

## METHODS FOR MEASURING THE DURABILITY OF SOLID BIOFUEL

### Summary

*Various kinds of methodology for measuring the durability of solid biofuels obtained by condensation of biomass have been discussed. Discrepancy of measurements obtained by using different methodologies and consequently inability to compare them has been pointed out. Introduction of dynamic cohesion, as a physical-and-mechanical quantity characterizing durability of biomass agglomerates has been proposed.*

## METODYKI POMIARU WSPÓŁCZYNNIKA TRWAŁOŚCI BRYKIETOWANYCH BIOPALIW STAŁYCH

### Streszczenie

*Omówiono metodyki pomiaru współczynnika trwałości biopaliw stałych otrzymywanych przez zagęszczanie biomasy. Wskazano na rozbieżność wyników pomiarów otrzymywanych przy zastosowaniu różnych metod i w konsekwencji brak możliwości ich porównania. Zaproponowano wprowadzenie „spoistości dynamicznej”, jako wielkości fizykomechanicznej charakteryzującej trwałość aglomeratów biomasowych.*

### 1. Wprowadzenie

Europejski Komitet Normalizacyjny CEN powołał w 2000 roku Komitet Techniczny TC 335, któremu powierzono m.in. prace w zakresie opracowania i ujednoczenia procedur badawczych dotyczących formowalnych biopaliw stałych. Większość z tych prac została już zakończona. W bieżącym roku kraje wchodzące w skład CEN powinny zakończyć prace przygotowawcze do wdrożenia normy dotyczącej metod oznaczania trwałości mechanicznej peletów i brykietów. Oznacza to, że zarówno polscy producenci jak i laboratoria zajmujące się tą problematyką będą zmuszeni do ich przestrzegania.

Jakkolwiek termofizyczne właściwości biopaliw stałych (wartość opałowa i ciepło spalania) oraz ich właściwości chemiczne, jak zawartość szkodliwych pierwiastków czy związków chemicznych oraz części lotnych [1], determinują w głównej mierze ich przydatność dla celów opałowych, to określenie trwałości, jako parametru jakościowego, bywa niejednokrotnie kłopotliwe. Zgodnie z definicją zaproponowaną przez CEN: *trwałość jest miarą odporności biopaliwa stałego na wstrząsy i/lub na ścieranie w wyniku procesów transportu i przeładunku* [2]. Określa się ją *współczynnikiem trwałości* (lub *trwałością mechaniczną*).

Współczynnik trwałości jest to odporność biopaliwa stałego, otrzymanego w wyniku zagęszczenia biomasy, na osypywanie podczas tzw. próby kręconej na stanowisku pomiarowym.

Współczynnik trwałości oblicza się za pomocą wzoru:

$$\Psi = m_{bt} \cdot m_b^{-1} \cdot 100 \text{ [%]},$$

gdzie:

$\Psi$  - współczynnik trwałości [%],

$m_b$  - masa brykiету przed próbą [g],

$m_{bt}$  - masa brykiету po przeprowadzonej próbie [g].

Odporność na ścieranie i kruszenie należą do cech fizykomechanicznych brykietów, które wynikają z ich gęstości i wilgotności [3], a także rodzaju i stanu maszyny brykietu-

jącej. Aglomeraty wykonane na brykieciarce mechanicznej mają budowę plastrową, co nie pozostaje bez znaczenia dla ich trwałości.

### 2. Cel, przedmiot i metodyka badań

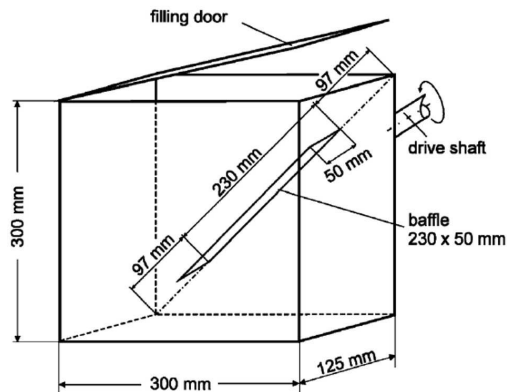
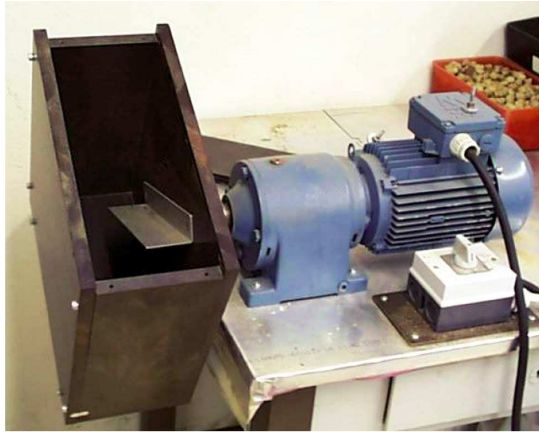
Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie istniejących i stosowanych metodyk określających procedury badawcze przy wyznaczaniu współczynnika trwałości. Zastosowano tutaj metodę opisową oraz metodę analizy procedur badawczych, do której dane zebrano na podstawie dostępnej literatury.

### 3. Stanowiska badawcze

W Polsce, jak dotąd, brakuje norm, które określałyby parametry jakościowe oferowanych w handlu brykietów przeznaczonych do bezpośredniego spalania [4]. Wspomniane we wprowadzeniu normy jeszcze nie obowiązują, a stosowane dotąd procedury badawcze w zakresie metodyki wyznaczania współczynnika trwałości różnią się między sobą.

Należy rozróżnić stanowiska badawcze do określania współczynnika trwałości peletów (granulatu) i brykietów, chociaż dla brykietów o niewielkich średnicach ( $\phi=30$  mm) stosuje się stanowiska do badania peletów [4].

Stanowisko to (rys. 1) wykonane jest w oparciu o normę ASAE S 269.4 [5] i składa się z prostopadłościennego pojemnika o wymiarach 300x300x125 mm z uchylnymi drzwiczkami na krótszym boku. Metoda pomiaru polega na umieszczeniu peletów (brykietów) w opisanym pojemniku i poddaniu ich przypadkowym zderzeniom podczas obrotu pojemnika, napędzanego silnikiem elektrycznym, z prędkością obrotową 50 min<sup>-1</sup> w czasie  $t=10$  min., a następnie ręcznym przesianiu przez sito o oczkach o  $\phi=3,15$  mm i obliczeniu współczynnika trwałości zgodnie z podanym wcześniej wzorem. Możliwe jest również zastosowanie stanowiska badawczego podwójnego (rys. 2).



Rys. 1. Stanowisko badawcze do wyznaczania współczynnika trwałości peletów

Fig. 1. The test stand for determining durability coefficient of the pellets



Rys. 2. Stanowisko badawcze duo do wyznaczania współczynnika trwałości peletów [6]

Fig. 2. Pellet duo tester[6]

Rys. 3 i 4 przedstawiają stanowisko badawcze przeznaczone głównie do badania współczynnika trwałości brykietów. Jest ono również oparte o normę ASAE S 269.4 [7]. Stanowisko to zbudowane jest z prostopadłościanu o wymiarach 300x300x460 mm o krawędziach wykonanych z kształtownika 25x25x3 mm obudowanych siatką stalową o oczkach 12x12 mm, którego oś obrotu przechodzi przez przekątną prostopadłościanu. Dokładny opis stanowiska podali Adamczyk i in. [8] na podstawie metodyki opracowanej przez Olszewskiego [9] dla badania osypywania się

brykietów paszowych. Badania współczynnika trwałości przeprowadza się ważąc materiał przed i po próbie trwającej 5 min., dla prędkości obrotowej bębna wynoszącej 20  $\text{min}^{-1}$ . Takie same parametry pracy bębna przyjęto w badaniach dla stanowiska pokazanego na rys. 4. Różnica prowadzonych badań polegała na tym, że w tym przypadku do stanowiska wprowadzano ok. 500 g brykietów i po wykonaniu przez bęben 70 obrotów, podczas których brykiety przemieszczały się w sposób przypadkowy, stanowisko wyłączano [10], podczas gdy w badaniach przeprowadzonych w PIMR wprowadzano do stanowiska jedynie 3 szt. brykietów. Inną metodykę dla takiego stanowiska badawczego zaproponowali Niedziółka i in. [11], przeprowadzając próby przy prędkości obrotowej bębna wynoszącej 14  $\text{min}^{-1}$ . Warto w tym miejscu zauważyć, że pomimo zastosowania w badaniach podobnego stanowiska, procedury badawcze zasadniczo się między sobą różnią. Może to powodować niespójność wyników i niemożność prowadzenia badań porównawczych.



Rys. 3. Stanowisko badawcze do wyznaczania współczynnika trwałości brykietów PIMR Poznań [8]

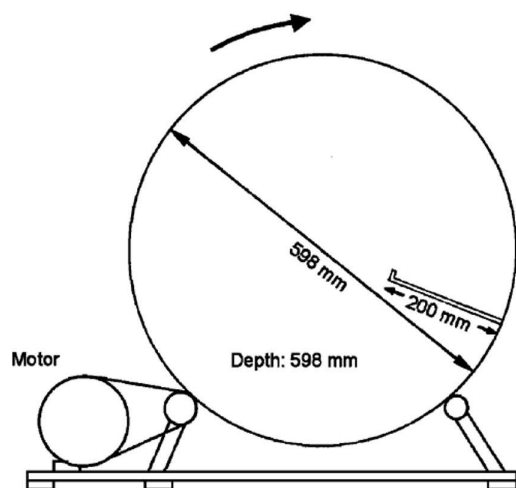
Fig. 3. The test stand for determining durability coefficient of the briquettes[8]



Rys. 4. Stanowisko badawcze do wyznaczania współczynnika trwałości brykietów. Instytut Inżynierii Rolniczej UP Poznań

Fig. 4. The test stand for determining durability coefficient of the briquettes. Institute of Agricultural Engineering Poznan University of Life Sciences

Na rys. 5 przedstawiono inny rodzaj stanowiska do badania współczynnika trwałości. Składa się ono z bębna o średnicy wewnętrznej  $\phi=598$  mm napędzanego silnikiem elektrycznym wyposażonym w przekładnię pasową pozwalającą na uzyskanie prędkości obrotowej bębna wynoszącej  $21 \text{ min}^{-1}$ . Bęben posiada zasuwę o wymiarach  $200 \times 598$  mm. Badany materiał umieszcza się w bębnie i poddaje próbie stosując kolejno 105, 210, 315, 410 i 630 obrotów, przy czym po każdej próbie materiał jest poddawany kontroli za pomocą siatki drucianej o wymiarach 30-40 mm zgodnie z normą ISO 3310-1 i ważony z dokładnością do 0,1 g.



Rys. 5. Schemat testera trwałości brykietów  
Fig. 5. Principle of the briquette durability tester

#### 4. Podsumowanie

Przedstawione powyżej metodyki badań współczynnika trwałości różnią się między sobą. Otrzymane za pomocą tych metod wyniki badań współczynnika trwałości wykluczają ich porównanie. Stosowane procedury nie określają również w jaki sposób należy klasyfikować brykiety, które podczas próby rozwarstwiają się (rys. 6).



Rys. 6. Rozwarstwienie brykietów  
Fig. 6. Stratification of briquettes

Zazwyczaj podczas badań nie wprowadza się zróżnicowania pod względem długości i takie brykiety traktuje się jako całe, co nie powinno mieć miejsca, gdyż powierzchnia brykietu ulega znacznemu powiększeniu i w efekcie może wpływać na skrócenie czasu spalania z jednej strony, zaś z drugiej zwiększać ryzyko powstania większej ilości drob-

nych frakcji podczas przeładunku i transportu, co nie sprzyja komfortowi obsługi [12].

Konieczność wprowadzenia ujednoczonych procedur badawczych winna uwzględniać specyfikę materiału roślinnego, który ulega zagęszczaniu w różnych brykietciarkach, przy zróżnicowanych parametrach pracy.

Gęstość i wilgotność brykietów są wielkościami, które wpływają na spoiwość brykietów, stąd należy wprowadzić do oceny trwałości inną niż dotychczas stosowaną wielkość fizyczną, która pozwoli w sposób mniej skomplikowany ocenić podatność brykietów na ścieranie i kruszenie. W Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu trwają obecnie końcowe prace nad wprowadzeniem pojęcia i określeniem procedur badawczych *spoiwości dynamicznej* jako alternatywy *współczynnika trwałości*.

#### 5. Literatura

- [1] Zawistowski J.: Współspalanie biomas drzewnej z węglem – szybszy rozwój energetyki odnawialnej. *Ekologia Praktyczna*, z 7-8/2003, s. 8.
- [2] CEN/TS 15210-2:2005: E. Solid biofuels - Methods for the determination of mechanical durability of pellets and briquettes - Part 2: Briquettes. Technical specification. European Committee for Standardization. Brussels, 2005.
- [3] Hejft R.: Ciśnieniowa aglomeracja pasz i podstawy konstrukcji urządzeń granulująco-brykietujących. Politechnika Białostocka, 1991.
- [4] El Saeidy E.: Technological Fundamentals of Briquetting Cotton Stalks as a Biofuel. Praca doktorska. Humboldt-Universität. Berlin, 2004.
- [5] ASAE, 1997a. ASAE S269.4, Cubes, pellets, and crumbles - Definitions and method for determining density, durability, and moisture. Standards 1997. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI.
- [6] Toscano G.: Biomass characterization: an importat issue for the trading. Solid biomass utilization and trade for heat and power in Europe – status and outlook. Bioenergy Expo. Fieragricola Verona, 05.02.2010.
- [7] Olaoye J., Alonge A., Adams B.: Effect of die diameter, mix ratio and compressive force on briquetting of oil palm much. *Nigerian Journal of Technological Development*, vol 3(1) December 2003.
- [8] Adamczyk F. i in.: Trwałość brykietów ze słomy przeznaczonej na opał, uzyskanych metodą zwijania. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2006, Vol. 51(1), str. 33-36.
- [9] Olszewski T.: Dobór optymalnych parametrów zespołu brykietującego zielonki metodą zwijania. Praca doktorska. Akademia Rolnicza w Poznaniu, 1973.
- [10] Fiszer A.: Badania porównawcze współczynnika trwałości brykietów ze słomy. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2008, Vol. 53 (3) s. 69-70.
- [11] Niedziółka I., Szymanek M., Zuchniarz A.: Ocena trwałości brykietów wytworzonych z masy roślinnej kukurydzy pastewnej. *Inżynieria Rolnicza* nr 9 (107)/2008, s. 235-240.
- [12] Temmerman M. i in.: Comparative study of durability test methods for pellets and briquettes. *Biomass and Bioenergy* 30 (2006), s.964-972.