systems designed to store fodder. Farm standards*.
- [9]. Rusănescu C.O., Paraschiv G., Murad E., Duţu M.F. (2013), *Monitoring Solar Radiation Intensity With Sun-Earth Angle In The Year 2011 In The North West Of Bucharest*, INMATEH - Agricultural Engineering, Vol.40. No.2, pp. 97...102;
- [10]. Yang D.J., Yuan Z.F., Lee P.H., Yin H.M. (2012) - *Simulation and experimental validation of heat transfer in a novel hybrid solar panel*, Original Research Article, International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 55, Issue 4, 3, pp. 1076-1082;
- [11]. Zhong Hao., Guihua Li., Runsheng T., Wenli D. (2011) - *Optical performance of inclined south - north panels three-positions related tracked*, Energy. The International Journal Volume 36, Issue 2, February, pp.1171 - 1179.

- Pentru fermele mici s-a realizat și studiat instalația de uscare a fânului prin ventilare cu aer încălzit în panou realizat din captatoare solare, pentru reducerea costurilor sub aspectul consumului de energie electrică sau mecanică;
- Temperatura din panou este influențată de radiația solară și temperatura aerului atmosferic. Analizând indicatorul de creștere a temperaturii în panou, se constată că între orele 8.9 creșterea temperaturii este de cca.3°C, iar între orele 10...16 cu până la 39°C. Valorile maxime s-au înregistrat în intervalul orar 14...16;
- Construcția panoului solar și instalația de ventilare fac ca în panou viteza aerului sa fie aproape constantă în procesul de ventilare;
- Randamentul mediu al panoului solar, $\eta=58\%$, se încadrează în valorile indicate de literatura de specialitate;
- Panoul solar cercetat asigură aerul cald necesar definitivării uscării fânului prin ventilare.

Recunoaștere

Lucrarea este finanțată de către MADR - Program Sectorial ADER 2020, Contract de finanțare nr.65/2011.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Balan M. (2007) - *Energii regenerabile*, Editura UT PRES, ISBN: 978-973-662-350-9, Cluj Napoca Romania, <http://www.termo.utcluj.ro/regenerabile/>;
- [2]. Hermenean I., Mocanu V. (2008) - *Tehnologii, mașini și instalații pentru recoltarea și conservarea sub formă de fân a furajelor de pe pajiști*, Editura Universității Transilvania din Braşov;
- [3]. Horrocks R.D, Vallentine J.F., (1999) - *Domeniul-Recoltarea fânului* - cap. 13, Recoltarea furajelor, pag. 245 - 277;
- [4]. Horrocks R.D., Vallentine J.F., (1991) - *Prelucarea și depozitarea fânului* - cap. 16, Recoltarea furajelor, pag. 315 – 323;
- [5]. Neculăiasa V., Dănilă I. (1995) - *Procese de lucru și mașini agricole de recoltat*, Editura A92, Iaşi;
- [6]. Nedelcu A, Lazăr G., Dragan R., Ciobanu V. (2012) - *Dimensionarea instalației IVF-0 pentru uscarea plantelor ierboase prin ventilare cu aer*, ACTA TECHNICA CORVINIENSIS – BULLETIN of ENGINEERING, fascicul V, ISSN 2067-3809;
- [7]. Mănişor P., Bălan V. (1991) - *Tehnologii și utilaje pentru valorificarea furajelor de volum în flux industrial*, Ed. CERES, Bucureşti;
- [8]. M.A.D.R. (2010) - *Sisteme pentru depozitarea furajelor. Standarde de fermă*;
- [9]. Rusănescu C.O., Paraschiv G., Murad E., Duţu M.F. (2013) - *Monitorizarea intensității radiației solare in anul 2011 in partea de nord-vest a orasului bucuresti cu ajutorul unghiurilor soare-pământ*, INMATEH - Agricultural Engineering, vol.40, .nr.2, pag. 97...102;
- [10]. Yang D.J., Yuan Z.F., Lee P.H., Yin H.M. (2012) - *Simulare și validarea experimentală a transferului de căldură într-un nou panou solar hibrid*, Articol de cercetare originala, Jurnalul Internațional de Transfer de căldură și masă, volumul 55, nr. 4, 3, pag.1076 – 1082;
- [11]. Zhong Hao., Guihua Li., Runsheng T., Wenli D. (2011) - *Performanță optică a unor panouri solare înclinate sud-nord urmărite dupa trei directii*, Energie, Jurnal Internațional, vol.36, nr.2, februarie, pag.1171 - 1179.