

ANALIZA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA PŁASKIEGO KOLEKTORA SŁONECZNEGO DO SUSZENIA ZIARNA PSZENICY W WARUNKACH KLIMATYCZNYCH OKOLIC WROCŁAWIA

Stanisław Peroń, Zbigniew Zdrojewski, Mariusz Surma

Institut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Przeprowadzono wycinkową ocenę wpływu promieniowania całkowitego oraz temperatury i wilgotności względnej powietrza na prognozowany adiabatyczny proces suszenia ziarna pszenicy – w silosie SPA-20 współpracującym z kolektorem słonecznym. Szacunkowe oszczędności w oleju opałowym wynikające z zastosowania płaskich kolektorów słonecznych do suszenia ok. 60% masy ziarna zbieranego w okolicach Wrocławia mogą sięgnąć 400 ton.

Słowa kluczowe: kolektor słoneczny, suszenie ziarna pszenicy

Wprowadzenie i cel badań

W okolicach Wrocławia na obszarze o powierzchni ok. 30 000 ha jest produkowane w skali roku w przybliżeniu 123000 ton ziarna pszenicy. Niniejsza publikacja dotyczy charakterystyki tego obszaru pod względem warunków meteorologicznych i możliwości ich wykorzystania do suszenia ziarna pszenicy przy wykorzystaniu kolektora słonecznego.

Dotychczasowa praktyka wskazuje na możliwość szerokiego zastosowania kolektorów słonecznych do podgrzewania powietrza w suszarkach podłogowo-rusztowych, podłogowo-kanałowych, podłogowo-sitowych oraz w silosach zbożowych. W wymienionych urządzeniach stosuje się niskie temperatury czynnika suszącego 30-40°C.

Głównym celem pracy była prognoza możliwości wykorzystania kolektora słonecznego do podgrzewania powietrza jako czynnika suszącego ziarno pszenicy w okolicach Wrocławia przy występujących lokalnie warunkach pogodowych w okresie żniw (15.07–31.08.2005 r.).

Jako cele szczegółowe przyjęto:

- ocenę usłonecznienia, energii promieniowania całkowitego oraz temperatury i wilgotności względnej powietrza dla przedziału czasu 26.08–30.08.2005.
- prognostyczną ocenę wpływu warunków meteorologicznych na spadek zawartości wody w ziarnie pszenicy suszonym w modelowym silosie współpracującym z płaskim kolektorem słonecznym.

Metodyka

Dane do analizy wpływu usłonecznienia, promieniowania całkowitego oraz temperatury i wilgotności względnej powietrza na pozyskiwanie energii cieplnej w kolektorze słonecznym za okres 15.07–31.08.2005r (czas żniw) uzyskano w Obserwatorium Agrometeorologii i Hydrologii Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Za szczególne ważne uznano dane dotyczące pory dnia od 7⁰⁰ do 19⁰⁰. Przyrost temperatury powietrza Δt po przejściu przez kolektor obliczano z zależności (1) Wiśniewski [2001]:

$$\Delta t = \eta I m^{-1} C^{-1} \quad (1)$$

gdzie:

- η – średnia sprawność kolektora (przyjęta na podstawie literatury jako 0,45),
- m – jednostkowe natężenie przepływu czynnika grzewczego przez kolektor [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$],
- C – ciepło właściwe czynnika grzewczego [$\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$],
- I – natężenie promieniowania słonecznego padającego na powierzchnię kolektora słonecznego [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$].

Ciśnienie cząstkowe pary wodnej niezbędne do obliczenia entalpii właściwej powietrza wyznaczono na podstawie wzoru:

$$P_A = \varphi \cdot P_{AS} \quad (2)$$

gdzie:

- φ – wilgotność względna powietrza [%],
- P_{AS} – ciśnienie cząstkowe pary wodnej nasyconej [MPa].

Wilgotność bezwzględną powietrza obliczono z zależności:

$$X = 0,662 \cdot P_A \cdot (P - P_A)^{-1} \quad (3)$$

gdzie:

- P – ciśnienie atmosferyczne [MPa].
- Entalpię właściwą wilgotnego powietrza obliczono z formuły:

$$i = 1,005 \cdot t + (1,88 \cdot t + r)X \quad (4)$$

Zależności (2), (3), (4) przyjęto z literatury [Strumiłło 1983].

W oparciu o literaturę oraz doświadczenie użytkowników poczyniono następujące założenia:

- urządzeniem suszącym będzie typowy silos zbożowy SPA-20, produkowany seryjnie przez firmę ARAJ, o średnicy 3,05 m, z płaskim dnem i wysokości 4,45 m. Przybliżona ładowność dla pszenicy wynosi 20 ton,
- ziarno pszenicy będzie suszone od założonej wilgotności początkowej $w_1=20\%$ ($u_1=0,25 \text{ kg wody}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) do wilgotności końcowej $w_2=13\%$ ($u_2=0,15 \text{ kg wody}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$),
- wysokość warstwy ziarna w silosie wynosi 1,5m,

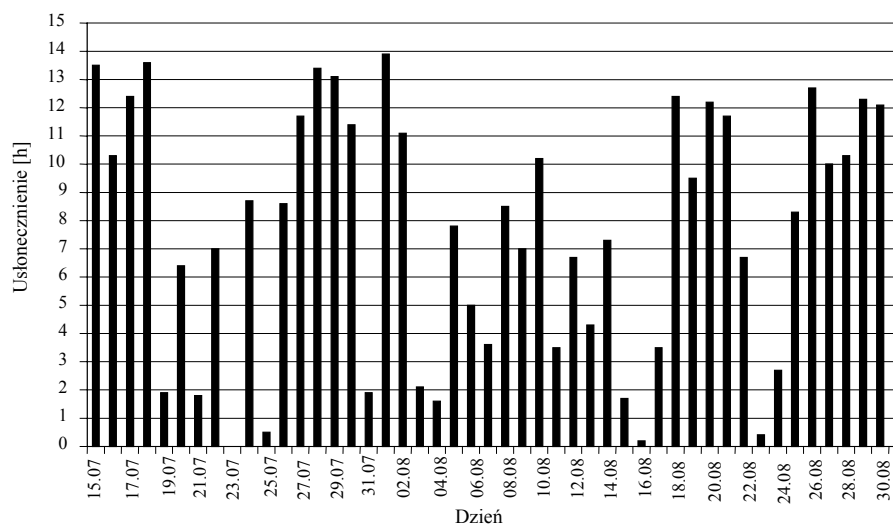
- objętość ziarna w silosie wynosi ok. $10,96 \text{ m}^3$,
- masa wsadu ziarna, przed suszeniem, przy założeniu jego gęstości usypowej $\rho_u=800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, wynosi 8767 kg, masa odparowanej wody 705,4 kg,
- prędkość przepływu powietrza przez warstwę ziarna wynosi $v=0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,
- wilgotność względna powietrza suszącego za kolektorem nie może być wyższa niż 55%,
- czas suszenia ziarna nie może przekraczać 100 godzin,
- natężenie przepływu powietrza w przeliczeniu na 1 m^2 powierzchni absorbera kolektora wynosi $100 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ [Wiśniewski 2001].

Wyniki

Usłonecznienie

Przebieg sum dobowych usłonecznienia dla okresu 15.07–31.08.2005 r. przedstawiono na rys. 1. Jak wynika z histogramu na 48 dni rozpatrywanego okresu przez 50% tego czasu (24 dni) wartość usłonecznienia przekraczała 8 godzin. Maksymalnie usłonecznienie u_s wynosiło 14 godzin. Było również w badanym okresie kilka dni, kiedy tarcza słoneczna była odsłonięta przez $0,2\div 0,4\text{h}$. Średnia wartość usłonecznienia dla okresu 15.07–31.07.2005 r. przypadająca na 1 dzień wynosiła 7,65 godz. W sumie w czasie wspomnianych 48 dni czas usłonecznienia wyniósł 367,4 godz.

Reasumując można stwierdzić, że przez 24 dni rozpatrywanego okresu 15.07–31.07.2005 r. wystąpiły wyjątkowo sprzyjające warunki do pozyskania energii promieniowania słonecznego. Dodatkowo odchylenie sumy usłonecznienia dla sierpnia 2005 od wieloletniej wartości dla tego miesiąca (1961-1995 Bryś [1997]) wyniosło 37,2 godziny.



Rys. 1. Przebieg sum dobowych usłonecznienia w okresie 15.07–31.08.2005 r.

Fig. 1. The trajectory of daily sums of sunshine time between July 15 and August 31, 2005

Wpływ warunków meteorologicznych na zdolność suszącą powietrza podgrzanego w kolektorze

Na zdolność powietrza do odbierania wody z surowca wpływają głównie jego temperatura oraz wilgotność względna [Pabis 1954, Strumiłło 1983], które zależą między innymi od energii promieniowania całkowitego. Jak wynika z rys. 1 najwyższa stabilność usłonecznienia wystąpiła w okresach: 26.08-31.08.2005 (ok. 10-13 godzin) oraz 26.07-30.07.2005 (ok. 8,5-13 godzin) – co umożliwia teoretycznie minimum 50 godzin ciągłego suszenia. Do analizy wpływu warunków meteorologicznych na teoretyczną wielkość masy wody Δx , która może być odprowadzona przez podgrzane w kolektorze słonecznym powietrze z ziarna wybrano wycinkowo dane z okresu 26.08–30.08.2005 r. jako najkorzystniejsze z punktu widzenia możliwości wykorzystania kolektora do suszenia. Należy zaznaczyć, że podobne warunki usłonecznienia mogą wystąpić w różnych okresach żniw. W przypadku niekorzystnych warunków meteorologicznych konieczne jest zainstalowanie w miejsce kolektora podgrzewacza powietrza.

Przebieg uśrednionych warunków pogodowych w zestawieniu z obliczonymi w poszczególnych godzinach pracy kolektora teoretycznymi ubytkami masy wody Δx w ziarnie przedstawia rys. 2.

Najwyższej wartości E_c przypadającej na godz. 12-13 wynoszącej $2450 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ - odpowiadała teoretyczna masa wody Δx (jaką wg. wykresu i-x jest w stanie odebrać powietrze z ziarna) wynosząca $6 \text{ gH}_2\text{O}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchego powietrza. Średni obliczony przyrost temperatury powietrza Δt w kolektorze wyniósł w tym czasie ok. 10°C a średni spadek wilgotności względnej powietrza $\Delta\phi$ wskutek jego podgrzania w kolektorze wyniósł ok. 20%. Rano (w godz. 7^{00} - 8^{00}) oraz wieczorem (18^{00} - 19^{00}) dla okresu 26.08-30.08 przy energii promieniowania E_c 400-500 $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ teoretyczny przyrost temperatury Δt w kolektorze wyniósł $2\text{-}3^\circ\text{C}$, a spadek $\Delta\phi$ był na poziomie 5-8%.

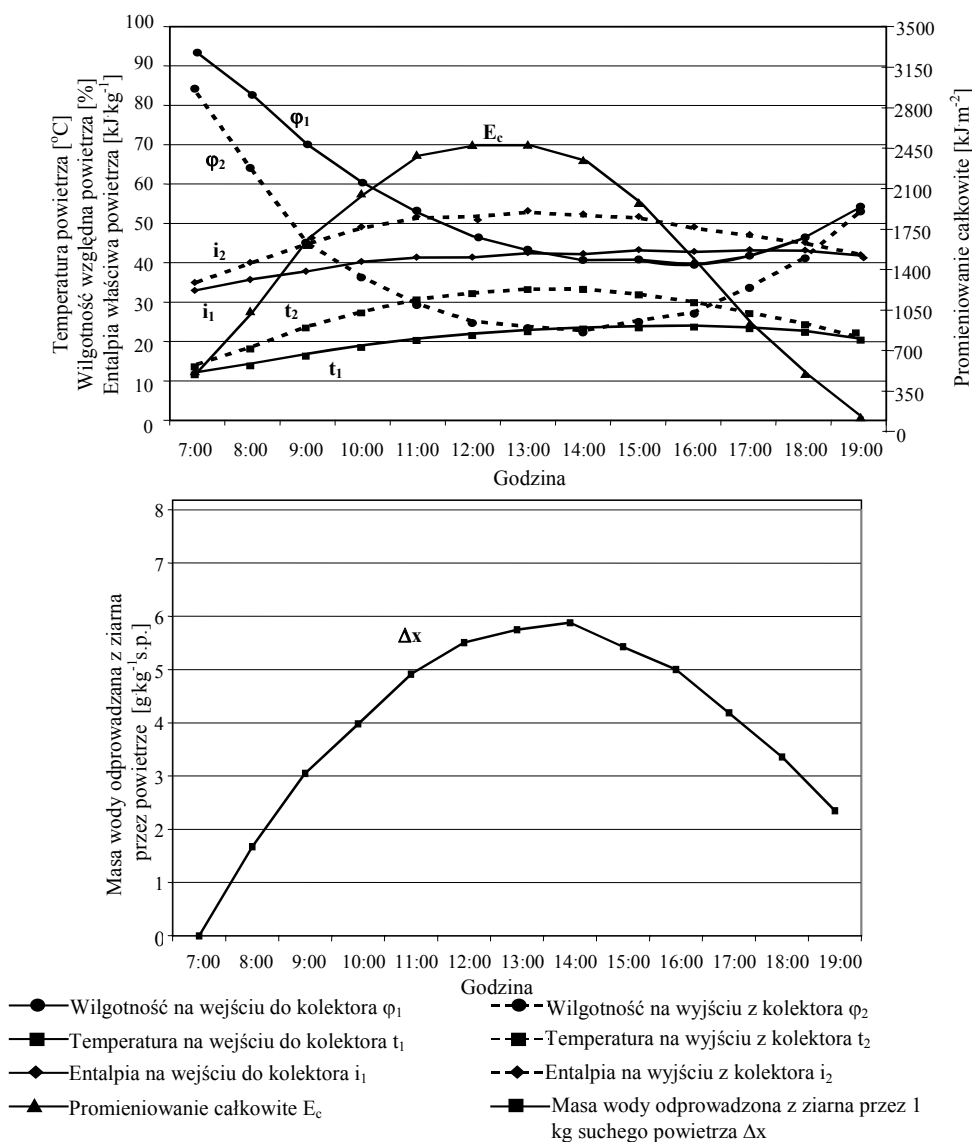
Prognozowany spadek zawartości wody w funkcji czasu w złożu ziarna pszenicy w silosie SPA-20 z udziałem kolektora słonecznego w okresie 26.08–30.08.2005 od $0,25 \text{ kgH}_2\text{O}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. do $0,15 \text{ kgH}_2\text{O}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. przedstawia rysunek 3.

Jak wynika z wykresu – do obniżenia wilgotności w podanym przedziale – teoretycznie wystarczyłoby ok. 40 godzin efektywnego suszenia – przy panujących w tym okresie w ciągu dnia warunkach meteorologicznych.

Wliczając przerwy nocne – prognozowany czas przebywania ziarna w silosie dla tego okresu nie przekracza 100 godzin – podawanych w literaturze [Ryniecki 2002] jako czas bezpiecznego suszenia. Przyjmując za Wiśniewskim [2001] natężenie przepływu powietrza w odniesieniu do 1 m^2 powierzchni kolektora jako $100 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$, niezbędna powierzchnia absorbera powinna wynosić ok. 32 m^2 . Według danych zaczerpniętych z literatury [Ryniecki i in. 2002.] oraz praktyki wiadomo, że do odparowania 1 kg wody, w warunkach suszenia niskotemperaturowego suszenia ziarna zbóż, potrzebne jest średnio ok. $3000 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

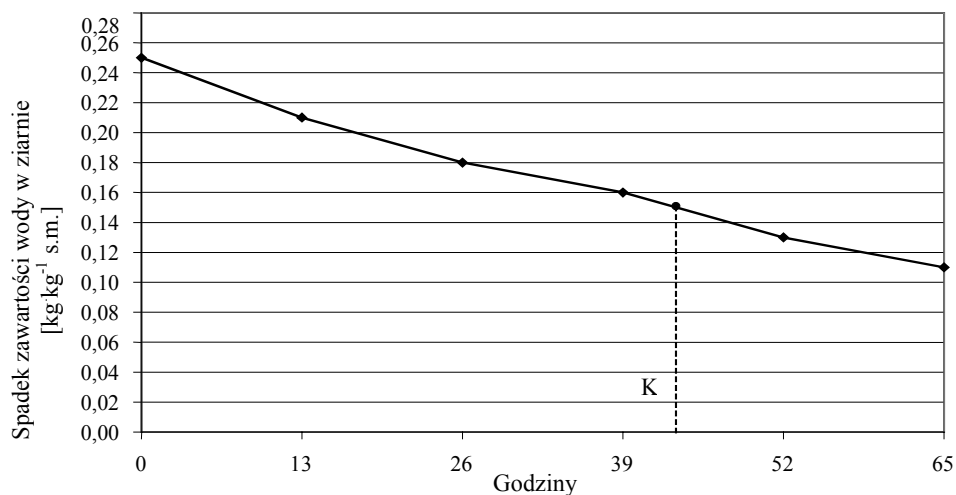
Stąd łatwo obliczyć, że na odparowanie $705,4 \text{ kg}$ wody potrzeba 2116200 kJ ciepła, co w przeliczeniu na olej opałowy o wartości opałowej $B = 42000 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, daje zużycie tego paliwa w ilości ok. 50 kg na jeden wsad ziarna. Z danych WUS we Wrocławiu wynika, że w rejonie okolic Wrocławia pod uprawę pszenicy przeznaczają się ok. $30\ 700 \text{ ha}$. Z tej powierzchni (przy średnim plonie $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) można uzyskać rocznie ok. $122\ 888 \text{ ton}$ ziarna pszenicy. Przyjmując, że ok. 60% uzyskanego ziarna będzie suszone niskotemperaturowo,

można oszacować oszczędność paliwa (w wyniku zastosowania wspomnianego modelowego stanowiska suszarniczego z kolektorem słonecznym) dla całego regionu na ok. 400 ton oleju opałowego w sezonie.



Rys. 2. Średnia masa wody odprowadzonej z ziarna przez powietrze w trakcie suszenia na tle uśrednionych warunków meteorologicznych w okresie 26.08–30.08 2005 r.

Fig. 2. Average mass of water removed from grain by air during the drying process, compared to averaged meteorological conditions between August 26 and 30, 2005



Rys. 3. Teoretyczny przebieg spadku zawartości wody we wsadzie ziarnie w okresie 26.08–30.08.2005 r (K – przewidywany koniec procesu suszenia).

Fig. 3. Theoretical trajectory of water content drop in grain charge between August 26 and 30, 2005 (K – expected drying process end).

Wnioski

1. Dla podobnych przedziałów czasu (godz. 7⁰⁰–19⁰⁰) w okresie 26.08-30.08 w suszonym niskotemperaturowo ziarnie pszenicy od $u_1=0,25$ do $u_2=0,14$ kg H₂O·kg⁻¹ s.m. w modelowym silosie współpracującym z kolektorem słonecznym prognozowany czas suszenia, przy istniejących warunkach meteorologicznych w rejonie Wrocławia w okresie żniw – nie przekraczał 40 godzin ciągłego suszenia.
2. Szacunkowe oszczędności oleju opalowego wynikające z zastosowania kolektorów słonecznych do suszenia 60% masy ziarna. w okolicach Wrocławia mogą sięgać ok. 400 ton·rok⁻¹.

Bibliografia

- Bryś K.** 1997. Rola czynnika radiacyjnego w ewapotranspiracji. Praca doktorska. IKiOŚ AR Wrocław. s. 56-59. Maszynopis.
- Pabis S.** 1954. Podstawy teoretyczne suszenia ziarna zbożowego nieogrzewany powietrzem. Roczniki Nauk Rolniczych. tom 66-C-4. s. 38-49.
- Ryniecki i in.** 2002. Dobrze przechowane zboże. MR INFO. Poznań. s. 31-41.
- Strumillo Cz.** 1983. Inżynieria Chemiczna. Podstawy teorii i techniki suszenia. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne Warszawa. ISBN 83-204-0418-5.
- Wiśniewski G., Gołębiowski S., Gryciuk M.** 2001. Kolektory Słoneczne. Poradnik wykorzystania energii słonecznej. COIB Warszawa. s. 28-32.

ANALYSIS OF POTENTIAL TO USE FLAT SOLAR ENERGY COLLECTOR FOR DRYING OF WHEAT GRAIN IN WROCŁAW AREA CLIMATIC CONDITIONS

Abstract. The researchers carried out fragmentary assessment of the impact of total radiation and air temperature and relative humidity on forecasted adiabatic process of wheat grain drying - in the SPA-20 silo working with a solar collector. Estimated fuel oil savings resulting from the use of flat solar collectors for drying of ca. 60% of total grain obtained in the vicinity of Wrocław may reach 400 tons.

Key words: solar collector, wheat grain drying

Adres do korespondencji:

Stanisław Peroń; e-mail: peron@imr.ar.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chelmońskiego 37/41
51-630 Wrocław