



---

# Meranie kvalitatívnych a kvantitatívnych parametrov guľového peletovacieho lisu

*Peter BIATH<sup>1,\*</sup>, Ľubomír ŠOOŠ<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Strojnícka fakulta STU v Bratislave, Nám. Slobody 17, 81231 Bratislava*

\* **Email:** peter.biath@stuba.sk

---

*Príspevok sa venuje popisu merania prevádzkových parametrov guľového peletovacieho lisu a tiež ich analýze a vyhodnoteniu. Meranie prebehlo pri peletovaní podrvenej sóje. Parametre stroja môžeme rozdeliť na kvantitatívne a kvalitatívne, kde kvantitatívne sú napr. hodinový výkon lisu a kvalitatívne hustota peliet. Na meranie prevádzkových parametrov sme použili merací stend. Merací stend bol navrhnutý podľa požiadaviek na meranie daných parametrov. Po experimente boli namerané hodnoty vyhodnotené a analyzované. Z nameraných získaných priamych a vypočítaných parametrov boli pre nás najpodstatnejšie príkon stroja, teplota stroja, hodinový výkon a spotreba energie na výrobu jednotkového množstva peliet.*

**Kľúčová slova:** meranie, prevádzkové parametre, guľový peletovací lis

---

## 1 Úvod

Tento článok je zameraný na popis experimentu meranie prevádzkových (kvalitatívnych a kvantitatívnych) parametrov guľového peletovacieho lisu. Z nameraných parametrov lisu sú vypočítané ďalšie prevádzkové parametre, ktoré je nevyhnutné poznať pre správne nasmerovanie výskumu v oblasti guľových peletovacích lisov.

## 2 Realizácia experimentu

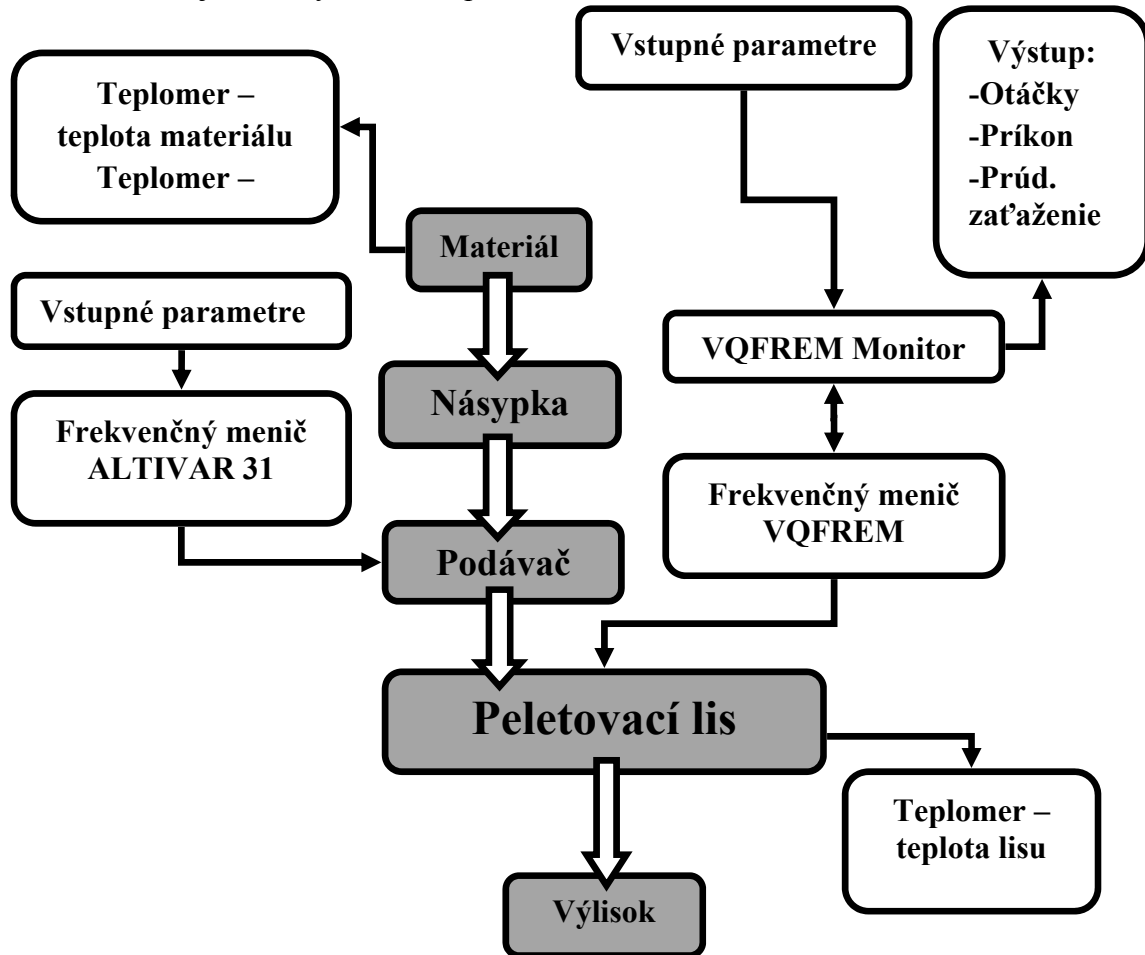
Realizácia experimentu prebehla v laboratóriách ÚSETM na strojníckej fakulte v Bratislave. Prvým krokom realizácie experimentu je príprava materiálu a kontrola jeho vlastností. Príprava a kontrola vlastností vstupného materiálu (Rozloženie frakcie, vlhkosť, teplota) bude vykonávaná na experimentálnych zariadeniach ako vlhkomer, preosievacie zariadenie a presné váhy. Pripravený materiál bude zhutňovaný na peletovacom lise, ktorý je súčasťou experimentálnej zostavy (Obr.1). Po zhutňovaní budú kontrolované vlastnosti výliskov – hmotnosť, rozmery a hustota výliskov.

### 2.1 Experimentálna zostava

Experimentálna zostava pozostáva z peletovacieho lisu, podávača s násypkou, frekvenčných meničov určených na riadenie elektromotoru lisu a podávača, teplomerov a počítača so



softvérom na riadenie frekvenčného meniča lisu. Nastavenie parametrov hlavného pohonu peletovacieho lisu sa zadáva pomocou frekvenčného meniča. Na zistenie výkonových charakteristík hlavného pohonu peletovacieho lisu sme použili softvér, ktorý umožní zaznamenávanie jednotlivých veličín počas merania – VQ Frem monitor.



Obr. 1 Experimentálna zostava určená na merania na guľovom peletovacom lise

### 3 Priebeh merania

Počas experimentu sme peletovali podrvenú sóju do formy peliet. Peletovanie sóje sa vyznačovalo hladkým a tichým chodom v dôsledku vysokého obsahu tukov v materiály. Materiál mal vhodnú frakciu preto bol dobre strhávaný do záberu do lisovacej komory. Materiál bol dodávaný pomocou podávača s konštantnými otáčkami tak, aby sa vstup do tela lisu nepreplňoval a tým sa materiál nezačal klenbovať. V prípade klenbovania materiálu je potrebné doplnujúce zatláčanie materiálu do záberu a tým následne vznikajú časové prestoje a znižuje sa hodinový výkon lisu.

Peletovanie prebiehalo pri rôznych nastaveniach stroja, ktoré sa týkali rozdielnych rýchlostí otáčok lisovacích nástrojov. Teplota stroja pre každým meraním bola nastavená na 40°C a bola pravidelne meraná počas merania. Následne sme sledovali kvantitatívne a kvalitatívne parametre stroja. V tabuľke 1 sú uvedené fixné parametre nastavené na stroji počas peletovania, taktiež sú tam uvedené namerané priemerné hodnoty sledovaných veličín a poslednú časť tvoria vypočítané hodnoty kvantitatívne parametre lisu.



Tab. 1 Nastavenie stroja, namerané hodnoty a vypočítané hodnoty.

<i>Nastavenie stroja</i>		<i>Namerané hodnoty</i>			<i>Vypočítané hodnoty – kvantitatívne parametre stroja</i>	
<b>Otáčky nástroja (ot./min).</b>	<b>Frekvencia motora (Hz)</b>	<b>Prúd (A)</b>	<b>Príkion (kW)</b>	<b>Teplota (°C)</b>	<b>Hodinový výkon (kg/hod)</b>	<b>Energetická náročnosť kWh/kg</b>
11.7 (50%)	25	4.75	0.71± 0.024	40 – 57	10.38 ± 0.38	0.069 ± 0.0034
14.1 (60%)	30	4.83	0.83 ±0.014	40 – 60	12.45 ± 0.83	0.067 ± 0.0046
18.8 (80%)	40	4.95	0.83 ±0.054	40 – 62	15.71 ± 0.38	0.053 ± 0.0033
23.5 (100%)	50	4.35	0.78 ±0.033	40 - 54	18.48 ± 0.41	0.042 ± 0.0021

Hodnotu hodinového výkonu vypočítame zo vorca:

$$W = \frac{m}{t} \quad [\text{kg.hod}^{-1}] \quad (1)$$

Kde W je hodinový výkon [kg.hod<sup>-1</sup>], m je hmotnosť peliet [kg], t je čas peletovania [hod].

Hodnotu energetickej náročnosti potom vypočítame podľa nasledujúceho vzorca:

$$F_e = \frac{P}{W} \quad [\text{kW.hod/kg}] \quad (2)$$

Kde F<sub>e</sub> je energetická náročnosť stroja [kW.hod/kg], P je príkon stroja [kW] a W je vyššie spomínaný hodinový výkon stroja [kg/hod.]

Z každej odobratej vzorky sme odobrali sedem vzoriek peliet u ktorých sme zistili ich hustotu. Hustota peliet predstavuje jeden z kvalitatívnych parametrov stroja. V nasledujúcej tabuľke (tab. 2) sú uvedené priemerné hodnoty hustoty peliet pre štyri nastavenia stroja. Výsledné vypočítané hustoty peliet dosahovali vo všetkých prípadoch hodnotu vyššiu ako 1000 kg/m<sup>3</sup>, čo je základný predpoklad výroby kvalitných výliskov – peliet. Hustotu peliet sme vypočítali podľa známeho vzorca (3), kde ρ<sub>n</sub> je hustota pelety, m<sub>n</sub> je hmotnosť pelety a V<sub>n</sub> je objem pelety. Pre zistenie objemu pelety sme museli odmerať jej priemer a dĺžku.

$$\rho_n = \frac{m_n}{V_n} \quad [\text{g.cm}^{-3}] \quad (3)$$

Tab. 2 Priemerná hustota peliet zo sóje

<i>Nastavenie stroja</i>		<i>Vypočítané hodnoty</i>
<b>Otáčkový nástroja (ot./min).</b>	<b>Frekvencia motora (Hz)</b>	<b>Hustota peliet (kg/m<sup>3</sup>)</b>
11.7 (50%)	25	1042.12 ± 2.24
14.1 (60%)	30	1059.31 ± 9.81
18.8 (80%)	40	1072.52 ± 15.22
23.5 (100%)	50	1086.86 ± 11.04



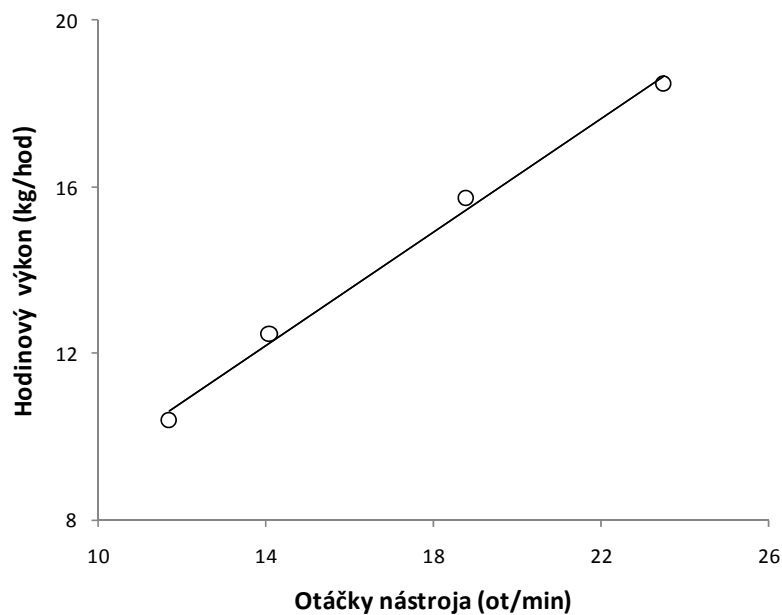
## 4 Vyhodnotenie experimentu a analýza výsledkov

Namerané hodnoty z experiment sme vyhodnotili graficky v dvoch grafoch. Prvý graf popisuje správanie sa hodinového výkonu v závislosti od zvyšovania otáčok lisovacích nástrojov. Druhý graf popisuje závislosť energetickej náročnosti od hodinového výkonu stroja.

Graf 1 popisuje správanie sa hodinového výkonu pri postupnom zvyšovaní otáčok stroja. Otáčky stroja boli zvyšované nasledovne: 50%, 60%, 80%, 100%. Výsledná rovnica trendovej čiary je potom v tvare:

$$W = 0,681.n + 2,66$$

Kde  $W$  je hodinový výkon stroja [kg/hod] a  $n$  sú otáčky nástroja [ot/min]. Uvedená rovnica je v tvare  $y=k.x+q$ . Koeficient  $k$  vyjadruje tangens uhla  $\phi$ , ktorý zvierá priamka s osou  $x$ . Čiže  $\text{tg}\phi=0,681$ . A teda  $\phi=34,3^\circ$ . Z toho potom vyplýva, že pri zvýšení otáčok nástroja z 50% na 100%, čiže dvakrát, hodinový výkon narastie iba 1,36 krát. Hodnota spoľahlivosti  $R^2=0,994$ . Správanie sa hodinového výkonu lisu je spôsobené nevhodne zvoleným materiálovým vstupným otvorom do lisovacieho priestoru a tiež tým, že materiál nie je do lisovacieho priestoru dotláčaný podávacou závitovkou.

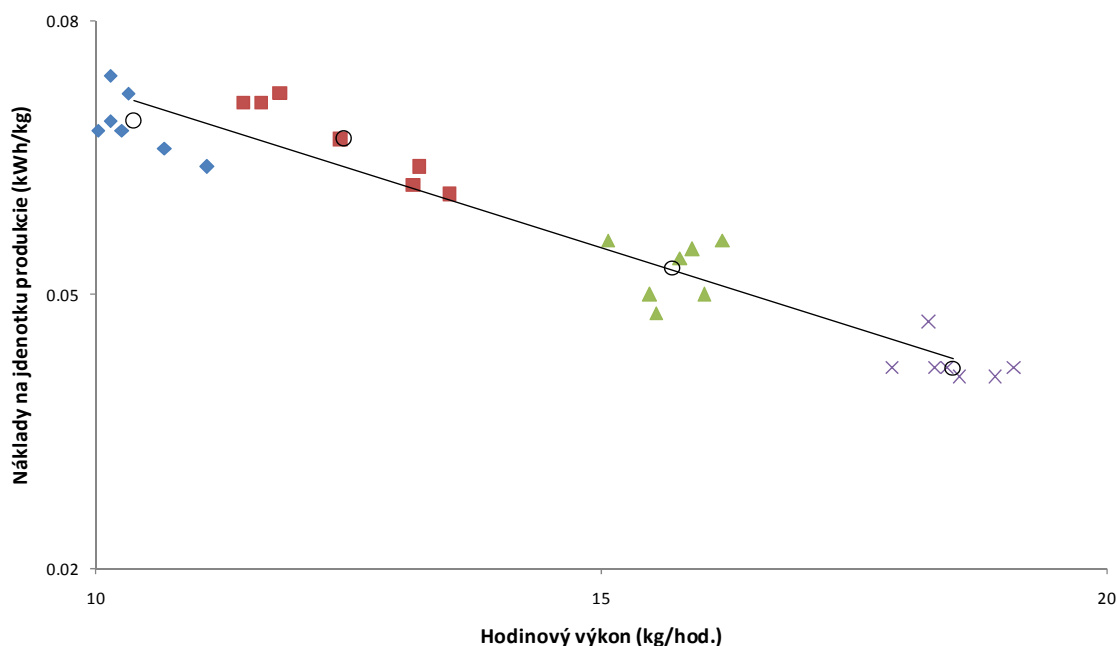


Graf 1 Závislosť hodinový výkon - otáčky nástroja.

Graf 2 popisuje závislosť energetickej náročnosti lisu od hodinového výkonu lisu. Energetickú náročnosť vyjadrujeme ako pomer príkonu lisu k jeho hodinovému výkonu. V grafe sú štyri množiny bodov, ktoré predstavujú namerané hodnoty pri štyroch nastaveniach stroja. Lineárna trendová čiara poukazuje na znižujúce sa náklady na jednotku produkcie pri zvyšujúcom sa výkone peletovacieho lisu. Rovnica spoľahlivosti  $R^2$  má v tomto prípade hodnotu  $R^2=0,968$ . Rovnica priamky trendovej čiary má tvar:

$$F_e = -0,003.W + 0,107$$

Kde  $F_e$  je energetická náročnosť [kWh/kg] a  $W$  je hodinový výkon lisu [kg/hod].



Graf 1 Závislosť energetickej náročnosti od hodinového výkonu stroja.  
◇ – 11,7 ot/min. □ – 14,1 ot/min. Δ - 18,8 ot/min. + – 23,5 ot/min. ○ – priemerné hodnoty

## 5 Záver

Namerané hodnoty jednotlivých parametrov lisu a tiež vypočítané odvodené hodnoty parametrov nám ukazujú ako sa guľový peletovací lis správa pri peletovaní jedného materiálu, ktorým bola v tomto prípade sója. Z nameraných hodnôt príkonu peletovacieho pri peletovaní sóje pri rôznych natsveniach a hmotnosti vyrobených peliet za daný časový úsek sme vypočítali dva základné parametre peletovacieho lisu: hodinový výkon lisu a energetickú náročnosť lisu. Z grafu 1 vyplýva, že strhávanie materiálu a zahlcovanie priestoru lisovacej komory pri zvyšovaní otáčok je síce lineárne avšak pri zvýšení otáčok na dvojnásobok (z 50% na 100%) sa hodinový výkon zvýši 1,36-krát. Tento fakt poukazuje na konštrukčné nedostatky lisu. Vytupný otvor do lisovacieho priestoru je zle umiestnený a lisovaný materiál nie je kontinuálne dodávaný. To sa dá vyriešiť posunutím vstupného otvoru do vhodnej pozície taká by materiál vstupoval do lisovacieho priestoru tangentne ku guľi. A tiež je potrebné zabezpečiť podávaciu závitovku, ktorá zabezpečí kontinuálne dodávanie materiálu do lisovacieho priestoru.

Z grafu 2 vyplýva, že zvyšovaním hodinového výkonu lisu zabezpečíme nižšiu energetickú náročnosť čiže v konečnom dôsledku aj nižšie náklady na výrobu peliet.

Ďalší vývoj v tejto oblasti sa bude uberať smerom ku konštrukčným zmenám lisu, a to hlavne posunutie vstupného otvoru lisu. Tiež bude potrebné zabezpečiť podávaciu závitovku, ktorá zabezpečí kontinuálne dodávanie materiálu do lisovacieho priestoru.

## PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol na základe výsledkov výskumu realizovaného projektu č. APVV-0857-12 s názvom "Výskum trvanlivosti nástrojov progresívnej konštrukcie zhutňovacieho



---

stroja a vývoj adaptívneho riadenia procesu zhutňovania" finančne podporeného Agentúrou na podporu výskumu a vývoja.

### **Použitá literatúra**

- [1] Optimalizácia guľového peletovacieho lisu na základe merania prevádzkových parametrov. **Biath, Peter**. Bratislava, Slovenská republika. Dizertačná práca. 2015.
- [2] Porovnanie energetickej efektívnosti peletovacích lisov s výkonom do 500kg/hod. **Biath, Peter**. Lednice, Česká republika : Energie z biomasy XIV, 2013.
- [3] Hodinový výkon guľového peletovacieho lisu . Biath, Peter a Šooš, Ľubomír. Lednice, Česká republika : Energie z biomasy XV., 2014.
- [4] STN EN 16127. *Tuhé bpalivá. Stanovenie dĺžky a priemeru peliet*. Bratislava : Slovenský ústav technickej normalizácie, 2012.