

CERCETĂRI REALIZATE CU INSTALAȚIA PENTRU USCAREA FÂNULUI PRIN VENTILARE CU AER RECE SAU CALD - IVF

Dr. ing. Anuța NEDELCU, Dr. ing. Lucreția POPA, Dr. ing. Radu CIUPERCĂ

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mașini și Instalații destinate Agriculturii și Industriei Alimentare – INMA, București

REZUMAT. Calitatea și volumul furajelor conservate sub formă de fân sunt influențate de gradul de mecanizare a procesului tehnologic și de efectul factorilor climatici asupra plantelor în timpul procesului de uscare în câmp și în depozite. Pentru reducerea pierderilor calitative și cantitative, datorate expunerii îndelungate la factorii atmosferici în timpul uscării pe miriște, INMA – București a efectuat cercetări aplicative care au condus la realizarea unei instalații pentru ventilarea fanului vrac cu aer rece sau încălzit în captatoare solare asamblate sub forma unui panou.

Cuvinte cheie: fân, uscare, ventilare, instalație, panou solar.

ABSTRACT: The quality and volume of preserved feed as hay are influenced by the level of mechanization and technological process with the influence of climatic factors on plants during the drying process in the field and in storage. In order to reduce qualitative and quantitative losses due to long exposure to weather during drying on stubble, INMA Bucharest has conducted applicative researches which led to the construction of an installation for loose hay ventilation with cold or heated air in solar collectors assembled as a panel form.

Keywords: hay, drying, ventilating, installation, solar panel.

1. INTRODUCERE

Fânul are o pondere importantă în balanța furajeră pe perioada de iarnă, mai ales în regiunile colinare și montane unde există suprafețe mari de pajiști. Importanța fânului constă nu numai în ponderea mare pe care o are în hrana animalelor, ci și prin valoarea nutritivă ridicată, având un conținut sporit în substanțe nutritive și vitamine.

Deși statisticile [5] arată că țara noastră beneficiază de suprafața de 238.391 km² și cuprinde 61,3% teren agricol din care 32,9 % pășuni și fânețe naturale, producția vegetală de pe aceste suprafețe este inefficient valorificată, datorită lipsei de echipamente tehnice adecvate utilizate pentru recoltarea, depozitarea și conservarea plantelor furajere ierboase, în special sub formă de fân.

Obiectiv principalul în recoltarea, pregătirea și conservarea sub formă de fân a furajelor de pe pajiști și din culturile furajere constă în realizarea unui produs final cu o valoare alimentară apropiată de 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, cât și în cea referitoare la fenofaza de recoltare [1].

Pentru reducerea pierderilor calitative ale fânului înregistrate în perioada recoltare-depozitare, datorate expunerii îndelungate la factorii climatici după cosire și pierderilor de frunze prin scuturare, s-a introdus metoda de recoltare și pregătire în două faze. În prima fază furajul este uscat pe miriște până la umiditatea de 35...45% după care se așează pe fânare sau platforme de uscare unde, în cadrul fazei a doua, se face definitivarea uscării prin ventilare cu aer rece sau cald până la umiditatea de păstrare (sub 17%).

Furajul verde la cosire conține o cantitate mare de apă, cuprinsă în general între 70 și 85 %.

Cantitatea reală de apă care trebuie eliminată din masa de furaj, pentru a se junge la umiditatea de conservare (sub 17%) se calculează cu relația (1) [1]:

$$m_a = \frac{u_i - u_{f1}}{100 - u_{f1}} \times m_i \quad (1)$$

în care: m_a reprezintă masa de apă care trebuie eliminată din furaj (kg); u_i – umiditatea inițială (la cosire) a furajului (%); u_{f1} – umiditatea fânului la încheierea primei faze de uscare pe miriște a fânului (%) (între 35 și 45%); m_i – masa inițială la recoltare a furajului verde (kg).

Strânsul din brazdă, transportul și așezatul pe șire, pe suportii sau pe platformele de uscare, cât și operația de definitivare a uscării trebuie făcute în timp util prin încadrarea în epoca optimă de recoltare, pentru a reduce la minim pierderile și pentru asigurarea unei uscări uniforme a stratului de furaj.

Pentru definitivarea uscării fânului, așezat pe platformele speciale de uscare, aerul rece sau cald este trimis forțat prin masa de furaj, utilizând instalații speciale cu ventilatoare și rețele de canale pentru o repartizare uniformă a aerului.

2. CONSTRUCȚIA ȘI FUNCȚIONAREA INSTALAȚIEI PENTRU VENTILAREA FÂNULUI CU AER RECE SAU ÎNCĂLZIT ÎN PANOU SOLAR

Prepararea și conservare furajelor cu ajutorul curenților de aer – este cea mai bună metodă și constă în uscarea forțată a plantelor cu ajutorul unui curent de aer rece sau cald. Prin aceasta metodă se elimină apa într-un timp foarte scurt și pierderile de substanțe nutritive sunt mult diminuate. Deși instalațiile nu sunt foarte costisitoare, ele amortizându-se prin evitarea pierderilor cantitative și calitative foarte repede, totuși, datorită consumului mare de energie convențională sau combustibili fosili, metoda are o aplicabilitate limitată. Se recomandă pregătirea prin aceste metode a fânului de leguminoase cultivate. Fânul astfel pregătit are cu 63 % mai multă proteină, cu 13 % mai multe grăsimi și de 10 ori mai mult caroten decât fânul uscat prin brazdă [4].

Se cunosc trei variante de uscare cu ajutorul curenților de aer:

- uscarea cu aer rece – conform acestei metode, iarba este lăsată să se usuce în brazde până ajunge la umiditatea de 35-45 %, după care se transportă la instalații speciale de ventilare;

- uscarea cu aer cald – se face în cazul furajelor de mare valoare, metoda reducând considerabil timpul de uscare. Când ventilarea se face cu aer încălzit la 40...50°C, ceea ce se realizează prin punerea unui generator de căldură în fața ventilatorului, se produce o uscare rapidă a furajului; generatorul de căldură face să sporească consumul de energie;

- instalații de tip industrial în care uscarea se face la temperaturi de 700...1000°C, în încăperi speciale și în timp foarte scurt; în aceste instalații se usucă furajele verzi tocate, obținându-se făina de fân, care este de fapt un furaj concentrat.

Uscarea prin ventilare cu aer rece nu dă rezultate bune în zonele în care umiditatea relativă a aerului este ridicată. În aceste zone se recomandă ventilarea cu aer cald, cu ajutorul unei instalații speciale cu ventilatoare, generatoare de căldură și rețele de canale

pentru o repartizare uniformă a aerului în masa de furaje.

Instalațiile pentru uscarea fânului cu aer cald produs de generatoare de căldură 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. De aceea, din necesitatea reducerii consumului de energie convențională, specialiștii au căutat soluții pentru realizarea unor instalații de uscare a furajelor cu aer cald produs în instalații solare, geotermale sau prin utilizarea biogazului, mai ales în cazul fermelor zootehnice care au în dotare instalații de producere a acestuia. Prin aceste tehnologii se pot obține economii importante de combustibil și energie electrică.

În contextul acestor preocupări, INMA – București a efectuat cercetări aplicative care au condus la realizarea unei instalații pentru ventilarea fânului vrac cu aer rece sau încălzit în captatoare solare asamblate sub forma unui panou (fig. 1).

Construcția instalației. Instalația de uscare a fânului în șira prin ventilare cu aer rece sau cald, simbolizată IVF, (fig.1) este construită din ansambluri elaborate într-o structură modulară (panoul solar, platforma de depozitare) pentru ca utilizatorii să-și configureze instalația de uscare conform nevoilor fermei.

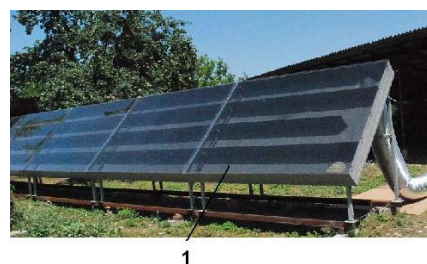


Fig. 1. Instalația de uscare a fânului vrac prin ventilare cu aer rece sau aer cald, IVF (model experimental):
 1 – Panou solar asamblat; 2 – instalație electrică; 3 – echipament pentru ventilare; 4 – tuburi de ventilare; 5 – flanșe de admisie cu electromotor; 6 – tubulatură pentru circuit de aer cald;
 7 – platforma de uscare/depozitare.

Panoul solar, specific instalației, este construit prin asamblarea unui număr de captatoare solare con-

INSTALAȚIA PENTRU USCAREA FÂNULUI PRIN VENTILARE CU AER RECE SAU CALD - IVF

feccionate din materiale ușoare, vopsite în interior cu vopsea sau lacuri solare de culoare neagră, pentru a avea un grad de absorbție cât mai mare pentru radiația solară. Energia radiată de soare este captată de pereții panoului și transferată aerului din panou. Fenomenul de transfer de căldură apare la contactul direct al aerului cu elementele constructive ale panoului.

Instalația electrică, după cum se arată în schema bloc (fig. 2) și imaginile din figura 3, asigură funcționarea ventilatorului, comanda și controlul procesului de ventilare. Tabloul de comandă al instalației este dotat cu un minicomputer – Micro PLC, care, cu informațiile primite de la senzorii de temperatură și de umiditate permite, atât reglarea parametrilor de intrare cât și comanda, respectiv monitorizarea funcționării instalației.

Pentru dimensionarea instalațiilor de uscare în funcție de necesarul de furaje al fermei au fost elaborat

tabele bazate pe interdependența dintre dimensiunile platformei de uscare, debitul necesar la ventilator și cantitatea de material furajer ce urmează a fi conservat.

Dimensionarea instalației de uscat cu aer s-a făcut pornind de la debitul de aer rece necesar pentru uscarea unei tone de furaj, sau cunoscând debitul necesar de aer pentru o suprafață de bază de 1 m².

Valorile recomandate de [1, pag. 70], pentru debitul specific de aer, Q_u , necesar pentru ventilarea unui m² din suprafața platformei de uscare, a unui strat cu o înălțimea de cca. 2 m, sunt diferite, în funcție de zonă:

- pentru zonele cu clima uscată: $Q_u = 200-250$ m³/h pe fiecare m² (0,005...0,069 m³/s);
- pentru zonele climă mai umedă (zona colinară sau montană): $Q_u = 300 \dots 450$ m³/h pe fiecare m² de suprafață de uscare (0,08 ... 0,125 m³/s).

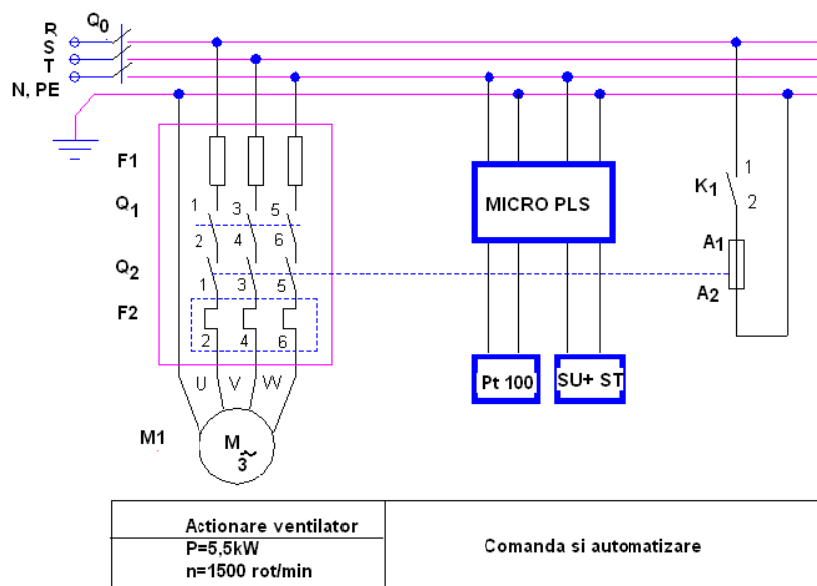


Fig. 2. Schema bloc a instalației electrice de comandă și control:

F1 – siguranțe automate; Q0 – întrerupător general; Q1 – contactor trifazat; F2 – relee de protecție termică; M1 – motor ventilator; Micro PLC; Senzor temperatură Pt 100; SU – Senzor pentru măsurat umiditatea și temperatura aerului, K1 – releul regulatorului de temperatura; A1A2 – bobina contactorului Q2.



Fig. 3. Instalația electrică de comandă și control

1 – tabloul de comandă; 2 – senzor pentru măsurarea temperaturii și umidității aerului atmosferic; 3 – senzor pentru măsurarea temperaturii din fân (senzor Pt. 100); 4 – contor electric.

Debitele de aer mai mari sunt necesare atunci când instalația nu are pereți laterali etanși și apar pierderi de aer.

Debitul de aer necesar pentru ventilare se calculează cu relația (2):

$$Q_{necesar_ventilare} = Q_u \cdot S_p \quad (2)$$

în care: S_p este suprafața platformei de uscare și depozitare; Q_u – debitul de aer necesar pentru o suprafață a platformei de 1 m².

Valoarea debitului de aer necesar pentru ventilare, calculată cu formula (2) este necesară pentru alegerea ventilatorului din dotarea instalației.

La configurarea panoului solar și stabilirea numărului de captatoare se recomandă ca, volumul panoului solar să fie cel puțin dublu față de valoarea debitului necesar pentru ventilare.

De asemenea, se recomandă conform [6, pag. 24] ca viteza liniară a fluxului de aer printr-un strat de furaje pălite să fie de cca. 0,1 m/s.

Funcționarea instalației. Uscarea furajului prin ventilarea cu aer rece sau cald se bazează pe higroscopicitatea aerului atmosferic, adică pe proprietatea lui de a se satura cu vapori de apă atunci când este dirijat prin masa furajului. Higroscopicitatea aerului este însă invers proporțională cu umiditatea sa relativă și de aceea utilizarea lui la ventilare trebuie corelată cu umiditatea furajului supus uscării. Aerul mai cald poate prelua, la aceeași umiditate relativă, apă în cantitate mai mare decât aerul mai rece.

În timpul ventilării cu aer cald, ventilatorul axial al instalației absoarbe aerul încălzit prin efectul de seră, din panoul solar, îl dirijează prin tubulaturi 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.

Aerul curge pe traseul impus de construcția imobilă realizându-se astfel transferul termic de la panou solar la aer.

Procesul de uscare începe acolo unde aerul intra în fân și zona de uscare se deplasează încet, de jos în

sus, de la locul de intrare spre locul de ieșire a aerului din masa de furaj.

Tabloul de comandă al instalației este dotat cu un minicomputer asigurând următoarelor procese de lucru:

- reglarea turației (debitului) ventilatorului;
- comanda pornirii ventilării cu aer rece;
- comanda pornirii ventilării cu aer cald;
- comanda pornirii ventilării mixte cu aer rece-aer cald în funcție de temperatura aerului din camera de uniformizare sau din masa furajului, indicată de termocuplu;
- pornirea ventilării cu aer rece la atingerea pragului critic de temperatură în masa de furaj, prag indicat de senzorul de temperatură din furaj. Pragul critic de temperatură se poate regla în anumite limite în funcție de condițiile atmosferice din timpul uscării (temperatura și umiditatea aerului);
- comanda deschiderii/închiderii electrovalvelor de admisie a aerului rece și/sau a aerului cald în funcție de temperatura reglată pentru aerul de uscare din camera de uniformizare.

3. REZULTATE

• Cercetările experimentale realizate cu instalația pentru uscarea fânului prin ventilare cu aer rece sau cald, simbolizată IVF, concepție INMA, au permis verificarea tehnologiei de recoltare și conservare a fânului prin ventilare cu aer rece sau cald și determinarea caracteristicilor tehnice ale instalației.

• În tabelul 1 sunt prezentate o serie de rezultatele obținute ca urmare a testării modelului experimental propus.

• În urma experimentărilor s-a dovedit că panoul solar cercetat asigură aerul cald necesar definitivării uscării fânului prin ventilare.

• S-a confirmat faptul că temperatura din panoul solar este influențată de radiația solară și temperatura aerului atmosferic;

Tabelul 1. Caracteristici tehnice ale instalației pentru uscarea fânului vrac prin ventilare cu aer rece sau cald, simbolizată IVF

Specificație	UM	Valoarea determinată
Nr. captatori solari	buc.	5
Volumul interior al spațiului de încălzirea al unui captator	m ³	1,56
Volumul panoului solar	m ³	7,8
Suprafața panoului	m ²	30
Turatie max. a ventilatorului la funcționarea în gol	rot/min	1440
Diametrul gurii de evacuare a ventilatorului	m	0,9
Viteza medie a curentului de aer, v_a , la funcționarea în gol	m/s	19,64
Debitul de aer, Q max., al ventilatorului la funcționarea în gol	m ³ /s	12,5
Presiunea aerului ventilat la mersul în gol	mmH ₂ O	10 mm H ₂ O la debitul de 45 000 m ³ /h
Umiditatea furajului la asezarea pe platforma de uscare	%	34,15
Cantitatea de furaj asezată pe platforma de uscare	kg	3860

INSTALAȚIA PENTRU USCAREA FÂNULUI PRIN VENTILARE CU AER RECE SAU CALD - IVF

Tabelul 1 (continuare)

Specificație	UM	Valoarea determinată
Volumul furajului așezat pe platforma de uscare	m ³	79,2
Suprafața de platformă de uscare care revine pe un tub cu dop	m ²	6
Viteza medie a curentului de aer, v_{a0} , la mers în sarcină	m/s	14,84
Debitul de aer, Q , al ventilatorului la funcționarea în sarcină	m ³ /s	9,44
Presiunea aerului ventilat prin masa de furaj	mmH ₂ O	30 mm H ₂ O la debitul de 34 000 m ³ /h
Umiditatea medie a furajului la definitivarea uscării pe instalația de ventilare	%	16,48
Cantitatea de fân obținută la definitivarea uscării	kg	3044
Cantitatea de apă evaporată din furaj în faza de definitivare a uscării prin ventilare	kg	816
Uniformitatea de uscare a furajului pe platforma de ventilare	%	97,5
Capacitatea specifică de uscare a instalației	kg/m ²	84,55
Consumul de energie electrică	kWh	84
Consumul specific de energie electrică pe kg de furaj uscat	kWh/kg fân	0,0276
Consumul specific de energie electrică pe kg de apă eliminată din furaj prin ventilare	kWh/kg apă evaporată	0,13
Indicatorul de creștere a temperaturii în panou	°C	7,97°C între orele 8...9
		38,95 între orele 10...16

• De asemenea, determinând indicatorul de creștere a temperaturii în panou, s-a înregistrat între orele 8...9 o creștere a temperaturii cu până la 8°C, iar între orele 10...16 cu până la 39°C. Valorile maxime s-au măsurat în intervalul orar 14...16, [3].

• La sfârșitul procesului, analizând fânul obținut prin ventilare cu aer cald și aer rece s-a constatat că fânul are aspect normal, în uscare avansată, fără plante putrezite sau mucegăite și o culoare predominantă – verde deschis.

4. CONCLUZII

În urma cercetărilor se formulează următoarele concluzii și aprecieri:

• Pentru reducerea pierderilor de substanțe nutritive la uscarea tradițională pe miriște a fânului, se recomandă aplicarea tehnologiei de recoltare și depozitare a plantelor furajere ierboase la umiditatea de 35...45% și definitivarea uscării prin ventilare cu aer până la umiditatea sub 18%;

• 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 și de combustibili fosili;

• Aerul se încălzește în panoul solar propus datorită radiației solare și transferului termic de la elementele constructive ale panoului;

• Tabelul 1 indică caracteristici avantajoase din punct de vedere al consumului de energie pe kg de furaj uscat;

• Tehnologia de pregătire a fânului prin folosirea instalațiilor de ventilare pentru definitivarea uscării este recomandată în cazul unor culturi furaje care îndeplinesc condițiile de foarte bună calitate (compoziție botanică, fenofaza de recoltare), culturi amplasate, cu precădere, în zonele colinare și montane în care condițiile meteo nu sunt întotdeauna favorabile pregătirii fânului prin uscarea pe miriște.

BIBLIOGRAFIE

- [1] 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 Brașov.
- [2] Neculăiaș V., Dănilă I. (1995) – *Procese de lucru și mașini agricole de recoltat*, Editura A92, Iași.
- [3] Nedelcu A., Ciupercă R., Zaica A., Pruteanu A.M. – „Researches on Hay Ventilation With Air Heated in a Solar Panel”, volum International Symposium „Agricultural and Mechanical Engineering – 2013”, pag.9...14, ISSN 2344-4118, București.
- [4] Veronica Sarateanu, (2005), *Păstrarea furajelor*, Cultura pajistilor si a plantelor furajere, Fascicula nr. 03.03 iulie.
- [5] *** MADR, *Programul Național de Dezvoltare Rurală 2014-2020*, Proiect martie 2014; <http://www.madr.ro/ro/programare-2014-2020-pndr/documente-de-programare.html>
- [6] ***MADR, *Sisteme pentru depozitarea furajelor. Standarde de fermă*, 2010.

Despre autori

Dr. ing. **Ancuța NEDELCU**, CSII
INMA – București

A absolvit Facultatea de Mecanică Agricolă, Universitatea „Politehnica – București”, în anul 1983. A obținut titlul de doctor în domeniul Inginerie mecanică în anul 2004. În prezent este șef de colectiv „Tehnologii de mecanizare si

EDUCAȚIE, CERCETARE, PROGRES TEHNOLOGIC

echipamente tehnice pentru transportat, manipulat, depozitat și zootehnie”. În ultimii ani a avut responsabilități ca director de proiect în șapte proiecte din programele RELANSIN, AGRAL, CEEEX, Nucleu, Program Sectorial. A publicat o carte, peste 80 de articole științifice în reviste indexate BDI și în volumele unor conferințe internaționale/naționale, este autor/coautor a 4 brevete și a 9 cereri de brevet de invenție. Este membru al Societății Inginerilor Mecanici din România – SIMAR și al EurAgEng – European Society of Agricultural Engineers.

Dr. ing. **Lucreția POPA**, CS II
INMA – București

Este absolventă a Facultății de Mecanică Agricolă din Institutul Politehnic București, promoția 1985. În 2004 anul a absolvit doctoratul în domeniul Inginerie mecanică, la Universitatea „Transilvania” din Brașov, Facultatea de Mecanică. A publicat o carte și peste 100 de articole în reviste de specialitate și în volumele unor conferințe internaționale/naționale. Este autor/coautor a 3 brevete de invenție și a 10 cereri de brevet de invenție, a obținut premiul Programului AMTRANS în anul 2005 cu o lucrare la care a fost director de proiect. Este membru al Societății Inginerilor Mecanici din România – SIMAR și membră a EurAgEng – European Society of Agricultural Engineers.

Dr. ing. **Radu CIUPERCĂ**, CS II
INMA – București

A absolvit Facultatea de Mecanică Agricolă, Universitatea „Politehnica” din București, promoția 1983. A obținut titlul de doctor în domeniul Inginerie mecanică în anul 1999. În prezent are funcția de șef de laborator. A publicat o carte și peste 80 de articole în reviste de specialitate și în volumele unor conferințe internaționale/naționale. Este autor/coautor a 3 brevete de invenție și a 10 cereri de brevet de invenție. Este membru al Societății Inginerilor Mecanici din România – SIMAR și membru al EurAgEng – European Society of Agricultural Engineers.