

Acta technologica agriculturae 1  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2011, s. 1–4

## VYUŽITIE DETERMINISTICKÉHO CHAOSU V KOMUNIKAČNÝCH TECHNOLÓGIÁCH THE USE OF DETERMINISTIC CHAOS IN COMMUNICATION TECHNOLOGIES

Martin OLEJÁR, Miroslav PAP, Vladimír CVIKLOVIČ, Zuzana PALKOVÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

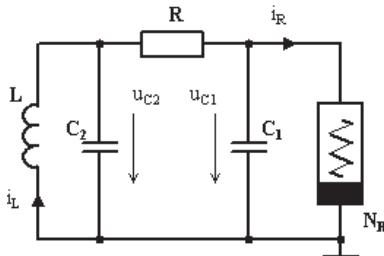
This article deals with possibilities of using the Chua circuit to design a reliable communications system. The concept uses the deterministic chaos for the encryption (masking) of information signal using a chaotic modulation. In order to remove the chaotic signal and re-obtain the information signal it is necessary to know exactly the parameters of the Chua circuit. The reliability of the system depends on the sensitivity of synchronization to change the parameters. Other applications, where the unpredictability of deterministic chaos could be used, are as follows: generation of guard random numbers, design of improved white and coloured noise generators.

**Key words:** Chua circuit, MATLAB, cryptography, deterministic chaos

Chaos v elektrických obvodoch je zaujímavý nielen z teoretického (Guzan, 2009), ale i praktického hľadiska. Základnú nepredvídateľnosť deterministického chaosu je možné použiť pre návrh zlepšených bielych a farebných šumových generátorov, pre generovanie zabezpečovacieho náhodného čísla, alebo v systémoch, ktoré sú zostavené z dvoch alebo viacerých chaotických obvodov pre šifrovanie signálov a zabezpečovanie komunikácie. Cieľom článku je poskytnúť teoretické a praktické podklady pre študovanie nielen samotného Chuaovho obvodu generujúceho deterministický chaos, ale aj jednej z možností jeho využitia pri šifrovani signálov. Zatiaľ čo diferenciálne rovnice a mechanické systémy poskytnú vhodnú kostru v ktorej skúmame chaos, elektronické obvody sú jedinečné tým, že sa jednoducho realizujú, jednoducho merajú a modelujú. Ďalej fungujú v reálnom čase a hodnoty parametrov sa dajú jednoducho nastaviť. Význam Chuaovho obvodu a jeho príbuzných obvodov je, že môžu ukázať rôzne typy atraktorov, ktoré v trojrozmernom priestore zodpovedajú danému dynamickému systému (Guzan, 2009; Sobota, 2010). Pri bohatej rôznorodosti komplexných dynamik, obvody sú dosť jednoduché, preto je ich možné skonštruovať použitím štandardných elektronických súčiastok a modelov.

### Materiál a metódy

Základnou myšlienkovou je využitie chaotickej modulácie na prenos informácií a chaotickej synchronizácie na jeho opäťovné získanie. Výhoda chaotického signálu pri modulácii je hlavne v jeho



Obrázok 1 Základné zapojenie Chuaovho obvodu  
Figure 1 Basic connection of Chua's circuit

nepredvídateľnosti, čím dôjde k zamaskovaniu informačného signálu, s čím súvisí jeho zložitá opäťovná rekonštrukcia klasickými postupmi. Celý systém tvoria dva Chuaove obvody, ktoré generujú nosný chaotický signál slúžiaci na zamaskovanie resp. zašifrovanie a dešifrovanie signálu nesúčeho požadovanú informáciu. Základná schéma Chuaovho obvodu je na obr.1.

Obvodové stavové rovnice sú nasledovné:

$$\begin{aligned} C_1 \frac{du_{C_1}}{dt} &= G(u_{C_2} - u_{C_1}) - g(u_{C_1}) \\ C_2 \frac{du_{C_2}}{dt} &= G(u_{C_1} - u_{C_2}) + i_L \\ L \frac{di_L}{dt} &= -u_{C_2} - R_L i_L \end{aligned} \quad (1)$$

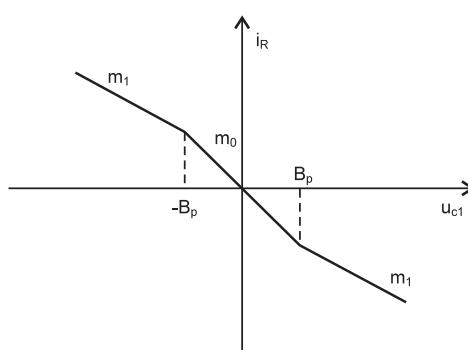
kde:  $G = 1/R$

$R_L$  – odpor indukčnosti

$g(u_{C_1})$  – V-A charakteristika  $N_R$  a je podľa Itoha (1994) vyjadrená takto:

$$g(u_{C_1}) = m_0 u_{C_1} + \frac{m_0 - m_1}{2} (|u_{C_1} + B_p| - |u_{C_1} - B_p|) \quad (2)$$

Grafické vyjadrenie V-A charakteristiky  $N_R$  je na obr. 2.



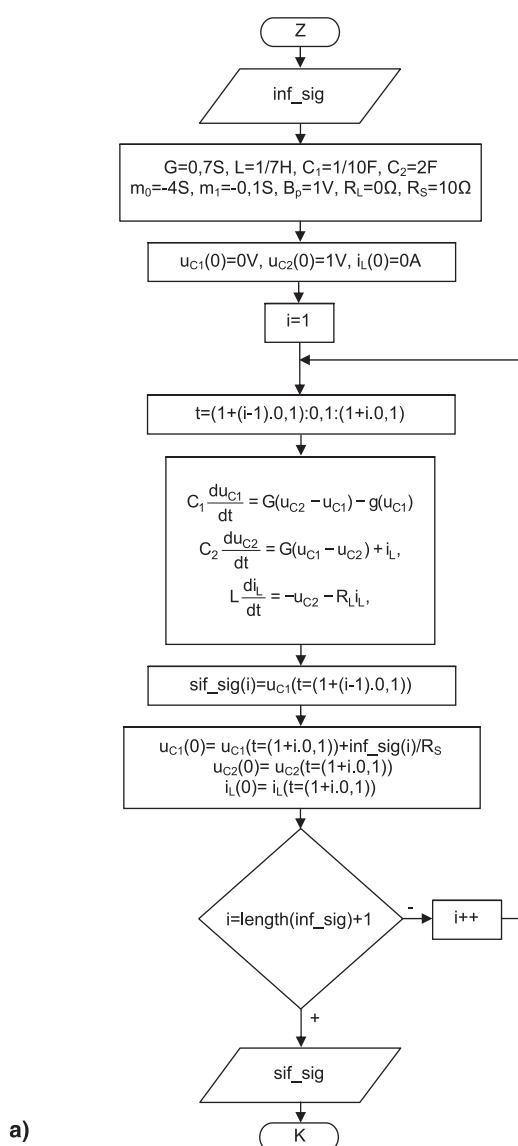
Obrázok 2 Trojsegmentová po častiach lineárna V-A charakteristika pre nelineárny rezistor  $N_R$  v Chuaovom obvode  
Figure 2 Three-segments PWL I-V characteristic for non-linear resistor  $N_R$  in Chua's circuit

Prostredníctvom počítačovej simulácie bolo dokázané, že chaotický atraktor sa objaví v Chuaovom obvode pre nasledujúce hodnoty parametrov (Matsumoto, 1985):

$$\begin{aligned} C_1 &= 1/10 \text{ F}; C_2 = 2 \text{ F}; L = 1/7 \text{ H}; G = 0,7 \text{ S}; \\ B_P &= 1 \text{ V}; m_1 = -0,1 \text{ S}; m_0 = -4 \text{ S} \end{aligned} \quad (3)$$

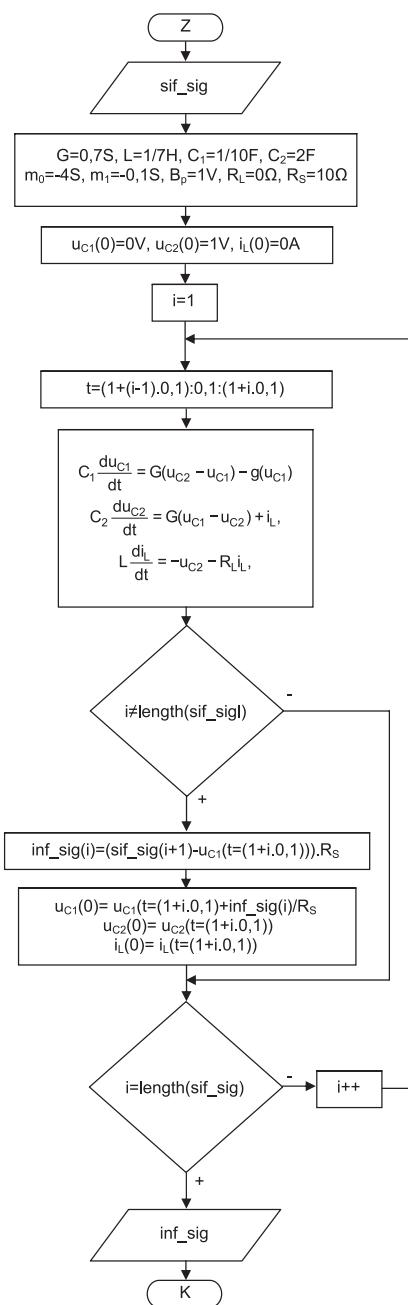
Princíp šifrovania informačného signálu je zobrazený na obr. 3a.

Prvým krokom pri šifrovani informačného signálu je nastavenie jednakej parametrov Chuaovho obvodu ktorimi sú  $G$ ,  $L$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $m_0$ ,  $m_1$ ,  $B_P$ ,  $R_L$  a  $R_S$  a taktiež počiatočných podmienok pre výpočet hodnôt  $u_{C1}$ ,  $u_{C2}$  a  $i_L$  zo sústavy diferenciálnych rovníc (1). Samotný výpočet sústavy diferenciálnych rovníc je vykonávaný po jednotlivých časových intervaloch, kde na konci výpočtu je do počiatočných podmienok pre ďalší časový interval k napätiu  $u_{C1}$  pripočítavaný informačný signál vydelený hodnotou  $R_S$ . Tento postup sa cyklicky opakuje dovtedy, kým nie je zašifrovaný celý informačný signál. Zjednodušene povedané informačný signál, ktorý je privádzaný do Chuaovho obvodu



Obrázok 3 Vývojové diagramy pre: a) šifrovanie informačného signálu, b) dešifrovanie informačného signálu  
Figure 3 Flow diagrams of: a) encryption of the information signal, b) decryption of the information signal

modifikuje napätie na kondenzátore  $C_1$ , čím mení charakter prenášaného chaotického signálu. Pri dešifrovaní (obr. 3b) informačný signál opäťovne získame tak, že v každom časovom intervale vypočítame rozdiel medzi prenášaným chaotickým signálom a signálom  $u_{C1}$  vypočítaným zo sústavy diferenciálnych rovníc. Potom tak ako pri šifrovaní aj pri dešifrovaní je výsledok rozdielu, ktorým je dešifrovaný informačný signál pripočítavaný k napätiu  $u_{C1}$ , čím dôjde k zmene počiatočných podmienok pre ďalší časový interval. Samotné dešifrovanie sa taktiež vykonáva cyklicky dovtedy, kým nezískame celý informačný signál. Dôležitou podmienkou, ktorá musí byť splnená na opäťovné získanie informačného signálu, je že parametre Chuaovho obvodu pri dešifrovaní informačného signálu musia byť rovnaké ako pri jeho šifrovani.



## Výsledky a diskusia

Pri šifrovani sme použili dátový (pravouhlý) signál. Na určenie vzájomnej podobnosti informačného a dešifrovaného informačného signálu a taktiež aj správnosti nastavených parametrov dešifrovacieho algoritmu budeme používať korelačný koeficient, ktorý je daný vzťahom:

$$R = \frac{\sum_n (A_n - \bar{A})(B_n - \bar{B})}{\sqrt{\left[ \sum_n (A_n - \bar{A})^2 \right] \left[ \sum_n (B_n - \bar{B})^2 \right]}}$$

kde:

$R$  – korelačný koeficient, ktorý môže nadobúdať hodnoty od -1 až po +1

$A_n$  –  $n$ -tá vzorka informačného signálu

$B_n$  –  $n$ -tá vzorka dešifrovaného informačného signálu

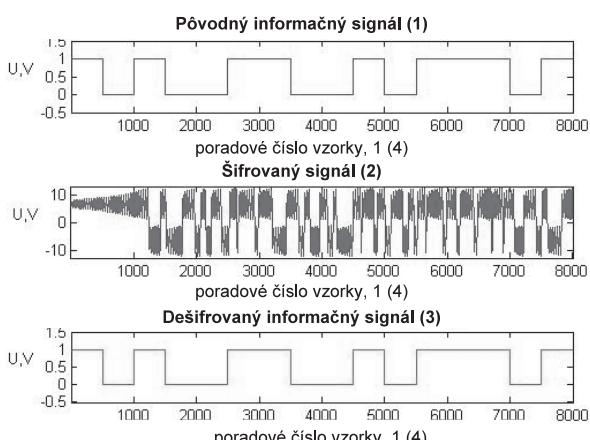
$\bar{A}$  – aritmetický priemer informačného signálu

$\bar{B}$  – aritmetický priemer dešifrovaného informačného signálu

Ak je hodnota korelačného koeficientu  $R = -1$  vyjadruje to nepriamu závislosť vektorov. Hodnota korelačného koeficientu  $R = 1$  vyjadruje priamu závislosť vektorov a ak je korelačný koeficient rovný 0, tak medzi vektormi nie je žiadna štatisticky zistiteľná závislosť.

Ak parametre Chuaovho obvodu pri šifrovacom a dešifrovacom algoritme sú totožné, korelačný koeficient vzájomnej podobnosti informačného a dešifrovaného informačného signálu je rovný 1, z čoho vyplýva že dešifrováním získame signál, ktorý je úplne zhodný s pôvodným informačným signálom. Tento výsledok je zobrazený aj graficky na obr. 4.

Ďalším z dôležitých faktorov, ktorý vplýva na kvalitu dešifrovania je presnosť parametrov Chuaovho odvodu. Hodnoty parametrov  $G$ ,  $L$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $m_0$ ,  $m_1$ ,  $B_P$ ,  $R_L$  výraznou mierou vplývajú na priebeh dešifrovaného signálu a tým aj na spätnú rekonštrukciu informačného signálu. Vplyv zmeny vybraných parametrov na korelačný koeficient uvádzame v tabuľke 1, pričom informačný signál je zhodný so signálom na obr. 4 (hore).



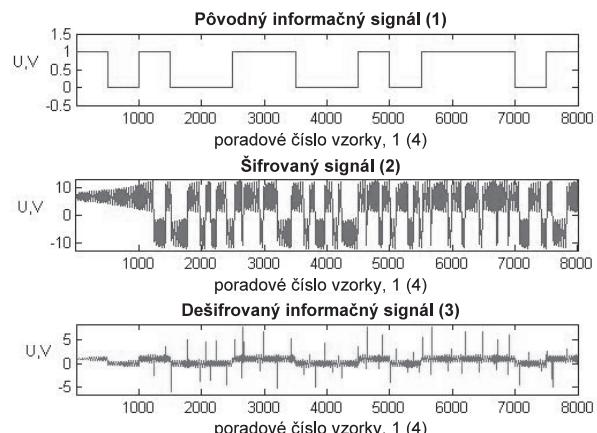
Obrázok 4 Priebehy pôvodného informačného signálu (vrchná časť obrázka), prenášaného šifrovaného signálu (stredná časť obrázka) a dešifrovaného informačného signálu (spodná časť obrázka)

Figure 4 Original information signal (the upper part of the picture), transmitted encrypted signal (middle part of the picture) and decrypted information signal (the lower part of the picture)  
(1) original information signal, (2) encrypted of the information signal, (3) decrypted information signal, (4) serial number sample

Tabuľka 1 Vplyv vybraných parametrov Chuaovho obvodu na hodnoty korelačného koeficientu

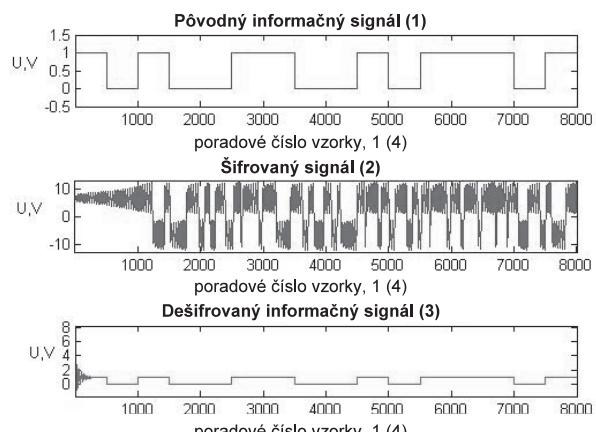
G,S	0,699	0,69	0,68
R,1	0,9928	0,5588	0,2393
C2, F	1,999	1,99	1,9
R, 1	0,9931	0,6558	0,1099
m0, S	-3,99	-3,9	-3,8
R, 1	0,9875	0,6230	0,4432

Table 1 The effect of selected parameters of the Chua circuit on the values of the correlation coefficient



Obrázok 5 Priebehy pôvodného informačného signálu (vrchná časť obrázka), prenášaného šifrovaného signálu (stredná časť obrázka) a dešifrovaného informačného signálu pri  $C_2 = 1,99$  F (spodná časť obrázka)

Figure 5 Original information signal (the upper part of the picture), transmitted encrypted signal (middle part of the picture) and decrypted information signal in  $C_2 = 1,99$  F (the lower part of the picture)  
(1) original information signal, (2) encrypted of the information signal, (3) decrypted information signal, (4) serial number sample



Obrázok 6 Priebehy pôvodného informačného signálu (vrchná časť obrázka), prenášaného šifrovaného signálu (stredná časť obrázka) a dešifrovaného informačného signálu pri  $u_{C2}(0) = 0,5$  V (spodná časť obrázka)

Figure 6 Original information signal (the upper part of the picture), transmitted encrypted signal (middle part of the picture) and decrypted information signal in  $u_{C2}(0) = 0,5$  V (the lower part of the picture)  
(1) original information signal, (2) encrypted of the information signal, (3) decrypted information signal, (4) serial number sample

Z tabuľky 1 je zrejmé, že pri dešifrovaní stačí malá zmena niektorého z parametrov Chuaovho obvodu na to, aby dešifrovaný signál bol výrazne odlišný od pôvodného informačného signálu, čo spôsobí nenávratnú stratu údajov. Tento vplyv je zobrazený aj graficky na obr. 5.

Ďalšie parametre, ktoré sa z počiatku javili ako nemenej dôležité pri dešifrovaní informačného signálu boli počiatočné podmienky pri samotnom šifrovaní a dešifrovaní. Simulácia však dokázala, že počiatočné podmienky pri dešifrovaní nemajú výrazný vplyv na dešifrovaný informačný signál. Výsledný dešifrovaný signál pri zmene počiatočných podmienok z  $u_{C2}(0) = 1$  V na  $u_{C2}(0) = 0,5$  V je zobrazený na obr. 6. Korelačný koeficient medzi pôvodným informačným signálom a dešifrovaným informačným signálom mal hodnotu  $R = 0,9596$ , čím je zrejmé že k strate informácie nedošlo.

### Záver

Hlavné výhody komunikačných systémov umožňujúcich šifrovanie signálov prostredníctvom chaotickej modulácie sú v jednoduchej realizácii s pomerne malými vstupnými nákladmi. Priebehy prenášaného chaotického signálu môžu maskovať ľubovoľný informačný signál, ak amplitúda tohto signálu je dostačne malá. Prenášané signály majú široké spektrum a tiež môžu maskovať spektrá vstupných informačných signálov. Na synchronizovanie chaotického signálu musíme veľmi presne poznáť parametre systému, aby sme odstránili maskovací signál. Tieto parametre systému slúžia ako „šifrovací kľúč“, pričom vzhľadom na neobmedzené množstvo hodnôt, ktoré môžu nadobúdať, je možné z hľadiska bezpečnosti šifrovania skonštovať, že navrhovaný systém je bezpečný na prenos či už dátových alebo analógových signálov.

### Súhrn

V tomto článku je spomenutá jedna z možností využitia Chuaovho obvodu pre konštrukciu spoľahlivého komunikačného systému. Myšlienkom systému je využiť deterministický chaos na zašifrovanie (zamaskovanie) informačného signálu prostredníctvom tzv. chaotickej modulácie. Na odstránenie chaotického signálu je potrebné presne poznáť parametre Chuaovho obvodu na to, aby sme mohli opäťovne získať informačný signál. Spoľahlivosť systému závisí od citlivosti synchronizácie na zmeny parametrov. Ďalšie z aplikácií, kde je možné využiť nepredvídateľnosť deterministického chaosu je napr. generovanie zabezpečovacieho náhodného čísla, alebo deterministický

chaos použiť pre návrh zlepšených bielych a farebných šumových generátorov.

**Kľúčové slová:** Chuaov obvod, MATLAB, šifrovanie, deterministický chaos

### Podakovanie

Tento príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia grantového projektu VEGA č. 1/0784/10.

### Literatúra

- GUZAN, M. 2009. Morfológia hraničnej plochy Chuaovho obvodu pri zmenách R In: SEKEL 2009: mezinárodní konference učitelů elektrotechniky : 15.–17. září 2009, Brno-Lednice, Brno : VUT, 2009, s. 83–90. ISBN 978-80-214-3934-4.
- GUZAN, M. – SOBOTA, B. 2009. Visualization of chaos, In: Journal of Electrical and Electronics Engineering, vol. 2, 2009, no. 1, p. 48–51. ISSN 1844-6035
- ITOH, M. – MURAKAMI, H. – CHUA, L. O. 1994. Communication Systems via Chaotic Modulations. In: IEICE Trans. Fundamentals; vol. E77-A, 1994, no. 6 June.
- MATSUMOTO, T. – CHUA, L. O. – KUMORO, M. 1985. The Double Scroll. In IEEE Transaction on Circuits and Systems; vol. 32, 1985, no. 8, p. 798–818.
- SOBOTA, B. – GUZAN, M. 2010. Macro and micro view on steady states in state space, In: Acta Univ. Sapientiae, Informatica, vol. 2, 2010, no. 1, p. 90–98. ISSN 1844-6086. <http://www.acta.sapienia.ro/acta-info/C2-1/info21-7.pdf>

Kontaktná adresa:

Ing. Martin Olejár, PhD., Katedra elektrotechniky, automatizácie a informatiky, Technická fakulta SPU v Nitre, Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR, +421-37-641 47 63, e-mail: Martin.Olejar@uniag.sk; Ing. Miroslav Pap, PhD., Katedra elektrotechniky, automatizácie a informatiky, Technická fakulta SPU v Nitre, Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR, +421-37-641 57 81, e-mail: Miroslav.Pap@uniag.sk; Ing. Vladimír Cvíklovíč, Katedra elektrotechniky, automatizácie a informatiky, Technická fakulta SPU v Nitre, Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR, +421-37-641 57 83, e-mail: vladimir.cviklic@gmail.com; doc. Ing. Zuzana Palková, PhD., Katedra elektrotechniky, automatizácie a informatiky, Technická fakulta SPU v Nitre, Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR, +421-37-641 47 65, e-mail: Zuzana.Palkova@uniag.sk

Acta technologica agriculturae 1  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2011, s. 5–7

## HODNOTENIE VPLYVOV PROCESU SUŠENIA NA POŠKODENIE ZRNA POTRAVINÁRSKEJ KUKURICE

### IMPACT'S EVALUATION IN DRYING PROCESS DAMAGES OF FOOD MAIZE GRAIN

Pavol FINDURA,<sup>1</sup> Jan TURAN,<sup>2</sup> Marek ANGELOVIČ,<sup>1</sup> Pavel ZEMÁNEK,<sup>3</sup> Miroslav PRÍSTAVKA,<sup>1</sup> Ondrej KURUC<sup>1</sup>

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika<sup>1</sup>  
Univerzita v Novom Sade, Srbsko<sup>2</sup>  
MZLU Brno, Česká republika<sup>3</sup>

Postharvest grain processing has a special importance for production and long – term grain quality. Drying is one of the most widespread conservation methods for grain and other agricultural products. Technological process of postharvest processing of the maize grain can significantly effects both the external and internal qualities of the grains. The aim of that paper is to evaluate the effect of drying temperature on the internal quality of maize grains.

**Key words:** postharvest grain processing, grain microdamage, HACCP, food maize

Po vstupe Slovenska do Európskej únie vznikajú nové požiadavky na poľnohospodárske komodity, preto aj na Slovensku prebieha diskusia o trendoch v pozberovej úprave zrnín. Uvedené trendy nás motivovali k výskumu zameranému na zisťovanie a hľadanie problematických (kritických) bodov v pozberovej úprave zrnín – predovšetkým v procese sušenia.

Leford (1985) uvádza, že najvhodnejšou technológiou z pohľadu minimálneho poškodzovania pri sušení zrnín vrátane kukurice je sušenie aktívnym prevetrávaním v nepohybnej vrstve atmosférickým vzduchom. Autor uvádza, že režim sušenia sa nemá radikálne lísiť od prirodzeného sušenia, čo vzhľadom na dobu sušenia týmto spôsobom nie je možné z výkonnostného hľadiska. Preto pri sušení treba dávať pozor na tieto vplyvy a skutočnosti. Na uvedené skutočnosti majú vplyv aj fyzikálno-mechanické vlastnosti jednotlivých plodín (Božíková a Hlaváč, 2010).

Výskumom v oblasti poškodzovania zrnín pri jej pozberovej úprave sa zaoberali aj Angelovič a Žídek (2005); Donnelly (1997); Žitňák (2000); Dowell (2006); Pearson (2006); Pecen (2006); Žídek (2006, 2007), ktorí navrhli rôzne metodiky ich hodnotenia.

Manažment pozberovej úpravy zrnín je pomerne zložitý proces. Na základe spoznania kvalitatívnych ukazovateľov z celkového hodnotenia využitím HACCP a na základe doterajších poznatkov sme sa rozhodli zhodnotiť v tomto príspevku samotný vplyv sušenia na kvalitatívne ukazovatele sledovaného materiálu a na jeho mikropoškodenie.

### Materiál a metódy

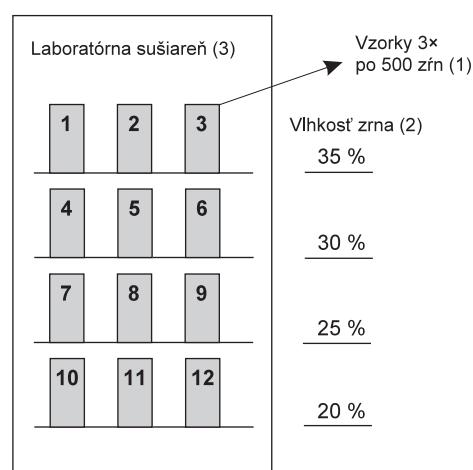
Biologický materiál bol použitý z podniku Agrodivízia Selice s.r.o., pričom metodiku práce sme rozdelení do niekoľkých etáp:  
 1. ručné vydrvenie zrín kukurice (aby neboli poškodené pracovou operáciou – výmlatom),  
 2. navlhčovanie zrín kukurice v exikátore,  
 3. sušenie v laboratórnej sušiarni a analýza vysušených vzoriek,  
 4. meranie mikropoškodenia zrín pomocou CCD kamery.

Analýzy z rozboru vnútorných parametrov klíčenie a obsah škrobu v zrnách sme dali preskúmať v certifikovanom laboratóriu firmy BelarGroup a.s.

Sušenie sme vykonali na základe schémy na obrázku 1 pre každú novú sadu vzoriek pri teplotách sušiaceho média: 120 °C, 90 °C, 70 °C, 50 °C.

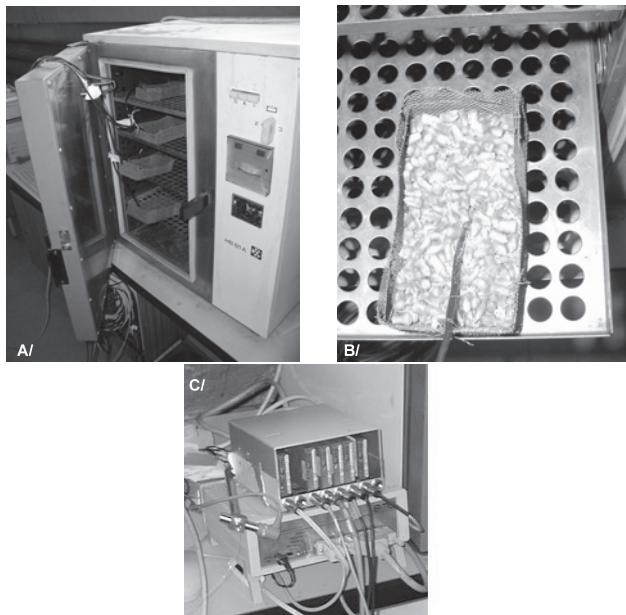
Na meranie teploty zrnín počas sušenia v laboratórnej sušičke sme zostavili zariadenie (obr. 2) na kontinuálne meranie teploty (tepelný snímač Pt 1000). Využili sme zariadenie ktoré umožňuje meniť analógový signál na digitálny. Ide o A/D prevodník od nemeckej firmy BMC Messsysteme MA-UNI. Ďalšou časťou je zariadenie na meranie údajov a ich záznam. Toto zariadenie je označované ako pamäťová karta iM1610.

Prístroj nami zhrozený na sledovanie mikropoškodenia zrín pozostáva z dvoch základných časťí. Prvou je zariadenie na zachytávanie videa v našom prípade sme použili TV – kartu Lieveview – Fly DVB – T Card Bus DUO (DVB – T Duo je produkt



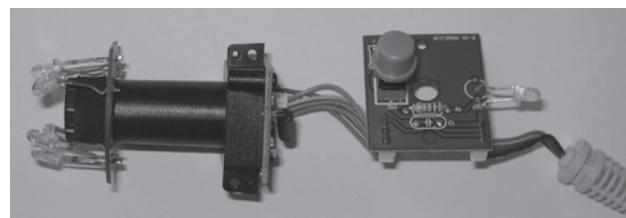
Obrázok 1 Schéma umiestnenia zrín pri rôznych vlhkostiach v laboratórnej sušiarni

Figure 1 Diagram of grain arrangement at various moistures in a laboratory drying chamber  
 (1) grain samples (3 × 500 grains), (2) grain moisture content, (3) laboratory dryer



**Obrázok 2** A/ detail sušiarne zo zhotovenými košmi na zrnový materiál a teplotnými snímačmi Pt 1000; B/ detail zhotoveného drôteného koša a meracieho snímača; C/ detail dataloggeru a A/D prevodníkov

**Figure 2** A/ detail of a drying chamber equipped with wire baskets for grain material and with platinum thermal resistors Pt 1000; B/ Detail of a wire basket and a measuring probe; C/ Detail of a datalogger and A/D converters



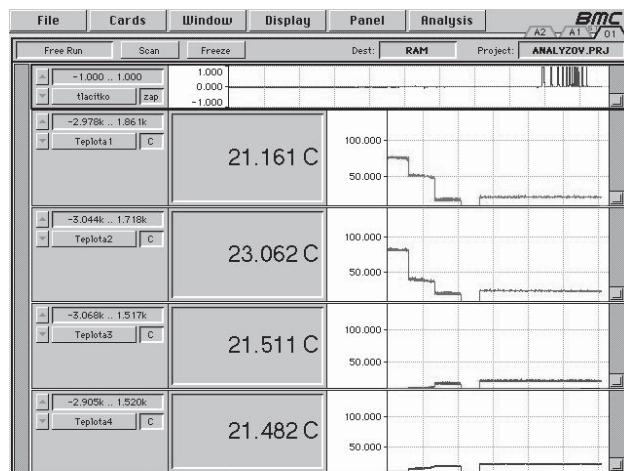
**Obrázok 3** Mikroskopická kamera po nami vykonanej úprave  
**Figure 3** The modified microscopic camera

umožňujúci formou PCMCIA karty zobrazit digitálne, aj analógový TV signál) a mikroskopickú kameru ktorú sme upravili. Analógová kamera má 100-násobné zväčšenie (obr. 3). Môžeme ju pripojiť k televízoru, ale aj pomocou TV karty alebo grabbera priamo k počítaču. Vstavaná LED sa postará o vždy optimálne osvetlenie objektov skúmania.

## Výsledky a diskusia

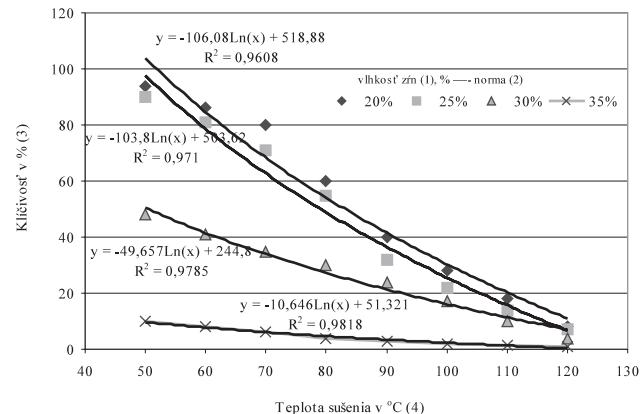
Vzhľadom na skutočnosť zistenia, že najkritickejším článkom pozberovej úpravy na modelovej linke je proces sušenia roz-hodli sme sa vykonať merania, pomocou ktorých by sme izolovali samotný proces sušenia z technologického a technického hľadiska. Snahou bolo eliminovať vplyv dopravných zariadení na sledované parametre. Preto sme uskutočnili merania v laboratórnych podmienkach.

Pri analyzovaní závislosti klíčivosti zŕn potravinárskej kukurice a teploty sušenia sme dospeli k záveru, že zo vzrastajúcich hodnotou teploty sušenia klesá klíčivosť zŕn kukurice. Na obr. 5 je vidieť, že neodporúčame sušiť potravinársku kukuricu väčšou teplotou ako 80 °C. Do grafu sme naznačili aj požiadavku vyjad-



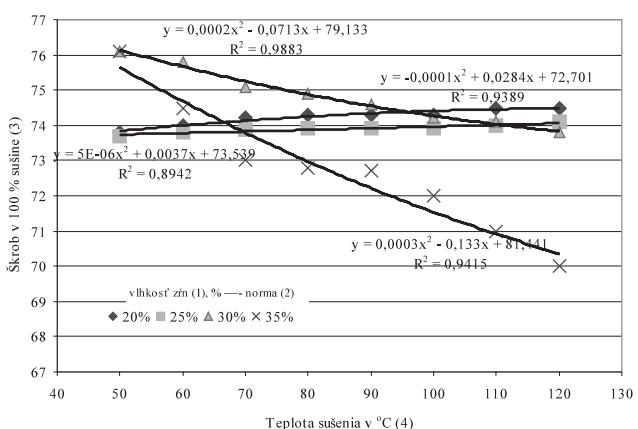
**Obrázok 4** Ukážka meracieho programu od firmy BMC, ktorým sme sledovali a zaznamenávali teploty zŕn

**Figure 4** Example of BMC measuring programme used for monitoring and recording of grain temperatures



**Obrázok 5** Vplyv teploty sušenia a jednotlivých vlhkostí analyzovaných zŕn potravinárskej kukurice na klíčivosť

**Figure 5** Dependence of the seed corn quality on the drying temperature and the moisture of edible corn grains analyzed  
(1) grain moisture content, (2) standard, (3) germinability in %, (4) air temperature in °C



**Obrázok 6** Vplyv teploty sušenia a jednotlivých vlhkostí analyzovaných zŕn potravinárskej kukurice na obsah škrobu v zŕne

**Figure 6** Dependence of grain starch content on drying temperature and various moistures of edible corn grains analyzed  
(1) grain moisture content, (2) standard, (3) starch in 100 % dry matter, (4) air temperature in °C

renú v príslušnej norme na potravinársku kukuricu. Sušiť zrno z vyššou vlhkostou ako je 30 % taktiež neodporúčame, vzhľadom na nesplnenie požiadavky normy, aby zrná kukurice dosahovali aspoň 50 % klíčivost. Táto skutočnosť kladie nové požiadavky na manažment zberu. Zber zrín s vlhkostou väčšou ako je 30 % neodporúčame vzhľadom na skutočnosť, že by neboli zabezpečené požiadavky vyjadrené v normách.

Po analýze ďalšieho parametra – obsah škrobu (obr. 6) možno skonštatovať, že pri vlhkosti 20–30 % nie je preukázaťelný vplyv teploty sušenia na zníženie hodnoty tohto parametra. Pri vlhkostiach nad 30 % možno pozorovať zníženie obsahu škrobu v zrnách so stúpajúcou teplotou sušenia. Treba ale podotknúť, že aj napriek tejto skutočnosti požiadavka normy na tento parameter je splnená.

### Záver

Vzrastajúca teplota sušenia zapríčinuje zníženie klíčivosti zrín potravinárskej kukurice. Zrná z vyššou vlhkostou ako 30 % neodporúčame sušiť, vzhľadom na skutočnosť nesplnenia požiadavky normy na klíčivosť potravinárskej kukurice.

Vplyv teploty sušenia v nami sledovanom rozsahu (50–120 °C) na obsah škrobu v zrnách sa nepreukázal, teda možno konštatovať, že proces sušenia nemá vplyv na tento parameter.

Tieto významné skutočnosti by sa mali zohľadňovať v manažmente pozberovej úpravy. Môžeme teda laboratórne meranie zhodnotiť nasledovne:

- sušiť zrná potravinárskej kukurice teplotou vyššou ako je teplota 80 °C neodporúčame vzhľadom na skutočnosť nesplnenia kvalitatívnej požiadavky normy STN 46 1100-8 na parameter klíčenia,
- zberať a mlátiť potravinársku kukuricu s vlhkostou vyššou ako 30 % neodporúčame, vzhľadom na narastajúcu expozíciu počas sušenia a nedosiahnutie požadovanej klíčivosti zrín aj pri použití nízkych teplôt sušenia.

### Súhrn

Pozberová úprava zrnín má osobitný význam vo výrobe a dlhodobom zachovaní kvality. Sušenie je jednou z najrozšírenejších metód konzervovania zrnín a ostatných poľnohospodárskych produktov. Technologický postup pri pozberovej úprave osiva môže výrazným spôsobom ovplyvniť nielen jeho vonkajšiu, ale aj vnútornú kvalitu osiva. Cieľom príspevku je poukázať na vplyv sušiacich teplot na vnútornú kvalitu osiva.

**Kľúčové slová:** pozberová úprava zrnín, mikropoškodenie, HACCP, potravinárska kukurica

### Literatúra

- ANGELOVIČ, M. – ŽÍDEK, B. 2005. Vývojové trendy v technike a technológií pozberovej úpravy zrnín. In: Vývojové trendy v pozberovej úprave zrnín (čistenie, triedenie, sušenie, skladovanie) : zborník referátov a diskusných príspevkov z vedeckého seminára konaného na Katedre strojov a výrobných systémov Slovenskej polnohospodárskej univerzity v Nitre, Nitra : Agentúra Slovenskej akadémie pôdohospodárskych vied, 2006, s. 7–12. ISBN 80-89162-25-8.
- BOŽÍKOVÁ, M. – HLAVÁČ, P. 2010. Selected Physical Properties of Agricultural and Food Products. In: Scientific monograph. Nitra : SPU, 2010, 175 s. ISBN 978-80-552-0428-4.
- DONELLY, J. H. – GIBSON, J. L. – IVANCEVICH, J. M. 1997. Management. Praha : Grada, 1997, 824 s.
- DOWELL, F. E. a i. 2006. An automated near-infrared system for selecting individual kernels based on specific quality characteristics. In: Cereal Chemistry, vol. 83, 2006, no. 5, p. 537–543
- LEFORD, D. R. – RUSSELL, W. V. 1985. Evolution of Physical Grain Quality in the BS 17 and BS 1/HS/C1 Synthetics of maize. In: Crop Science, vol. 25, 1985, no. 3, p. 471–476
- PEARSON, T. C. – BRABEC, D. L. 2006. Camera attachment for automatic measurement of single-wheat kernel size on a Perten SKCS 4100. In: American Society of Agricultural and Biological Engineers, vol. 22, 2006, no. 6, p. 927–933. ISSN 0883-8542
- PECEN, J. 2006. Recurrence of impact load on wheat kernel. „Management of production systems with support of imformation Technologies and control engineering“: Zborník referátov, Nitra, 2006, s. 229–237
- ŽÍDEK, B. – ŽITNÁK, M., 2006. Zhodnotenie vybranej modelovej pozberovej linky z hľadiska kvalitatívnych parametrov potravinárskej kukurice In: VIII. medzinárodná vedecká konferencia mladých 2006. Zvolen : Technická univerzita Zvolen, 2006, s. 282–290. ISBN 80-228-1596-9.
- ŽÍDEK, B. 2007. Skúmanie vplyvu techniky a technológie v manažemente pozberovej úpravy zrnín na vonkajšiu a vnútornú kvalitu výsledného produktu: dizertačná práca, Nitra : SPU, 2007, 178 s.
- ŽITNÁK, M. 2000. Využitie užitočnej hmotnosti pri doprave obilia. In: Zborník z II. medzinárodnej konferencie mladých 2000. Račková dolina, Západné Tatry 11.–13. 10. 2000. Nitra : SPU, 2000, s. 174–180. ISBN 80-7137-762-7.

### Kontaktná adresa:

doc. Ing. Pavol Findura, PhD., Slovenská polnohospodárska univerzita v Nitre, Technická fakulta, Katedra strojov a výrobných systémov, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra

Acta technologica agriculturae 1  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2011, s. 8–10

## GRAVIMETRIC ANALYSIS OF MOISTURE AND COMBUSTIBLE AND ASH CONTENTS IN SELECTED BIOFUELS

### GRAVIMETRICKÉ URČENIE VLHKOSTI, HORĽAVINY A POPOLA VO VYBRANÝCH BIOPALIVÁCH

Viera KAŽIMÍROVÁ,<sup>1</sup> Rudolf OPÁTH,<sup>1</sup> Tomáš BRESTOVÍČ,<sup>2</sup> Peter HORBAJ<sup>2</sup>

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika<sup>1</sup>  
Technická univerzita v Košiciach, Slovenská republika<sup>2</sup>

This article deals with quantification of combustible matter and ash in selected types of biomass used for heat production by direct combustion. Combustible and ash content were determined by gravimetric analysis. Methodical part contains description of this method. Average ash content in dry mass of grain of examined cereals was 2.07 % and combustible content was 97.88 %. We determined that ash content in dry mass of straw of examined cereals was 6.14 % and combustible content was 94.92 %, in wheat bran was 6.82 % of ash and 93.18 % of combustible. Pigs excrements constitution was 11.16 % of ash and 88.84 % of combustible.

**Key words:** biofuel, total solids (dry mass), combustible matter, ash

The goal of this article is to determine the portions of combustible matter and ash in dry mass of several chosen types of biofuel acquired by direct combustion.

Dry mass of solid fuels consists of ash and combustible. Energy content of a fuel is not characterized by content of combustible in that fuel because each fuel has different combustion heat depending on its chemical composition. Therefore, with knowledge of ash and combustible content in the dry mass we can not determine its energy value, only the amount of ash that is created during the combustion of fuel.

This issue was dealt with Maga et al. (2008), who states that energetically useful materials contain following weight percentages of ash: cole seed 3.1 %, cole straw 6.9 %, wheat grain 1.6 %, wheat straw 5.7 %, barley straw 5.7 % and topinambur (*Helianthus tuberosus*) 11.4 %.

According to Pepich (2009) barley straw contains 7.5% of ash, wheat straw 5.2 %, cole straw 7.2 %, Japanese knotweed 4.1 %, cole seed 3.1 % and wheat grain 1.6 % of ash. Hutla and Mazancová (2009) say that pellets made of cereal straw contain 6.33% of ash and pellets made of cole straw 5.64 % of ash.

### Material and methods

Gravimetric furnace Nabetherm L9/11/SW with power of heating device of 3.0 kW was used of measurements. This Gravimetric furnace is equipped with Controller P 320 and digital scales Kern EW 420 – 3NM with accuracy of  $\pm 0.001$  g. Furnace enables heating of analyzed samples up to 1 100 °C while recording the mass of the sample. This kind of construction of the furnace makes possible the measuring of moisture, percentage of combustible and ash of solid fuel.

Moisture is determined according to STN 44 1377 Tuhé palivá. Stanovenie obsahu vody. Sample is heated to the temperature 105 °C to 110 °C and is dried until the difference of subsequently measured mass (measurements are made in 30 min intervals) is less than 0.1 % of the mass of sample determined in previous measurement.

Ash content is determined according to STN ISO 1117 Tuhé palivá. Stanovenie popola. The sample was incinerated at the temperature of 815 °C.

Combustible content can be established from the gravimetric analysis or calculated using known values of moisture and ash content.

The sample of analyzed fuel kept in ceramic bowl was placed in the gravimetric furnace. Temperatures and time of their application (as shown in table 1) was set on the controller.

**Table 1** Temperatures used in gravimetric measurements

Period (1)	Time of application of set temperature in min (2)	Temperature in °C (3)
1	60	20–107
2	120	107
3	60	107–500
4	60	500
5	60	500–815
6	60	815

**Tabuľka 1** Teploty použité pri gravimetrických meranach  
(1) časový úsek, (2) čas pôsobenia nastavenej teploty, (3) teplota

Moisture and content of ash and combustible in original samples of studied fuels was determined according to following formulae:

- moisture:

$$W' = \frac{m_1 - m_2}{m_1}, \quad (1)$$

- ash content:

$$A' = \frac{m_3}{m_1}, \quad (2)$$

- combustible content:

$$H' = \frac{m_2 - m_3}{m_1}, \quad (3)$$

or

$$H' = 1 - (A' + W'), \quad (4)$$

where:

- $m_1$  – original mass of sample, g  
 $m_2$  – dry mass, g  
 $m_3$  – mass of ash, g

Ash and combustible contents in dry mass of individual fuels were calculated using gathered results for better comparability of those fuels:

- ash content in dry mass:

$$p_{ps} = \frac{m_3}{m_2}, - \quad (5)$$

- combustible content in dry mass:

$$p_{hs} = \frac{m_4}{m_2}, - \quad (6)$$

where:

- $m_4$  – mass of combustible, g  
and

$$m_4 = m_2 - m_3, -g \quad (7)$$

## Results and discussion

Mass of studied fuel samples determined by gravimetric analysis is listed in tables 2 and 3.

Processed results of gravimetric analysis of grain and cole seed are listed in table 4. It can be concluded that dry mass of grain of studied cereals contains on average 2.07 % of ash and 97.88 % of combustible. Sum of ash and combustible contents is not 100 %, which is caused by rounding of results of partial calculations. In the dry mass of cole seed (Catania variety), higher ash content (4.73 %) was measured than in grain. Its determined combustible content was 95.27 %.

Results gathered from processing of studied straw samples are listed in table 5. It was determined that average ash content in the dry mass of straw of studied cereals was 6.14 % and average combustible content was 94.92 %. In the dry mass of Catania cole straw, higher amount of ash (9.20 %) was determined than in straws of cereals. Its combustible content was 90.80 %.

**Table 2** Mass of observed samples determined by gravimetric analysis

Parameter (1)	Fuel (2)				
	straw of Balada wheat (3)	straw of Kalas wheat (4)	straw of MAL2 barley (5)	straw of Catania cole (6)	straw of Luran barley (7)
Mass of original sample $m_1$ in g (8)	26.1765	27.6316	28.7500	28.2353	28.1944
Mass of dry mass $m_2$ in g (9)	24.1176	25.2632	26.4063	25.5882	26.1111
Mass of ash $m_3$ in g (10)	1.1765	1.5789	1.7188	2.3529	1.8055

**Tabuľka 2** Gravimetricky namerané hmotnosti skúmaných vzoriek slamy

(1) parameter, (2) palivo, (3) slama pšenice Balada, (4) slama pšenice Kalas, (5) slama jačmeňa MAL 2, (6) slama repky olejnej Catania, (7) slama jačmeňa Luran, (8) pôvodná hmotnosť vzorky, (9) hmotnosť sušiny, (10) hmotnosť popola

**Table 3** Mass of other observed samples

Parameter (1)	Fuel (2)						
	beech chip (3)	japanese knotweed (4)	topinambur (5)	wheat bran (6)	wheat screenings (7)	corn silage (8)	excrement of pigs (9)
Mass of original sample $m_1$ in g (10)	16.0000	6.0526	8.9629	31.6129	25.4444	10.7272	17.7777
Dry mass $m_2$ in g (11)	14.5333	5.5263	8.0741	28.3871	23.1111	9.9090	159.259
Mass of ash $m_3$ in g (12)	0.6666	0.1842	0.1852	1.9355	1.3333	0.45451	1.7777

**Tabuľka 3** Namerané hmotnosti ďalších skúmaných vzoriek

(1) parameter, (2) palivo, (3) bukové štiepky, (4) krídlatka, (5) topinambur, (6) pšeničné otruby, (7) odpad z čistenia pšenice, (8) kukuričná siláž, (9) výkaly ošپaných, (10) pôvodná hmotnosť vzorky, (11) hmotnosť sušiny, (12) hmotnosť popola

**Table 4** Results of gravimetric analysis of observed wheat grain and cole seed samples

Parameter (1)	Fuel (2)			
	balada wheat grain (3)	kalas wheat grain (4)	MAL 2 barley grain (5)	catania cole seed (6)
Moisture of original sample $W$ , – (7)	0.0435	0.0437	0.0743	0.0559
Ash content $A'$ , – (8)	0.0214	0.0205	0.0169	0.0447
Combustible content $H'$ , – (9)	0.9350	0.9357	0.9088	0.8994
Mass of combustible $m_4$ in g (10)	26.2000	37.9167	23.1897	29.8148
Ash content in dry mass $p_{ps}$ , – (11)	0.0224	0.0215	0.0182	0.0473
Combustible content in dry mass $p_{hs}$ , – (12)	0.9761	0.9785	0.9818	0.9527

**Tabuľka 4** Výsledky gravimetrickej analýzy skúmaných vzoriek obilného zrna a semena repky olejnej

(1) parameter, (2) palivo, (3) zrno pšenice Balada, (4) zrno pšenice Kalas, (5) zrno jačmeňa MAL 2, (6) zrno repky olejnej Catania, (7) vlhkosť pôvodnej vzorky, (8) podiel popola, (9) podiel horlaviny, (10) hmotnosť horlaviny, (11) podiel popola v sušine, (12) podiel horlaviny v sušine

**Table 5** Results of gravimetric analysis of observed straw samples

Parameter (1)	Fuel (2)				
	straw of Balada wheat (3)	straw of Kalas wheat (4)	straw of MAL2 barley (5)	straw of Luran barley (6)	straw of Catania cole (7)
Moisture ratio in original sample $W'$ , – (8)	0.0787	0.0857	0.0815	0.0739	0.0938
Ash content $A'$ , – (9)	0.0449	0.0571	0.0598	0.0640	0.0833
Combustible content $h'$ , – (10)	0.8764	0.8571	0.8587	0.8621	0.8229
Mass of combustible $m_4$ in g (11)	22.9411	23.6843	24.6842	24.3056	23.2353
Ash content in dry mass $p_{ps}$ , – (12)	0.0488	0.0625	0.0651	0.0691	0.0920
Combustible content in dry mass $p_{hs}$ , – (13)	0.9512	0.9375	0.9771	0.9309	0.9080

**Tabuľka 5** Výsledky gravimetrickej analýzy skúmaných vzoriek slamy

(1) parameter, (2) palivo, (3) slama pšenice Balada, (4) slama pšenice Kalas, (5) slama jačmeňa MAL 2, (6) slama jačmeňa Luran, (7) slama repky olejnej Catania, (8) vlhkosť pôvodnej vzorky, (9) podiel popola, (10) podiel horľaviny, (11) hmotnosť horľaviny, (12) hmotnostný zlomok popola v sušine, (13) hmotnostný zlomok horľaviny v sušine

**Table 6** Results of gravimetric analysis of other observed biofuel samples

Parameter (1)	Fuel (2)						
	beech chips (3)	japanese knotweed (4)	topinambour (5)	wheat bran (6)	wheat screenings (7)	corn silage (8)	pigs excrements (9)
Moisture of original sample $W'$ , – (10)	0.0917	0.0869	0.0991	0.1020	0.0917	0.0763	0.1042
Ash content $A'$ , – (11)	0.0417	0.0304	0.0207	0.0612	0.0524	0.0424	0.1000
Combustible content $h'$ , – (12)	0.8667	0.8826	0.8802	0.8367	0.8559	0.8814	0.7958
Mass of combustible $m_4$ in g (13)	13.8667	5.3421	7.8889	26.4516	21.7778	9.4545	14.1482
Ash content in dry mass $p_{ps}$ , – (14)	0.0459	0.0333	0.0229	0.0682	0.0577	0.0459	0.1116
Combustible content in dry mass $p_{hs}$ , – (15)	0.9541	0.9641	0.9771	0.9318	0.9423	0.9541	0.8884

**Tabuľka 6** Výsledky gravimetrickej analýzy ďalších skúmaných vzoriek biopalív

(1) parameter, (2) palivo, (3) bukové štiepky, (4) krídlatka, (5) topinambur, (6) pšeničné otruby, (7) odpad z čistenia pšenice, (8) kukuričná siláž, (9) výkaly ošípaných, (10) vlhkosť pôvodnej vzorky, (11) podiel popola, (12) podiel horľaviny, (13) hmotnosť horľaviny, (14) podiel popola v sušine, (15) podiel horľaviny v sušine

Results gathered from processing of samples of other materials are listed in table 6. Among those materials, sample of pigs excrements held the least combustible, with combustible content of 88.84%. Combustible content of other materials was as follows: beech chip 95.41 %, Japanese knotweed 96.41 %, topinambur 97.71 %, wheat bran 93.18 %, wheat screenings 94.23 % and corn silage 95.41 %.

In comparison with beech chip, with its combustible content of 95.41%, higher combustible content in the dry mass was determined in grain, Japanese knotweed and topinambur.

Approximately the same combustible content as in dry mass of wood chip was determined in cole seed, cereal straw, wheat screenings and corn silage.

Smaller combustible content than in wood chip was determined in dry mass of wheat bran, cole straw and excrement of pigs which were fed by dry grain feed.

Differences in presented results and results stated by other authors that are presented in the introduction of this thesis can be reasoned by the difference in used plant varieties, agrotechnics and macroclimatic conditions in which the studied plants were cultivated.

gravimetrickej pece. Priemerný obsah popola v sušine zrna skúmaných obilník bol 2,07 % a obsah horľaviny 97,88 %. V sušine slamy skúmaných obilník sú zistili 6,14 % popola a 94,92 % horľaviny. V pšeničných otrubách sú zistili 6,82 % popola a 93,18 % horľaviny. V sušine exkrementov výkrmových ošípaných sú zistili 11,16 % popola a 88,84 % horľaviny.

**Kľúčové slová:** biopalivo, sušina, horľavina, popol

This article was sponsored by VEGA grant no. 1/0033/09.

## References

- HUTLA, P. – MAZANCOVÁ, J. 2009. Tuhá biopaliva z miestnych zdrojov. In: Energie, roč. 21, 2009, č. 1, s. 12–15. ISSN 1803-0394.  
 MAGA, J. – NOZDROVICKÝ, L. – PEPICH, Š. – MARHAVÝ, L. – HAJDU, Š. 2008. Komplexný model využitia biomasy na energetické účely. Nitra : SPU, 2008, 183 s. ISBN 978-S0-5S2-0029-3.  
 PEPICH, Š. 2009. Využitie popola z biomasy ako hnojiva. In: Agro-bioenergia, 2009, č. 3, s. 15–17. ISSN 1336-9660.  
 STN ISO 1171 Tuhé palivá. Stanovenie popola.  
 STN 44 1377 Tuhé palivá. Stanovenie obsahu vody.

## Súhrn

Cieľom práce bolo zistiť obsah horľaviny a popola vo vybraných druhoch biomasy využiteľnej na výrobu tepla jej priamym spalovaním. Obsah horľaviny a popola sme zistovali pomocou gra-

vimetrickej pece.

Priemerný obsah popola v sušine zrna skúmaných obilník bol 2,07 % a obsah horľaviny 97,88 %. V sušine slamy skúmaných obilník sú zistili 6,14 % popola a 94,92 % horľaviny. V pšeničných otrubách sú zistili 6,82 % popola a 93,18 % horľaviny. V sušine exkrementov výkrmových ošípaných sú zistili 11,16 % popola a 88,84 % horľaviny.

vimetrickej pece. Priemerný obsah popola v sušine zrna skúmaných obilník bol 2,07 % a obsah horľaviny 97,88 %. V sušine slamy skúmaných obilník sú zistili 6,14 % popola a 94,92 % horľaviny. V pšeničných otrubách sú zistili 6,82 % popola a 93,18 % horľaviny. V sušine exkrementov výkrmových ošípaných sú zistili 11,16 % popola a 88,84 % horľaviny.

V sušine slamy skúmaných obilník sú zistili 6,14 % popola a 94,92 % horľaviny. V pšeničných otrubách sú zistili 6,82 % popola a 93,18 % horľaviny. V sušine exkrementov výkrmových ošípaných sú zistili 11,16 % popola a 88,84 % horľaviny.

V sušine slamy skúmaných obilník sú zistili 6,14 % popola a 94,92 % horľaviny. V pšeničných otrubách sú zistili 6,82 % popola a 93,18 % horľaviny. V sušine exkrementov výkrmových ošípaných sú zistili 11,16 % popola a 88,84 % horľaviny.

V sušine slamy skúmaných obilník sú zistili 6,14 % popola a 94,92 % horľaviny. V pšeničných otrubách sú zistili 6,82 % popola a 93,18 % horľaviny. V sušine exkrementov výkrmových ošípaných sú zistili 11,16 % popola a 88,84 % horľaviny.

Acta technologica agriculturae 1  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriæ, 2011, s. 11–14

## ELECTRICAL PROPERTIES OF COLZA SEEDS ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI SEMIEN REPKY OLEJNEJ

Ján NOVÁK

Slovak agricultural university in Nitra, Slovakia

The work deals with electrical properties of colza seeds set. An interest in electrical properties of biological materials resulted for engineering research in this field. Results of measurements are used for determining the moisture content, the surface level of liquid and grainy materials, for controlling the presence of pests in grain storage, for the quantitative determination of mechanical damage, by application of dielectric heating, and in many other cases. Electrical measurements on these materials are of fundamental importance as related to the analysis of quantity of absorbed water and dielectric heating characteristics. It is well-known fact that the electrical properties of the materials, namely, dielectric constant and conductivity, are affected by moisture content of the material. This fact is basic to the design of many commercial moisture-testing instruments for agricultural products. Knowledge of the dielectric properties of materials is necessary for the application of dielectric heating. The aim of this work was realize measurements of conductivity, dielectric constant and loss tangent on samples of colza seeds set, which electrical properties had not been sufficiently measured. The measurements were realized by variable moisture content and frequency of electrical field in the range 1 MHz to 16 MHz, using Q meter with coaxial probe. It was concluded that conductivity, dielectric constant and loss tangent increased with the moisture content and dielectric constant and loss factor decreased with frequency of electrical field.

**Key words:** electrical properties, biological material, seeds, dielectric constant, conductivity, colza seeds

Knowledge of the physical properties of agricultural products is useful, if not essential, in the design of any agricultural machine. The investigation and determination of the physical properties of agricultural materials has also resulted in the development of many instruments. The physical properties can be split up to mechanical, thermal and electrical properties. Study of electrical properties is important for predicting the behaviour of material in an electrical field or for knowing how the presence of material may influence the field or an associated electrical circuit. An interest in electrical properties of biological materials resulted for engineering research in field of agriculture in last years. Electrical measurements on these materials are of fundamental importance as related to the analysis of quantity of absorbed water and dielectric heating characteristics. Dielectric properties of materials represent important part of electrical properties. Dielectric properties of food materials are of interest for at least three reasons. First, the dielectric properties determine to a large extent the behaviour of the material when are subjected to high-frequency or microwave fields in dielectric heating processes or cooking. Second, the dielectric properties, when are correlated with such other characteristics of the materials as moisture content or density, can be utilized for electrical measurement of these characteristics. Third, knowledge of the dielectric properties of the materials to be processed or measured is important in the design of the equipment to be used for those purposes. Research of electrical properties is finding utilization in a lot of technical applications. Results of measurements are used for determining the moisture content, the surface level of liquid and grainy materials, for controlling the presence of pests in grain storage, for the quantitative determination of mechanical damage and in many other cases (Hlaváčová, 1999). Electrical properties of many biological materials have already been investigated. It was discovered that electrical properties of

these materials are very affected by moisture content of the material. Small quantities of adsorbed water may cause large changes in the electrical properties of hygroscopic materials. An extensive review of the literature on dielectric properties of agricultural materials was published (Nelson, 2007) that includes a number of potential applications in which the dielectric properties of such products are of interest. Dielectric properties of grain and seed have been explored in certain frequency ranges where these properties were important for dielectric heating applications or of interest for moisture measurement or detection for process control (You, Nelson, 1988). Dielectric properties of most biological materials vary with frequency and temperature. They are also highly dependent upon moisture content in hygroscopic materials. Some aspects of the nature of frequency dependence of dielectric properties have been included in the published review (Nelson et al., 2007). A study of the frequency dependence of the dielectric properties of insects and grain has also been reported for the range from 250 Hz to 12 GHz (Nelson et al., 2007). In that study, the 10 MHz to 100 MHz range was identified as the most promising frequency range for selectively heating rice weevils in wheat through differential energy absorption from alternating electrical field. For more complete picture, however, similar data are needed for the temperature dependence of the dielectric properties. With recent advances in the practical application of microwave heating, there has developed a need for information on the dielectric properties of materials to which such energy is applied. While some information is available on the dielectric properties of grain and seed at lower frequencies (Nelson et al., 2007; You, Nelson, 1988; Lawrence et al., 1990), there is lack of information of these properties at microwave frequencies. Therefore, the dielectric properties of several kinds of grain and seed have been measured at a few different microwave frequencies, and

the dependence on the moisture content has been considered. Nelson (1991) gave a comprehensive summary of dielectric methods for measuring moisture present in materials. Nelson (1999) discussed some methods of measuring the moisture content of soil. One of these methods is dielectric method. Resultant accuracy and temperature effects were also noted by Nelson (1999). Interest in the dielectric behaviour of biological materials had increased with the advent of radio-frequency heating techniques. Lawrence et al. (1992) discussed in detail the application of radio-frequency heating to good electrical conductors as well as poor electrical conductors. You and Nelson (1988) conducted a study of the dielectric constant of rice grains. They measured the dielectric constant and loss factor at frequencies of 435 Hz to 1 740 Hz. They found that the dielectric constant of rice grains depended on density, moisture content, temperature and frequency.

## Material and methods

Every material influence the electrical field to which is subjected. The relation between parameters of electromagnetic field and properties of material medium is described with permittivity  $\epsilon$  and permeability  $\mu$  of this medium. So both parameters describe electromagnetic properties of mass. Permittivity is complex quantity:

$$\epsilon^* = \epsilon' - j\epsilon'' \quad (1)$$

Real part of complex permittivity  $\epsilon^*$  is permittivity of dielectric  $\epsilon$ . Coefficient of imaginary part  $\epsilon''$  characterizes losses in dielectric. Dielectric properties of materials are in generally formulated by relative complex permittivity:

$$\epsilon_r^* = \frac{\epsilon^*}{\epsilon_0} = \frac{\epsilon'}{\epsilon_0} - j \frac{\epsilon''}{\epsilon_0} = \epsilon'_r - j \epsilon''_r = \epsilon'_r(1 - \tan \delta) \quad (2)$$

where:

$$\tan \delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'_r} = \frac{\epsilon''}{\epsilon'} = \frac{\sigma}{\omega \epsilon'} \quad (3)$$

is loss tangent of loss angle  $\delta$ , it is angle completing to  $\frac{\pi}{2}$  phase difference within voltage and current overflowing to the dielectric.  $\epsilon_0$  is vacuum permittivity ( $8.854 \times 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$ ). For measurement of dielectric properties of samples of seeds we have used resonant methods. This method for measurement of dielectric properties of seeds and liquids in frequency range from 100 kHz to 300 kHz was developed by Nelson et al. (2007). For measuring of capacitance of testing capacitor was employed with Q-meter TESLA MB 560. By measuring of permittivity  $\epsilon'$  and loss tangent  $\tan \delta$  of testing capacitor, can be real capacitor considered as lossless capacitor connected with active resistance in parallel or serial configuration. Main of measurement is magnitude determination of capacitance and resistance of elements of parallel or serial configuration of dielectric by specific frequency. The Q-meter was connected with testing coaxial capacitor, which was used as sample holder. The measurements was realized in frequency range from 1 MHz to 16 MHz. Dielectric constant  $\epsilon_r$  was computed according following relations:

$$\epsilon_r = \frac{C - C_x}{C_0} \quad (4)$$

$$C = C_1 - C_2 \quad (5)$$

where:

- $C$  – capacitance of testing capacitor with sample, F
- $C_0$  – capacitance of empty testing capacitor free of interconnector capacitance, F
- $C_x$  – capacitance of interconnector, F
- $C_1$  – capacitance of tuning capacitor by resonance and by non-connection of testing capacitor, F
- $C_2$  – capacitance of tuning capacitor by resonance and by connection of testing capacitor, F

Resistance  $R$  of testing capacitor was measured using multimeter. Sample conductivity  $\sigma$  was computed according following relation:

$$\sigma = \frac{\ln \frac{r_1}{r_2}}{2\pi l R} \quad (6)$$

where:

- $r_1$  – radius of outer electrode, m
- $r_2$  – radius of inner electrode, m
- $l$  – length of capacitor, m

Loss tangent  $\tan \delta$  can be computed using relations:

$$\tan \delta = \frac{1}{\omega RC} = \frac{\sigma}{\omega \epsilon} \quad (7)$$

$$\omega = 2\pi f \quad (8)$$

where:

- $f$  – frequency of electrical field, Hz
- $\epsilon$  – sample permittivity,  $\text{F.m}^{-1}$

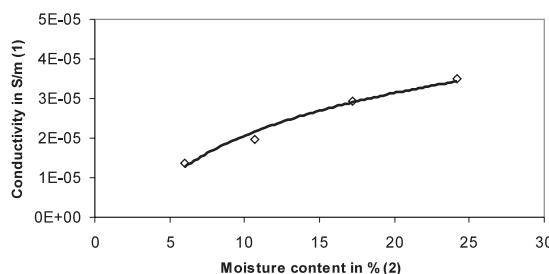
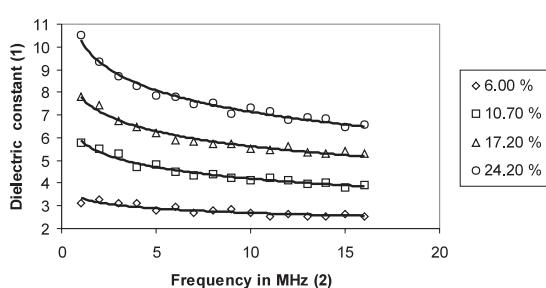
Dependences of dielectric constant and loss factor on moisture content and frequency of electrical field. The dependence of conductivity on moisture content was also investigated in this work. Moisture content of samples was adjusted by adding distilled water or by drying.

## Results and discussion

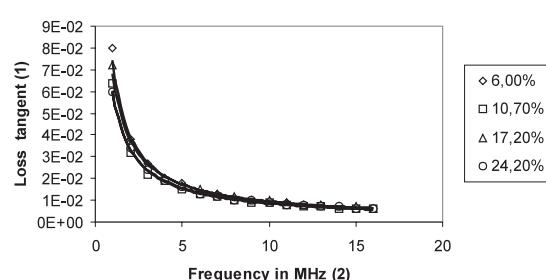
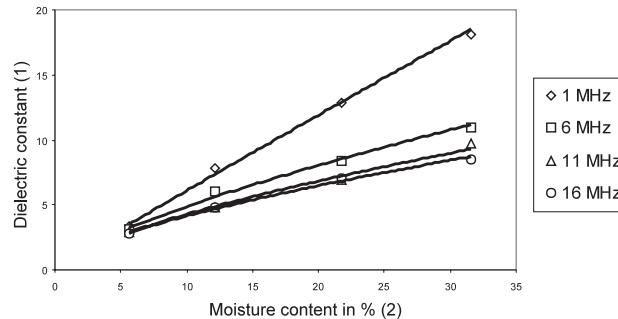
The values of conductivity  $\sigma$ , dielectric constant  $\epsilon_r$  and loss tangent  $\tan \delta$  measured by varied frequency  $f$  of electrical field for samples of colza seeds set are presented in tables 1 and 2. The samples have different moisture content  $\omega$  and bulk density  $\rho$ . The dependencies of conductivity, dielectric constant and loss factor on the moisture content and dielectric constant and loss factor on frequency of electrical field are shown in figures 1 to 5. The measurements were realized by air temperature 20 °C and atmospheric moisture 60 %. The results of realized measurements are dependencies of electrical characteristics of colza seeds on moisture content and frequency of electrical field. These specified factors also have the majority effect on these dependences. From measurements result that seeds set must be included to the most of composites objects. They are organic heterogeneous many-component dielectrics. It was determined that dielectric constant of mustard seeds decreases with frequency of electrical field. Decreasing tendency is most sharp by lower frequencies. Minimal decrease is by higher frequencies. This dependence is caused

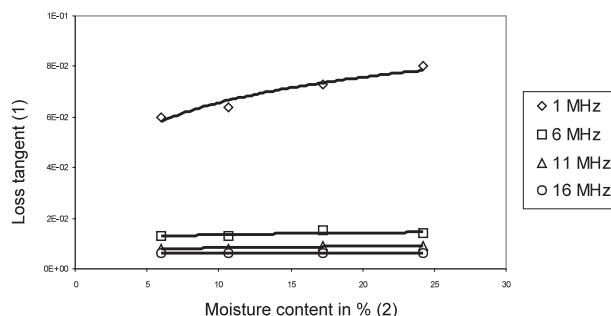
**Table 1** Values of conductivity  $\sigma$ , dielectric constant  $\epsilon_r$  and loss tangent  $\operatorname{tg} \delta$  for colza seeds

	$\omega = 6.0\%$		$\omega = 10.7\%$		
	$\sigma = 1.38 \cdot 10^{-5} \text{ S.m}^{-1}$	$\sigma = 1.98 \cdot 10^{-5} \text{ S.m}^{-1}$	$\rho = 681 \text{ kg.m}^{-3}$	$\rho = 664 \text{ kg.m}^{-3}$	
	$f$ in MHz	$\epsilon_r$	$\operatorname{tg} \delta$	$\epsilon_r$	$\operatorname{tg} \delta$
1	3.12	0.060	5.76	0.064	
2	3.29	0.034	5.49	0.032	
3	3.12	0.024	5.28	0.022	
4	3.12	0.019	4.70	0.019	
5	2.80	0.016	4.81	0.015	
6	2.97	0.013	4.52	0.013	
7	2.69	0.012	4.33	0.012	
8	2.80	0.010	4.41	0.010	
9	2.83	0.010	4.25	0.009	
10	2.71	0.009	4.11	0.009	
11	2.55	0.008	4.23	0.008	
12	2.63	0.008	4.12	0.007	
13	2.52	0.007	3.97	0.007	
14	2.54	0.007	4.03	0.006	
15	2.63	0.006	3.79	0.006	
16	2.51	0.006	3.9	0.006	

**Tabuľka 1** Hodnoty konduktivity  $\sigma$ , relatívnej permitivity  $\epsilon_r$  a stratového činiteľa  $\operatorname{tg} \delta$  pre semená repky**Figure 1** Dependence of conductivity on moisture content for colza seeds**Obrázok 1** Závislosť konduktivity od relatívnej vlhkosti pre semená repky  
(1) konduktivita, (2) relatívna vlhkosť**Figure 2** Dependence of dielectric constant on frequency for colza seeds**Obrázok 2** Závislosť relatívnej permitivity od frekvencie pre semená repky  
(1) relatívna permitivita, (2) frekvencia**Table 2** Values of conductivity  $\sigma$ , dielectric constant  $\epsilon_r$  and loss tangent  $\operatorname{tg} \delta$  for colza seeds

	$\omega = 17.2\%$		$\omega = 24.2\%$		
	$\sigma = 2.94 \cdot 10^{-5} \text{ S.m}^{-1}$	$\sigma = 3.49 \cdot 10^{-5} \text{ S.m}^{-1}$	$\rho = 651 \text{ kg.m}^{-3}$	$\rho = 629 \text{ kg.m}^{-3}$	
	$f$ in MHz	$\epsilon_r$	$\operatorname{tg} \delta$	$\epsilon_r$	$\operatorname{tg} \delta$
1	7.78	0.072	10.5	0.080	
2	7.43	0.036	9.35	0.038	
3	6.75	0.026	8.70	0.027	
4	6.50	0.020	8.29	0.020	
5	6.22	0.017	7.88	0.018	
6	5.89	0.015	7.80	0.014	
7	5.81	0.013	7.47	0.013	
8	5.72	0.012	7.55	0.011	
9	5.74	0.010	7.06	0.010	
10	5.51	0.010	7.30	0.009	
11	5.48	0.009	7.14	0.009	
12	5.60	0.008	6.81	0.008	
13	5.37	0.008	6.92	0.008	
14	5.29	0.007	6.85	0.007	
15	5.42	0.007	6.48	0.006	
16	5.29	0.006	6.57	0.006	

**Tabuľka 2** Hodnoty konduktivity  $\sigma$ , relatívnej permitivity  $\epsilon_r$  a stratového činiteľa  $\operatorname{tg} \delta$  pre semená repky**Figure 3** Dependence of loss tangent on frequency for colza seeds**Obrázok 3** Závislosť stratového činiteľa od frekvencie pre semená repky  
(1) stratový činítel, (2) frekvencia**Figure 4** Dependence of dielectric constant on moisture content for colza seeds**Obrázok 4** Závislosť relatívnej permitivity od relatívnej vlhkosti pre semená repky  
(1) relatívna permitivita, (2) relatívna vlhkosť



**Figure 5** Dependence of loss tangent on moisture content for colza seeds

**Obrázok 5** Závislosť stratového činitela od relatívnej vlhkosti pre semená repky  
(1) stratový činíteľ, (2) relatívna vlhkosť

with dipole moment of water molecules. In this case an orientation polarization occurs in electrical field. This type of polarization is highly depending on frequency. Dipole molecules are not able to follow changes of polarity of electrical field. Values of dielectric constant increase with moisture content of samples. This effect is consequence of very high magnitude of dielectric constant of water by comparison with other components of seeds. Dependencies of loss tangent on frequency of electrical field and from moisture content of samples have similar course as dependencies of dielectric constant from these parameters. Values of conductivity increase with moisture content of samples. This effect is caused with improvement of conditions for electrolytic transport of charges by dissociated ions in damp medium. It is known fact that electrical properties are also related with bulk density of material. Therefore, to ensure definiteness of results, we have stated also values of bulk density of samples.

### Conclusion

We can conclude that conductivity, dielectric constant and loss tangent of colza seeds set increase with moisture content of samples and dielectric constant and loss tangent decrease with frequency of electrical field. A similar result for other biological materials was presented by other authors (Nelson et al., 2007; You and Nelson, 1988; Lawrence et al., 1990). The dependence of dielectric constant of colza seeds samples determination gives base for design of many commercial moisture-testing instruments. In future an accomplishment of more measurement on wider frequency range would be desirable.

### Súhrn

Práca sa zaobrá skúmaním elektrických vlastností vzoriek súboru semen repky olejnej v závislosti od vlhkosti vzoriek a od frekvencie elektrického poľa. Výskum elektrických vlastností biologických materiálov nachádza v praxi mnoho technických aplikácií. Získané výsledky sú využiteľné na rýchle meranie vlhkosti, zrelosti plodov, pri zisťovaní obsahu cukru v ovocných plodoch, pri určovaní mechanického poškodenia, pri vysokofrekvenčnom a mikrovlnnom ohrevu v sušičkách a sterilizátoroch, na detekciu a ničenie hmyzu, alebo v iných technických aplikáciach (Hlaváčová, 1999). V našich meraniach sme použili rezonančnú metódu, ktorú na meranie dielektrických vlastností zín a kvapalín využil Nelson (1999). Ako merací prístroj sme používali Q-meter TESLA MB 560. Na Q-meter bol pripojený merný koaxiálny kondenzátor, ktorého dielektrikum bolo tvorené skúmaným materiálom. V tabuľkách 1 a 2 sú uvedené namerané hodnoty konductivity  $\sigma$ , relatívnej permitivity  $\epsilon_r$  a stratového činítela  $\tg \delta$  pri rôznych hodnotách frekvencie f použitého elektrického poľa pre vzorky súboru semen repky olejnej. Vzorky majú rôznu relatívnu vlhkosť  $\omega$  a rôznu objemovú hmotnosť  $\rho$ . Grafické závislosti vodivosti, relatívnej permitivity a stratového činítela od relatívnej vlhkosti vzoriek a závislosti relatívnej permitivity a stratového činítela od frekvencie elektrického poľa sú zobrazené na obrázkoch 1 až 5. Z nameraných hodnôt vyplýva, že vodivosť, relatívna permitivita a stratový činíteľ vzoriek súboru semen repky olejnej narastajú s relatívou vlhkostou vzoriek a relatívna permitivita a stratový činíteľ klesajú s nárastom frekvencie elektrického poľa.

**Klúčové slová:** elektrické vlastnosti, biologický materiál, semená, relatívna permitivita, vodivosť, repka

### References

- HLAVÁČOVÁ, Z. 1999. Niektoré elektrické vlastnosti semien lás-kavca. In: Zemědělská technika, roč. 45, 1999, č. 3, s. 99–104.
- LAWRENCE, K. C. – NELSON, S. O. – KRASZEWSKI, A. 1990. Temperature dependence of dielectric properties of wheat. In: Transactions of the ASAE., vol. 33, 1990, no. 2, p. 0535–0540.
- LAWRENCE, K.C. – NELSON, S.O. – KRASZEWSKI, A. 1992. Temperature dependence of dielectric properties of pecans. In: Trans. ASAE, vol. 35, 1992, no. 1, p. 251–255.
- NELSON, S. O. 1991. Correlating dielectric properties of solid and particulate sample through mixture relationship. In: Trans. ASAE, vol. 35, 1991, no. 2, p. 625–629.
- NELSON, S.O. 1999. Dielectric properties measurement techniques and applications. In: Trans. ASAE, vol. 42, 1999, no. 2, p. 523–529.
- NELSON, S. O. – GUO, W. – TRABELSI, S. – KAYS, S. J. 2007. Dielectric Spectroscopy of Watermelons for Sensing Quality. Measurement Science and Technology. In: Measurement Science and Technology, vol. 18, 2007, p. 1887–1892.
- NELSON, S. O. – GUO, W. – TRABELSI, S. – KAYS, S. J. 2007 Dielectric properties of Watermelons and Correlation with Soluble Solids Content. In: ASABE Annual International Meeting.
- YOU, T.S. – NELSON, S.O. 1988. Microwave dielectric properties of rice kernels. In: J. Microwave Power and Electromagnetic Energy, vol. 23, 1988, no. 3, p. 150–159.

### Kontaktná adresa:

Mgr. Ján Novák, PhD., Katedra fyziky, Technická fakulta SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra

Acta technologica agriculturae 1  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriæ, 2011, s. 15–19

## STORAGE CAPACITY OF EDIBLE VARIETIES OF POTATO SETS

### SKLADOVACIA KAPACITA POTRAVINÁRSKÝCH ODRÔD SADIVOVÝCH ZEMIAKOV

Barbara KRZYSZTOFIK

Institute of Farm Machinery Management, Ergonomics and Production Processes, Agriculture University, Kraków

Storage capacity was analysed of potato sets of 10 potato varieties designed for food processing (three varieties of German origin, four of Dutch origin, and three of Polish origin). The varieties were differentiated in the aspect of earliness (3 varieties were very early, 6 mid-early and 1 mid-late). Potato sets were stored in two storage facilities of various storage volume and differing structure and furnishing. After the period of 7 months we should observe, natural defects and losses caused by diseases and sprouting. Moreover, the number of eyes on the tubers and the degree of their sprouting.

**Key words:** potato sets, number of eyes, sprouts, storage

It is assumed that about 90 % of total weight of potatoes manufactured per year is directed for storage. The length of storage period depends on the planned use (Frančák and Korenko, 2007). Potato tubers designed for planting in the Polish climatic conditions are stored for approximately 7 months. During long term storage up to 9 months (e.g. edible potatoes), potato tubers undergo processes leading to qualitative and quantitative changes (decrease in tuber weight, increased thickness – change in dry mass content) (Sobol and Baran, 2007; Sobol, 2005; Sowa, Niedziałkowska and Gruczek, 2002; Frančák and Korenko, 2010; Zgórska, Frydecka and Mazurczyk, 1997).

The conditions in which potatoes are stored should guarantee that their biological value will be maintained, namely appropriate healthiness and physiological condition which guarantees correct sprouting, growth and development of plants (Sowa and Niedziałkowska, 2000; Korenko and Frančák, 2009). Storage durability, assessed by quantitative losses, is a property dependent on the variety. During the storage, the volume of losses is most impacted on by the storage time and conditions, where the most important role is played by temperature and relative humidity of ambient air. Losses as a result of sprouting depend on the variety and storage temperature. Low level of sprouting can be achieved by storing edible potatoes at the temperature of 4–5 °C. Storage of potato sets at the temperature of 3 °C generally eliminates losses due to sprouting, yet a month before planting, the tubers require germination in light at the temperature of approx. 15 °C (Czerko, 2008; Frančák and Korenko, 2006; Zgórska, 2007).

The storage industry praises most the varieties which by genetic conditioning are characterised with the possibly long period of tuber dormancy and not intensive growth of sprouts. Tubers that are dormant are characterised with low intensity of physiological transformations (low level of natural defects), high nutritional value and culinary quality (Rytkaczewska, 2002; Frančák and Korenko, 2008). The purpose of the study was to assess the intensity of potato sets sprouting and the size of weight loss after the period of storage in three different storage variants. The study involved 10 varieties of potato, namely: Agnes, Arielle, Asterix, Denar, Fresco, Jelly, Marlen, Monsun, Satina and Tajfun. Storage conditions differed with

temperature, humidity and the preparation of potatoes for planting.

### Material and methods

The study material comprised potato tubers of 10 varieties designed for food processing (three varieties of German origin, four of Dutch origin, and three of Polish origin). The varieties were differentiated in the aspect of earliness (3 varieties were very early, 6 mid-early and mid-late). Potato sets of the 30–55 mm fraction were stored in two storage facilities of various storage volume, namely storage facility owned by KTRS of the Agricultural University in Krakow, with the capacity of 30 m<sup>3</sup>, labelled as Variant I of storage. The other storage facility, with capacity of 1 200 m<sup>2</sup>, was owned by potato manufacturer. It featured mechanical ventilation and regulated temperature. Potato sets stored in the second facility were stored in two variants, namely Variant II, where three weeks before planting, tubers had sprouts grazed and were subjected to re-germination in germination plant with appropriate temperature and light intensity, and Variant III – tubers were stored throughout the period until their planting, without any damage to their sprouts. After the period of 7 months, natural defects and losses caused by diseases and sprouting were measured for Variants I and III. In turn, for Variant II, this assessment was made for the entire storage period, and separately for the germination period. All the tests were made with three repetitions.

### Results and discussion

The analysis of the harvest of potato sets indicates high differentiation of varieties. For five varieties studied, it was possible to adopt a greater range of set calibre (30–55 mm) without a negative impact of set size onto plantation quality, which significantly improved their share in total harvest (Tab. 1). For four varieties, sets were of smaller size from the rather narrow range of 35–45 mm, which was allowed by the structure

**Table 1** Share of potato sets in total harvest in  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , %

Variety (1)	Earliness (2)	Storage durability (3)	Total harvest in $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (4)	Set fraction in mm (5)	Harvest of sets in $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (6)	Share of potato sets in main harvest in % (7)
Agnes	mid-early (9)	8	40.5	30–55	10.5	26.3
Arielle	very early (8)	—	38.7	30–55	9.1	23.9
Asterix	mid-early (9)	8	44.2	35–45	4.5	10.2
Denar	very early (8)	7	31.0	35–45	4.5	15.0
Fresco	very early (8)	—	35.0	30–55	9.2	26.3
Jelly	mid-late (10)	3	42.3	30–55	9.4	22.4
Marlen	mid-early (9)	1	29.0	35–45	4.1	14.1
Monsun	mid-early (9)	4	28.6	35–45	4.2	15.0
Satina	mid-early (9)	8	39.0	35–50	4.5	11.5
Tajfun	mid-early (9)	8	37.5	30–55	9.0	24.3

**Tabuľka 1** Výtažnosť sadiva z celkovej úrody v  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , %

(1) odrody zemiakov, (2) skorosť, (3) skladovacia trvanlivosť, (4) celková úroda, (5) veľkosťná frakcia zemiakov, (6) výtažnosť sadiva, (7) výtažnosť sadiva z celkovej úrody, (8) veľmi skorá, (9) stredne skorá, (10) stredne neskorá

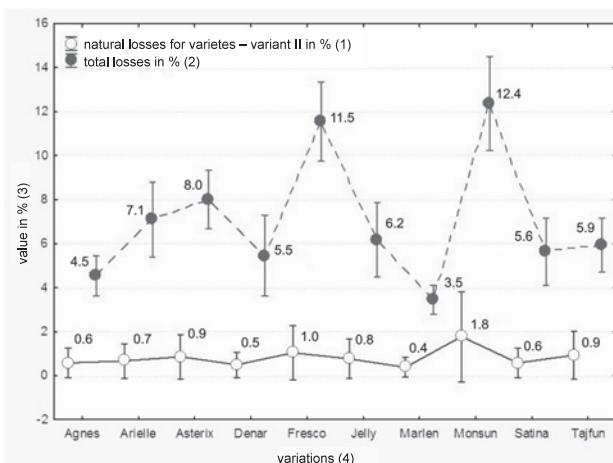
of the harvest. In the case of Satina variety, sets belonged to the size fraction of 35–55 mm. The maximum share of sets amounted to 26.3 % for Agnes and Fresco varieties, which featured sets from the greatest size range. The least sets were obtained in the large – tuber Asterix variety (10.2 %), where it was only possible to select sets from the 35–45 mm fraction. Such a high differentiation in the quantity of sets obtained also points to the importance of the problem of appropriate approach to their storage.

The analysis of average values of natural defects (Fig. 1) indicates that in Variant II of storage, most defects were observed for Monsun variety (1.8 %). The results obtained for this variety were characterised with the highest variability. In the case of this variant, the lowest losses during storage were recorded for Marlen (0.4 %) and Denar (0.5 %) varieties.

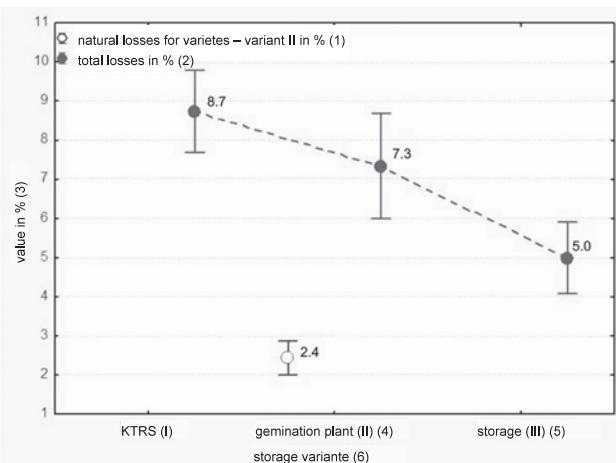
The largest summary losses were also recorded for Monsun variety, which amounted to 12.4 % of total sample weight, and for Fresco variety (11.5 %), which is a very early variety. The lowest total natural losses were observed in Marlen variety (3.5 %), which is, as indicated in the variety

characteristics (<http://www.ihar.edu.pl/img/1916b13f.pdf>), a variety of the worst storage capacity. It is a variety for which preliminary assessment of storage capacity was performed, and is still studied in this respect. Among the very early varieties, Denar variety was stored best (total weight losses amounted to 5.5 %). It is a variety developed by HZ Zamarte and is characterised with high storage capacity. Varieties with the greatest storage capacity (lowest natural losses) include Agnes variety (4.5 %), developed by Europlant Germany. German varieties, Agnes, Satina and Jelly, featured similar level of natural losses. Among the varieties of Dutch company Agrico, the lowest natural losses were observed for Marlen variety, while the highest losses for Fresco (3.5 % and 5.5 %, respectively).

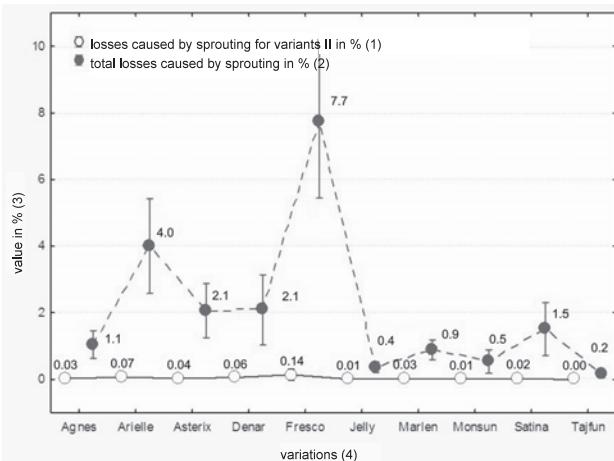
Similarly as in Variant I, also in Variant III, the highest variability factors for results related to total natural losses were recorded in Monsun variety sets. In the case of Arielle, Fresco, Denar, Jelly, and Satina varieties, the results were characterised with a similar range of variability factor. The lowest variability of results was recorded for Marlen variety.

**Figure 1** Weight loss in tubers as a result for long-term storage, for particular varieties

**Obrázok 1** Úbytok hmotnosti v hľuzách v dôsledku dlhodobého skladovania, pri konkrétnych odrodách  
(1) prírodné straty pre odrody – variant 2, (2) celkové straty v %, (3) hodnota v %, (4) variácie

**Figure 2** Weight loss in tubers as a result for long-term storage, for storage variants

**Obrázok 2** Úbytok hmotnosti v hľuzách v dôsledku dlhodobého skladovania, pre skladované varianty  
(1) prírodné straty pre odrody – variant 2, (2) celkové straty v %, (3) hodnota v %, (4) vykľičené hľuzy (II), (5) sklad (III), (6) skladovacia veľkosť



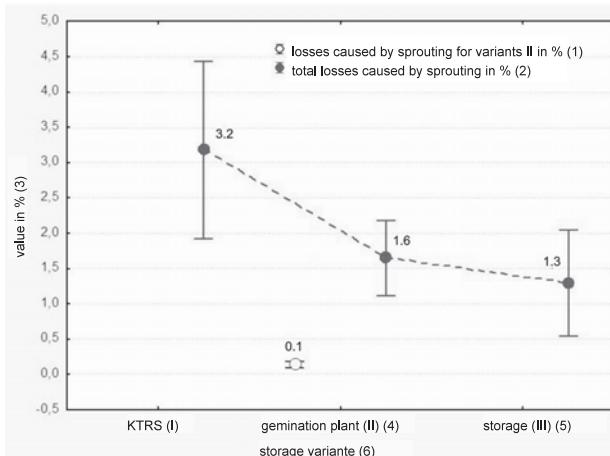
**Figure 3** Losses to tubers caused by sprouting, according to varieties

**Obrázok 3** Straty spôsobené klíčením hlúz, podľa odrôdy  
(1) straty spôsobené klíčením pre jednotlivé varianty II, (2) celkové straty spôsobené klíčením in %, (3) hodnota v %, (4) variácie

The analysis of average values of natural losses depending on the storage site (Fig. 2) indicated that average natural losses, until the handover of tubers for germination, amounted to 2.4 %. The highest end losses at the level of 8.7 % were recorded at the KTRS storage facility, while the lowest – at the own storage facility of the farm (5 %). Greater variability factor was recorded for results referring to natural losses at the germination plant (Variant II), while lower – for the storage facility.

The analysis of results regarding losses caused by sprouting indicates that the potato set sprouting pace depended on the variety (Fig. 3). The highest value of losses was recorded for the very early Fresco variety, 0.14 % for Variant II and 7.7 % of total losses, respectively. For the remaining two very early varieties (Arielle and Denar), total losses due to sprouting were higher than for the remaining varieties, and amounted to 4.0 % and 2.1 %, respectively. The lowest values of losses caused by sprouting occurred in Tajfun (mid-early) and Jelly (mid-late) varieties. Total losses amounted to 0.2 % and 0.4 %, respectively, while for Variant II of storage – 0.0 % and 0.1 %, respectively.

The site of storage had an important impact on the degree of tuber sprouting. Average losses for Variant II amounted to 0.1 %. In turn, total losses caused by sprouting of tubers stored at the KTRS facility amounted to 3.2 %, and were characterised with high (50 %) variability. The lowest values of losses (1.3 %) were recorded for sets stored at the own storage facility of the farm for Variant III. Total losses caused by sprouting for Variant



**Figure 4** Losses to tubers caused by sprouting, according to storage variant

**Obrázok 4** Straty spôsobené klíčením hlúz, podľa varianty skladovania  
(1) prirodzené straty pre odrôdy – variant 2, (2) celkové straty v %,  
(3) hodnota v %, (4) vyklíčené hľuzy (II), (5) sklad (III), (6) skladovacia  
veličina

II (sprouting plant) were higher than in Variant III (own storage facility), and were characterised with the lowest deviation from the average result.

Tables 2–7 present the results of the variance analysis in double classification, regarding the impact of the variety and storage site on weight losses caused by breathing and evaporation, as well as losses caused by sprouting. Furthermore, Duncan tests were calculated to show between which factor components significant differences occur.

Statistical analysis revealed that the storage site and variety had a significant impact on the size of losses in the storage period.

Tuber weight loss during storage did not statistically differ exclusively between Denar variety and Jelly, Satina and Tajfun varieties; Jelly and Satina and Tajfun varieties; and between Satina and Tajfun varieties (Tab. 3). The remaining varieties showed significant differences between one another as regards weight loss due to storage.

Losses caused by sprouting also significantly depended on the variety and storage variant (Tab. 4). Duncan test, performed to determine between which varieties significant differences occurred as regards losses caused by sprouting, revealed the lack of such differences between Agnes variety on the one hand and Marlen and Satina on the other; between Denar variety and Asterix variety, between Jelly variety and Monsun and Tajfun on the other; as well as between Monsun variety on the one hand and Marlen and Tajfun on the other.

**Table 2** Results of variance analysis in double classification. Impact of potato variety and storage site on tuber weight loss (own study)

Variability source (1)	Square total (2)	Degrees of freedom (3)	Mean square (4)	F Test	F <sub>0.05</sub>
Y-intercept (5)	4 437,416	1	4 437,416	6 003,150	0,000
Variety (6)	676,856	9	75,206	101,743	0,000
Storage site (7)	214,773	2	107,386	145,278	0,000
Variety * storage site (8)	61,084	18	3,394	4,591	0,000
Error (9)	44,351	60	0,739	–	–

significant dependencies at the level of  $\alpha < 0.05$

významné závislosti na úrovni  $\alpha < 0,05$

**Tabuľka 2** Výsledky analýzy rozptylu v dvojitej klasifikácii. Vplyv odrôdy zemiakov a skladovacieho priestoru na úbytok hmotnosti hľuzy (vlastné výsledky)  
(1) zdroj variabilitu, (2) súčet štvorcov odchýlok, (3) stupeň volnosti, (4) priemer štvorcov odchýlok, (5) absolútne člen, (6) odrôdy, (7) skladovací priestor, (8) odrôdy \* skladovací priestor, (9) chyba

**Table 3** Results of Duncan test. Significant dependencies between varieties for weight loss (own study)

Varieties (1)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Agnes									
Ariele	0.000								
Asterix	0.000	0.027							
Denar	0.029	0.000	0.000						
Fresco	0.000	0.000	0.000	0.000					
Jelly	0.000	0.029	0.000	0.102	0.000				
Marlen	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
Monsun	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	0.000	0.000		
Satina	0.012	0.001	0.000	0.656	0.000	0.203	0.000	0.000	
Tajfun	0.002	0.008	0.000	0.269	0.000	0.534	0.000	0.000	0.462

significant dependencies at the level of  $\alpha < 0.05$ významné závislosti na úrovni  $\alpha < 0.05$ **Tabuľka 3** Výsledky testu Duncan. Významné rozdiely medzi odrodami pri strácaní hmotnosti (vlastné výsledky)  
(1) odrody**Table 4** Results of variance analysis in double classification. Impact of potato variety and storage site on losses caused by sprouting (own study)

Variability source (1)	Square total (2)	Degrees of freedom (3)	Mean square (4)	F Test	$F_{0.05}$
Y-intercept (5)	374.898	1	374.898	1 522.137	0.000
Variety (6)	428.229	9	47.581	193.186	0.000
Storage site (7)	60.108	2	30.054	122.025	0.000
Variety * storage site (8)	62.726	18	3.484	14.149	0.000
Error (9)	14.777	60	0.246	–	–

significant dependencies at the level of  $\alpha < 0.05$ významné závislosti na úrovni  $\alpha < 0.05$ **Tabuľka 4** Výsledky analýzy rozptylu v dvojitej klasifikácii. Vplyv odrody zemiakov a úložiska na straty spôsobené klíčením (vlastné výsledky)  
(1) zdroj variabilita, (2) súčet štvorcov odchýlok, (3) stupeň volnosti, (4) priemer štvorcov odchýlok, (5) absolútny člen, (6) odrody, (7) skladovací priestor, (8) odrody \* skladovací priestor, (9) chyba**Table 5** Results of Duncan test. Significant dependencies for losses caused by sprouting between potato variety (own study)

Varieties (1)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Agnes									
Ariele	0.000								
Asterix	0.000	0.000							
Denar	0.000	0.000	0.918						
Fresco		0.000	0.000	0.000					
Jelly	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000				
Marlen	0.491	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038			
Monsun	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.467	0.141		
Satina (9)	0.055	0.000	0.019	0.020	0.000	0.000	0.014	0.000	
Tajfun (10)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.361	0.005	0.124	0.000

significant dependencies at the level of  $\alpha < 0.05$ významné závislosti na úrovni  $\alpha < 0.05$ **Tabuľka 5** Výsledky testu Duncan. Významné závislosti za straty spôsobené klíčením medzi odrodami zemiakov (vlastné štúdie)  
(1) odrody

(Tab. 5). The remaining differences between varieties as regards losses caused by sprouting were statistically significant.

All storage variants significantly impacted on the size of weight loss during the storage.

### Conclusions

- There is a high differentiation among varieties as regards the share of potato sets in total harvest. Maximum share of potato sets amounted to 26.3 % (for Agnes and Fresco

varieties), while the minimum share was obtained for large – tuber Asterix variety (10.2 %).

- Significant impact was observed of potato variety and storage site on weight loss and losses caused by sprouting of sets.
- The largest summary losses were recorded for Monsun variety, which amounted to 12.4 %, and for Fresco variety (11.5 %). The lowest total natural losses were observed for Marlen variety (3.5 %). The highest value of losses caused by sprouting was recorded for the very early Fresco variety

- (7.7 %). The lowest values of losses caused by sprouting occurred in Tajfun (mid-early) and Jelly (mid-late) varieties. Total losses amounted to 0.2 % and 0.4 %, respectively.
4. Storage site and its variants had significant impact on tuber weight loss and losses caused by sprouting. Potato sets stored at KTRS storage facility lost most tuber weight (8.7 %), while the sets stored at own storage facility in Variant III lost up to 5.0 % of weight. Also, tuber losses caused by sprouting were lower for Variant III (1.3 %) as compared to Variant I (KTRS storage facility), which amounted to as much as 3.2 %.

## Súhrn

Skladovacia kapacita bola analyzovaná pri 10 odrôdach sadivových zemiakov určených na spracovanie potravín (tri odrody nemeckého pôvodu, štyri holandského pôvodu, a tri poľského pôvodu). Odrody boli diferencované v aspekte skorost (tri odrôdy boli veľmi skoré, šest odrôd stredne skorých a jedna odrôda stredne neskorá). Zemiakové sadivo bolo uložené v dvoch skladovacích zariadeniach, rôznych skladovacích objemoch a rôznych konštrukcií a vybavení. Po dobu 7 mesiacov, sa sledovalo mechanické poškodenie a rovnako straty spôsobené chorobami a klíčením. Okrem toho, aj počet očiek na hľuzách a stupeň ich napučania.

**Kľúčové slová:** zemiakové sadivo, počet očiek, klíčky, skladovanie

## References

- CZERKO, Z. 2008. Trwałość przechowalnicza wybranych odmian ziemniaka. In: Ziemniak Polski, 2008, no. 3, p. 24–29. ISSN 1734-3070
- FRANČÁK, J.–KORENKO, M. 2006. Potato harvesters work quality evaluation and their influence on the yield damage in conditions of Slovakia. In: Engineering, Vilnius : Mokslas, vol. 7, 2006, no. 1, p. 49–53. ISSN 1392-8279
- FRANČÁK, J.–KORENKO, M. 2007. Technical and economic effectiveness of potato growing in Slovakia In: INMATEH Bucharest: Ministerul educatiei si cercetarii autoritatea nationala pentru cirecetare stiintifica, 2007, no. 20, p. 25–30. ISSN 1583-1019

FRANČÁK, J.–KORENKO, M. 2010. Úroda a kvalita zemiakov na Slovensku v závislosti od použitej pestovateľskej technológie In: Praci Tavrijskogo deržavnogo agrotehnologičnogo universitetu, Melitopol: Tavrijskij deržavnij agrotehnologičeskij universitet, 2010, no. 6, p. 57–64. ISBN 2078-0877

FRANČÁK, J.–KORENKO, M. 2008. Vplyv pestovateľských technológií na úrodu a kvalitu zemiakov In: Acta technologica agriculturae, roč. 11, 2008, č. 3, s. 57–61. ISSN 1335-2555

KORENKO, M.–FRANČÁK, J. 2009. Vplyv technických a technologických faktorov na kvalitu sadenia zemiakov. Nitra : SPU, 2009, p. 99–105. ISBN 978-80-552-0175-7

RYKACZEWSKA, K. 2002. Wartość plonotwórcza sadzeniaków. Podręcznik producenta ziemniaka. IHAR Oddz. Jadwisin, 2002, p. 43–46.

SOBOL, Z. 2005. Określenie strat ilościowych bulw ziemniaka., cz. II. Ubytki naturalne. In: Inżynieria Rolnicza, vol. 9, 2005, no. 10, p. 349–359. ISSN 1429-7264

SOBOL, Z.–BARAN, D. 2007. Relacje pomiędzy przyrostem gęstości bulw a wybranymi właściwościami ziemniaka w okresie przechowywania. In: Inżynieria Rolnicza, vol. 11, 2007, no. 9, p. 203–210. ISSN 1429-7264

SOWA-NIEDZIAŁKOWSKA, G. 2000. Oddziaływanie zróżnicowanych warunków przechowywania sadzeniaków na rozwój i plonowanie nowych odmian ziemniaka. Biul. IHAR, 213, 2000, p. 217–233.

SOWA-NIEDZIAŁKOWSKA, G.–GRUCZEK, T. 2002. Wpływ sposobu zbioru ziemniaka na straty przechowalnicze. Ziemniak Polski : IHAR Oddział Jadwisin, 2002, no. 4, p. 21–26. ISSN 1734-3070

Strona internetowa <http://www.ihar.edu.pl/img/1916b13f.pdf> (dostęp 14.09.2009).

ZGÓRSKA, K. 2007. Wpływ następnej temperatury przechowywania sadzeniaków na plonowanie wybranych odmian ziemniaka. Ziemniak Polski : IHAR Jadwisin, 2007, no. 4, p. 38–40. ISSN 1734-3070

ZGÓRSKA, K.–FRYDECKA-MAZURCZYK, A. 1997. Temperatura przechowywania ziemniaka w zależności od kierunku użytkowania. Ziemniak Polski : IHAR Jadwisin, 1997, no. 4, p. 16–19. ISSN 1734-3070

### Contact address:

prof. dr hab. Barbara Krzysztofik, Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Podstaw Produkcyjnych Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków, e-mail: Barbara.Krzysztofik@ur.krakow.pl

Acta technologica agriculturae 1  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2011, s. 20–23

## ZVÝŠOVANIE OTERUVZDORNOSTI PÔDUSPRACUJÚCICH NÁSTROJOV POUŽITÍM TVRDONÁVARU

### IMPROVEMENT OF WEAR RESISTANCE OF SOIL PROCESSING TOOLS BY USING THE HARD WELD DEPOSIT

Martin KOTUS, Peter ČIČO, Marek DAŇKO, Zuzana ANDRÁSSYOVÁ, Michaela VYSOČANSKÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Contribution deals with examination of suitability of filler material within surfacing by welding on machine parts, which are exposed to abrasive wear in operational conditions. Material of weld deposit Fluxofilcord 58 is examined according to tests in laboratory and operational conditions. Weight and linear losses as well as mechanical features of material (hardness) are studied within assessment of wear amount. Relative abrasive wear resistance of materials is determined as a criterion of abrasion resistance. Results suggest that usage of filler material Fluxofilcord 58 in order to wear amount decrement is very reasonable. Therefore the lifetime of soil processing tool – share of plough is prolonged.

**Key words:** material of weld deposit, abrasion wear, relative resistance, hardness

Pracovné podmienky poľnohospodárskych strojov nepriaznivo ovplyvňujú ich životnosť a spôsobujú nevyrovnanosť v životnosti uzlov a funkčných častí strojov. Uvedené problémy spôsobujú zvyšovanie prestoju, potrebu opravárenských zásahov, prípadne kúpu alebo výmenu poškodenej súčiastky za náhradné časti.

Opotrebenie pôduspracujúcich nástrojov najviac znižuje životnosť strojov a podieľa sa na znižovaní prevádzkyschopnosti, funkčnej spoľahlivosti a kvality vykonávanej činnosti. Pod abrazívnym opotrebením rozumieme opotrebenie strojových súčiastok alebo funkčných častí strojov spôsobované tvrdými nekovovými, najčastejšie minerálnymi časticami, ktoré vykonávajú relatívny pohyb vzhľadom na opotrebovaný povrch. Abrazívny opotrebovávací proces môžeme v prevádzkových podmienkach evidovať v troch formách, a to nízkotlaková abrázia, vysokotlaková abrázia, alebo abrázia s pôsobením rázov.

Naváranie sa dá charakterizať ako racionálny proces tvorby vrstiev na funkčnom povrchu súčiastok so zámerom obnoviť, alebo predĺžiť ich funkčnosť v daných prevádzkových podmienkach. Klúčovou otázkou pre riešenie problému je výber návarového materiálu. Výber optimálneho návarového materiálu je možný len pri zohľadnení vzájomných materiálových a tribologických väzieb (Tolnai a Balla, 2009).

V podmienkach klasického abrazívneho opotrebenia s prevládajúcimi mechanickými účinkami častic prostredia na opotrebovaný povrch považujeme tvrdosť materiálu za dominantné kritérium oteruvzdornosti. Obsah legujúcich prvkov výrazne ovplyvňuje štrukturálnu skladbu návarov a vlastnosti štruktúr, prípadne fáz. Konkrétnie podmienky opotrebenia vyžadujú diferencovaný prístup k výberu oteruvzdorných materiálov, z ktorých najvhodnejší možno vybrať len na základe tribologických skúšok (Tolnai a Čičo, 2001).

Cieľom príspevku je analyzovať vplyv prídavného materiálu na základný materiál za účelom posúdenia vhodnosti návarového materiálu k vytvoreniu oteruvzdorných vrstiev. Zámerom vykonaných experimentov je stanovenie pomernej odolnosti proti abrazívнемu opotrebeniu v laboratórnych a prevádzkových podmienkach.

### Materiál a metódy

Otolnosť materiálov proti abrazívemu opotrebeniu môžeme hodnotiť v technickej praxi meraním rozmerových zmien a hmotnostných úbytkov opotrebených častí alebo ju posudzujeme vo vzťahu k mechanickým vlastnostiam (napr. tvrdosť), drsnosti povrchu opotrebených súčiastok a podobne (Kotus a Gyurica, 2010).

Za základný materiál sme zvolili ocel triedy 12 050, definovanú normou STN 41 2050. Ocel triedy 12 050 patrí medzi ušľachtile uhlíkové konštrukčné ocele. Má lepšie a rovnomernejšie vlastnosti, vyššiu čistotu a zaručené chemické zloženie a nízky obsah nečistôt P, S. Táto uhlíková ocel sa používa pri výrobe viacerých nástrojov pôduspracujúcich strojov. Má štruktúru perliticko-feritickú s tvrdosťou 230 až 250 HV.

Prídavný drôt Fluxofilcord 58 je bázický rúrkový drôt pre naváranie húzevnatých a oteruvzdorných vrstiev na časti strojov. Návarový kov vykazuje veľkú húzevnosť a odolnosť voči nárazom. Používa sa na časti nástrojov vystavené silnému abrazívemu opotrebeniu, ako sú časti bagrov, rýpadlá, drapáky, dopravníky, kladiavá, drvíace čeluste.

Fluxofilcord 58 pozostáva z kovového plášťa, v ktorom výplň tvorí zmes z viacerých zložiek (uhličitan, fluorid vápenatý) podporujúcich stabilizáciu zvarového oblúka pre dosiahnutie vysokej stability samotného procesu navárania. Obsiahnuté legujúce prísadové prvky používané v metalurgii zlepšujú mechanické hodnoty akosti návarového kovu.

V laboratórnych podmienkach sme vykonali skúšku definovanú normou STN 01 5084: Stanovenie odolnosti kovových materiálov proti abrazívemu opotrebeniu na brúsnom plátne. V danej norme sú uvedené parametre skúšobných vzoriek, ako aj postupy a podmienky, ktoré je potrebné pri skúške dodržať, aby boli výsledky reprodukovateľné a porovnatelné. Účelom skúšky je stanovenie pomernej odolnosti materiálov. Normou definovaný etalón je materiál 12 014 s tvrdosťou 95÷105 HV.

Pri vyhodnocovaní meraní tvrdosti prechodom zo základného materiálu cez tepelne ovplyvnenú oblasť do návarového

**Tabuľka 1** Smerné chemické zloženie prídavného a základného materiálu

Materiál (1)	Obsah prvkov v % (2)						
	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	Cu
Fluxofilcord 58	0,5	1,5	–	5,5	0,6	–	–
Ocel' (3) 12 050	0,42–0,5	0,5–0,8	0,17–0,37	<0,25	–	<0,3	<0,3
Ocel' (3) 12 014	max. 0,06	max. 0,45	max. 0,15	–	–	–	–

**Table 1** Initial chemical composition of aluminium alloy  
(1) material, (2) content of elements, (3) steel

kovu sme použili metódu podľa Vickersa. Skúška tvrdosti podľa Vickersa je daná normou STN ISO 6507, pričom použijeme zaťaženie 98 N, tzn. označenie HV10.

Pracovný nástroj na premiestnenie alebo spracovanie pôdy v procese využitia podlieha dynamickému zaťaženiu, abrazívnom opotrebeniu a chemickému pôsobeniu okolitého prostredia. Pri výbere pôdospracujúceho nástroja sme zohľadnili tvar ostria reznej hrany a možnosti navárania pre vytvorenie odolnejšej, oteruvzdornejšej vrstvy. Typickým príkladom pôdospracujúceho nástroja, na ktorom je proces zaoblenia reznej hrany výrazný je lemeš pluhu.

Pomerná odolnosť proti abrazívному opotrebeniu je základným kritériom pri hodnotení materiálov a definovali sme ju vzťahom:

$$\psi_{abr.} = \frac{W_{hE}}{W_h} \quad (1)$$

kde:

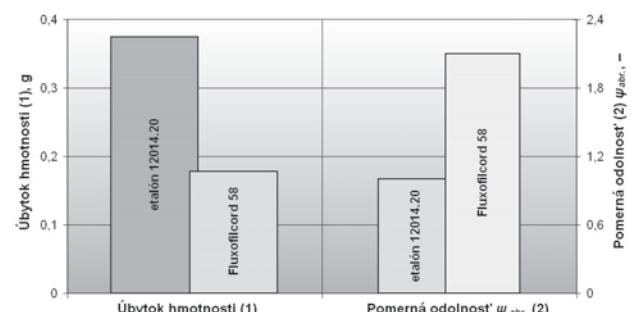
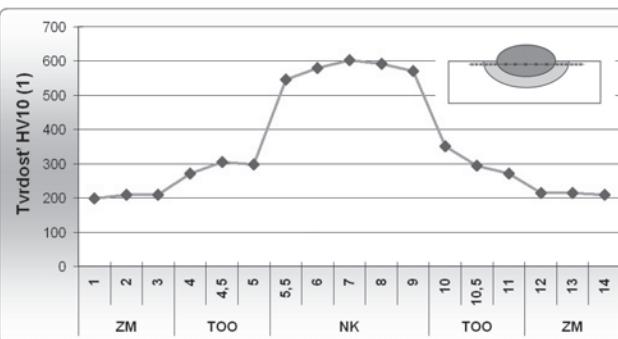
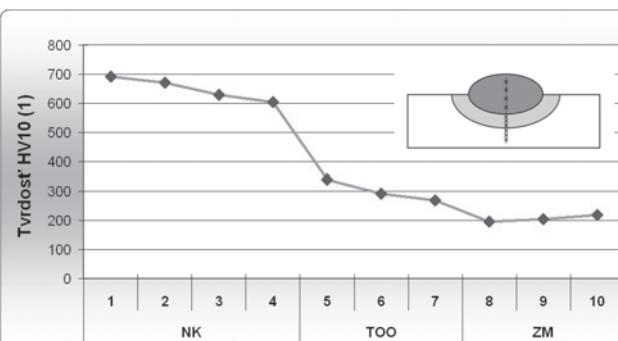
- $W_{hE}$  – priemerný hmotnostný úbytok etalonových skúšobných telies, g
- $W_h$  – priemerný hmotnostný úbytok skúšobných telies zo skúšaného materiálu, g

## Výsledky a diskusia

Výsledky nameraných hodnôt z laboratórnych meraní odolnosti prídavného materiálu proti opotrebeniu a tvrdosti materiálov sú zobrazené na obrázkoch 1 až 3.

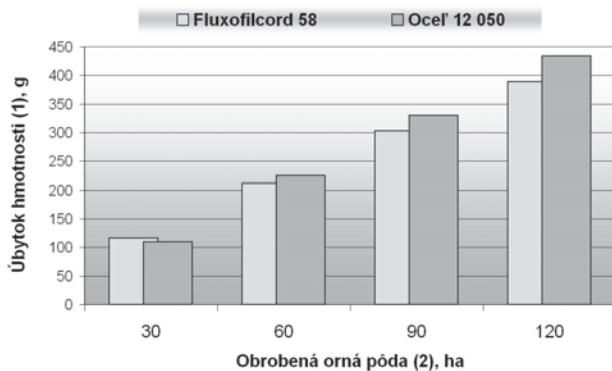
Zistené hmotnostné a lineárne úbytky, ako aj pomerná odolnosť z meraní pri prevádzkových skúškach je zobrazená na obrázkoch 4 až 7.

Pri meraní hmotnosti vzoriek v laboratórnych podmienkach sme zaznamenali dvojnásobné zvýšenie úbytku hmotnosti pri etalóne (definovaný normou) ako pri návare. Pomerná odolnosť

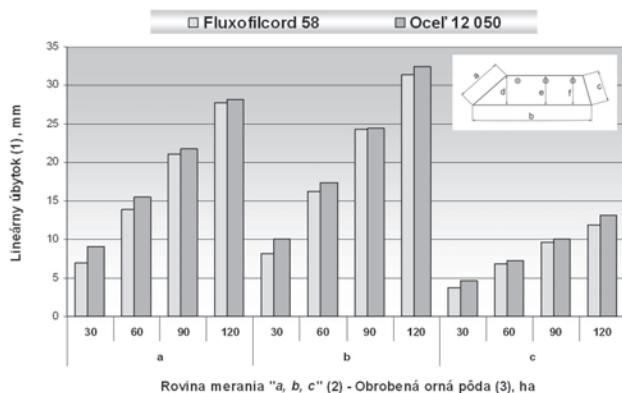
**Obrázok 1** Úbytok hmotnosti a pomerná odolnosť proti opotrebeniu (STN 01 5084)**Figure 1** Weight losses and relative wear resistance (STN 01 5084)  
(1) weight loss, (2) relative resistance**Obrázok 2** Nameraná tvrdosť HV10 vo vodorovnej rovine  
ZM – základný materiál, TOO – tepelne ovplyvnena oblasť, NK – návarový kov**Figure 2** Measured hardness HV10 in horizontal plane  
ZM – basic material, TOO – heat affected zone, NK – weld deposit's metal  
(1) hardness**Obrázok 3** Nameraná tvrdosť HV10 v zvislej rovine  
ZM – základný materiál, TOO – tepelne ovplyvnena oblasť, NK – návarový kov**Figure 3** Measured hardness HV10 in vertical plane  
ZM – basic material, TOO – heat affected zone, NK – weld deposit's metal  
(1) hardness

návarového materiálu Fluxofilcord 58 predstavovala hodnotu  $\psi_{abr.} = 2,1$ .

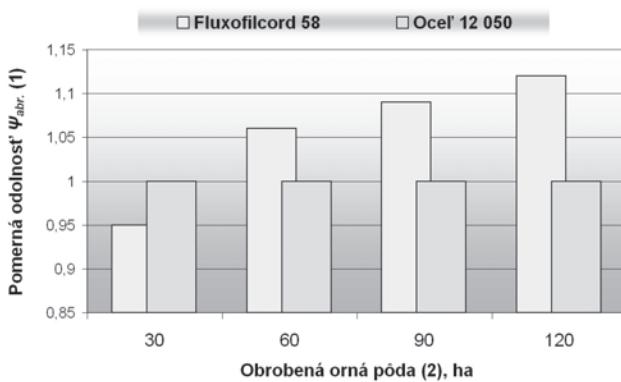
Pri hodnotení tvrdosti konštatujeme najväčšiu tvrdosť 691 HV10, ktorú sme zaznamenali v ploche čistého návaru (najvrchnejšia časť) pri meraní tvrdosti vo zvislej rovine. S postupným meraním tvrdosti smerom do TOO tvrdosť návaru klesala až na hodnotu 604 HV10. Pri meraní vo vodorovnej rovine sme zaznamenali tvrdosť návaru v rozsahu 546–603 HV10. Pri meraní tvrdosti tepelne ovplyvnenej oblasti v zvislej rovine meraňa sa tvrdosť znížila na hodnoty 268–340 HV10. Hodnoty tvrdosti v TOO vo vodorovnej rovine sme dosiahli vyrovnané, pričom už hneď za návarovým kovom to bolo v rozsahu 351–304 HV10 a smerom bližšie k základnému materiálu 272–294 HV10. Základný materiál dosiahol tvrdosť v rozsahu 197–219 HV10.



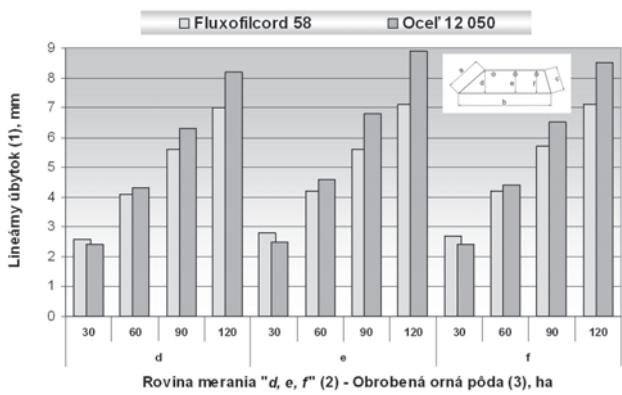
**Obrázok 4** Úbytok hmotnosti v prevádzkových podmienkach  
**Figure 4** Weight losses in operational conditions  
(1) weight loss, (2) cultivate arable land



**Obrázok 6** Lineárny úbytok v prevádzkových podmienkach  
**Figure 6** Linear losses in operational conditions  
(1) linear loss, (2) measuring plane, (3) cultivate arable land



**Obrázok 5** Pomerná odolnosť proti opotrebeniu v prevádzkových podmienkach  
**Figure 5** Relative wear resistances in operational conditions  
(1) relative resistance, (2) cultivate arable land



**Obrázok 7** Lineárny úbytok v prevádzkových podmienkach  
**Figure 7** Linear losses in operational conditions  
(1) linear loss, (2) measuring plane, (3) cultivate arable land

Pri hodnotení veľkosti opotrebenia v prevádzkových podmienkach (pôda) sme zaznamenávali úbytky hmotnosti a lineárnych rozmerov pri obrobení 30, 60, 90 a 120 ha ornej pôdy. Ako etalón pri výpočte pomernej odolnosti zo zistených úbytkov hmotnosti sme použili nenavarený lemeš pluhu.

Pri spracovaní 30 ha ornej pôdy sme dosiahli nižšiu pomernú odolnosť ( $\psi_{abr.} = 0,95$ ), t. j. vyššie úbytky hmotnosti, ako pri nenavarenom lemeši pluhu (etalón). Môže to byť spôsobené umiestnením návaru na ostrie hrany lemeša pluhu. Návar nebol umiestnený na hranu lemeša kvôli možnosti prepálenia základného materiálu a deformovanie tvaru lemeša. Avšak vnesením tepla pri naváraní do blízkosti ostria hrany mohlo dôjsť k zmene štruktúry materiálu, čo spôsobilo jeho zníženie odolnosti voči opotrebeniu. Pri ďalšom spracovaní ornej pôdy (60 ha) sme už podľa predpokladov dosiahli zvýšenú pomernú odolnosť na hodnotu  $\psi_{abr.} = 1,06$  pri navarenom lemeši. Pri obrobení väčšej plochy ornej pôdy sa začal prejavovať pozitívny vplyv prídavného materiálu na odolnosť proti opotrebeniu zvyšovaním oteruvzdornosti návaru. Z nárostom obrobenia pôdy stúpala hodnota rozdielu pomernej odolnosti medzi etalonom a Fluxofilcordom 58. Pri obrobení 120 ha ornej pôdy sme dosiahli pri Fluxofilcorde pomernú odolnosť proti opotrebeniu  $\psi_{abr.} = 1,12$ .

V procese spracovania pôdy dochádza k postupnému opotrebeniu pracovných nástrojov. Z hľadiska správnej funknej činnosti lemeša je rozhodujúci tvar ostria, pretože opotrebenie bezprostredne ovplyvňuje kvalitu práce i energetickú náročnosť

na jej vykonanie. Úbytky lineárnych rozmerov pri rôznych obrobených plochách ornej pôdy korešpondovali z dosiahnutými hmotnostnými úbytkami. Najväčšie lineárne úbytky sme zaznamenali pri meraní rozmerov lemeša na hrote (čelo) a päte lemeša (roviny a, b, c). Pri týchto rovinách merania sme zaznamenali vyššie hodnoty úbytkov pri nenavarenom lemeši. Hodnotením rovín kolmých na ostrie hrany lemeša (roviny d, e, f) sme dosiahli väčšie lineárne úbytky pri použití návaru a spracovaní 30 ha ornej pôdy. Dané rozdiely boli spôsobené opotrebením najprv základného materiálu. Pri spracovaní väčšej plochy ornej pôdy sme dosiahli už väčšie úbytky pri nenavarenom lemeši.

Najdôležitejším prvkom, ktorý dáva materiálu tvrdosť je uhlík, avšak dáva oceli aj krehkosť. So stúpajúcim obsahom uhlíka sa taktiež zvyšujú aj hodnoty tvrdosti martenzitu, ktorý vzniká naváraním pri veľkých rýchlosťach ochladzovania. Súčasne sa znižujú kritické rýchlosťi ochladzovania pre vznik martenzitickej štruktúry.

Z hľadiska základného vplyvu na mikroštruktúru a vlastnosti majú efektívny vklad prvky, ktoré sú rozpustené v základných fázach zliatin železo – uhlík, t. j. vo ferite a austenite, alebo vytvárajú cementit a špeciálne karbidy. Prvky, ktoré vytvárajú so železom substitučné tuhé roztoky (Mn, Cr, Mo) môžu reagovať s uhlíkom za vzniku špeciálnych karbidov. Chemické prvky Ni, Si vytvoria so železom len tuhé roztoky. Prítomnosť legujúcich prvkov v mriežke Fe má vplyv na kritické teploty premien na vznikajúcu štruktúru.

Materiál Fluxofilcord 58 oproti oceli 12 050 má zvýšený obsah prvkov podporujúcich vznik martenitickej štruktúry, ktorá zvyšuje odolnosť proti opotrebeniu. Mangán v množstvách 0,1–0,8 % je v materiáli prítomný ako základná dezoxidačná prísada spolu s príasadou kremíka. Zvýšený obsah mangánu spôsobí zníženie prekryštalizačnej teploty a spomalenie prekryštalizácie. V dôsledku toho sa už pri pomalom ochladzovaní materiál zakalí – dostáva martenitickej štruktúru. Chróm patrí do skupiny feritotvorných prvkov, tvorí karbidy, ktoré zvyšujú odolnosť proti opotrebeniu. Pri obsahu chrómu 4–8 % je materiál dobре prekaliteľný a vznikajú štruktúry martenitickej.

Martenitickej štruktúry vytvorené vhodným spôsobom navárania a správne zvoleným prídavným materiálom obsahujúcim chemické prvky na podporu tvorby vzniku martenitu sú na základe dosiahnutých výsledkov vhodné do podmienok prevládajúceho abrazívneho opotrebenia. Tvrdość návaru (604–691 HV10) sme dosiahli porovnatelnú ako udáva výrobca (620–670 HV10), čo je prvotné kritérium na zvýšenie oteruvzdornosti materiálu.

### Záver

Postupné zmeny rozmerov časti strojov na trecom povrchu pri abrazívnom opotrebení prebiehajú ako výsledok rezacieho účinku, alebo ryhovacieho pôsobenia tvrdých častíc, ktoré sa dostávajú do styku s týmto povrhom. Vlastné abrazívne opotrebenie je niekedy sprevádzané doplnkovými vplyvmi, ktoré do určitej miery menia charakter procesu opotrebenia.

Vzhľadom na rôznorodosť vplyvov na abrazívne prostredie, ktoré svojimi mechanickými a chemickými účinkami určuje degradačný proces pri opotrebení kovových materiálov sú pre výber oteruvzdorných materiálov dôležité nielen mechanické vlastnosti prídavných materiálov, ale hlavne ich štrukturálna skladba.

Na základe dosiahnutých výsledkov laboratórnej a prevádzkovej skúšky konštatuujeme zníženie veľkosti opotrebenia pri použití návarového materiálu Fluxofilcord 58. Vyšší obsah legujúcich prvkov v prídavnom materiáli spôsobil zvýšenie tvrdosti návarového kovu, čo je sprevádzané vznikom martenitickej štruktúry.

### Súhrn

Príspevok sa zaobráva posúdením vhodnosti prídavného materiálu pri naváraní na časti strojov, ktoré sú v prevádzkových podmienkach vystavené abrazívному opotrebeniu. Návarový materiál Fluxofilcord 58 sme posudzovali na základe skúšok

v laboratórnych a prevádzkových podmienkach. Pri hodnotení veľkosti opotrebenia sme sledovali hmotnostné a lineárne úbytky, ako aj mechanickú vlastnosť materiálu – tvrdość. Ako kritérium oteruvzdornosti sme stanovili pomernú odolnosť materiálov proti abrazívnomu opotrebeniu. Z dosiahnutých výsledkov vyplýva opodstatnenosť použitia prídavného materiálu Fluxofilcord 58 za účelom zníženia veľkosti opotrebenia a tým predĺženia životnosti pôdospracujúceho nástroja – lemeša pluhu.

**Kľúčové slová:** návarový materiál, abrazívne opotrebenie, pomerná odolnosť, tvrdość.

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia grantového projektu VEGA 1/0576/09 (2009–2011): „Zvyšovanie kvality poľnohospodárskych strojov a výrobných zariadení“

### Literatúra

- BALLA, J. 1989. Tribológia a tribotechnika. Nitra : SPU, 1989. 134 s. ISBN 80-85175-25-8.
- KOTUS, M. 2007. Aplikácia pulzných zváracích zdrojov pri renovácii súčiastok poľnohospodárskych strojov. Dizertačná práca. Nitra : SPU, 2007, 201 s.
- KOTUS, M. 2009. Tribologické skúšky oteruvzdorných materiálov. In: Bezpečnosť – Kvalita – Spoľahlivosť. Košice : TU, 2009, s. 103–107. ISBN 978-80-553-0137-2.
- KOTUS, M. – DRAHOŠ, Š. 2010. Stanovenie odolnosti proti abrazívnomu opotrebeniu v laboratórnych podmienkach. In: Kvalita a spoľahlivosť technických systémov 2010. Nitra : SPU, 2010. ISBN 97880-552-0390-4.
- KOTUS, M. – GYURICA, L. 2010. Stanovenie odolnosti proti abrazívnomu opotrebeniu v prevádzkových podmienkach. In: Kvalita a spoľahlivosť technických systémov 2010. Nitra : SPU, 2010. ISBN 97880-552-0390-4.
- TOLNAI, R. – BALLA, J. 2009. Naváranie v retrospektívnom pohľade a využitie nových poznatkov. In: Technológie navárania. Bratislava : SZS, 2009, s. 17–22. ISBN 978-80-89296-08-8.
- TOLNAI, R. – ČIČO, P. 2001. Oteruvzdornosť návarových materiálov novej koncepcie. In: Acta technologica agriculturae. roč. 4, 2001, č. 4, s. 99–102. ISSN 1335-2555.

Kontaktná adresa:

Ing. Martin Kotus, PhD., Katedra kvality a strojárskych technológií, Technická fakulta SPU, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: martin.kotus@uniag.sk

Acta technologica agriculturae 1  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2011, s. 24–28

## VPLYV SATELITNEJ NAVIGÁCIE NA PLOŠNÚ VÝKONNOSŤ A BEZPEČNOSŤ STROJOVEJ SÚPRAVY

### INFLUENCE OF SATELLITE NAVIGATION ON MACHINE LINE FIELD CAPACITY AND SAFETY OF OPERATION

Miroslav ŽITŇÁK, Radovan ŠVARDA

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

Implementation of navigation systems in agriculture practice is one of the work efficiency and safety of operation increase tool. Accurately usage of satellite navigation as a tool of unit costs decreasing and safety operation increasing can significantly influence the company economy. Aim of this paper was evaluation of satellite navigation system AutoTrack accuracy that operates with correcting signal type SF2. Provider of correcting signal type SF2 presents the accuracy  $\pm 5$  cm. There were compared measurements of machine line work accuracy with and without satellite navigation, too.

**Key words:** navigation system, satellite navigation, accuracy

Pri súčasnom trende racionalizácie práce a zvyšovania rentability výrobného procesu nachádzajú čoraz častejšie uplatnenie informačné technológie a operácie vykonávané na ich základe. Efektívne využívanie pracovného záberu strojov na princípe satelitnej navigácie je jedným zo súčasných poľnohospodárskych trendov, ktorý umožňuje zvyšovanie efektívnosti práce. Macák a Nozdrovický (2009) uvádzajú, že správnym využitím satelitných navigačných systémov s automatickým riadením dochádza k znižovaniu prekrytia a eliminácii vynechávok či už pri aplikácii priemyselných hnojív, chemických prostriedkov, osiva resp. pri spracovaní pôdy, ale aj k úspore pohonných hmôt a pracovného času. Riešením sú technológie, ktoré spresňujú a bližšie určujú pohyb strojových súprav po pozemku s možnosťou ich navigácie resp. ich automatického riadenia (autopilot). Avšak zavádzanie systémov navádzania strojových súprav s podporou satelitnej navigácie na báze GPS je sprevádzané mnohými technickými problémami, ktorých podstata je predmetom rozsiahleho výskumu.

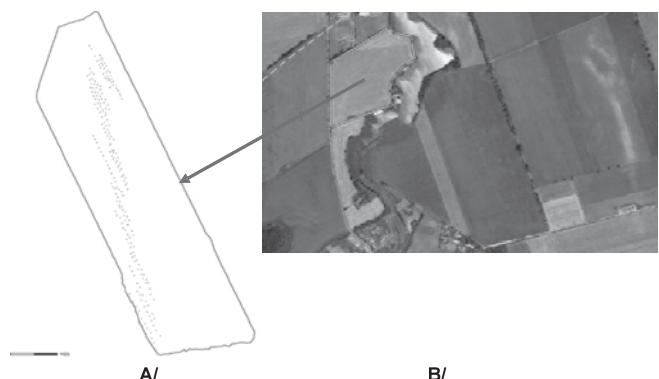
Wenzel (2006) opisuje využívanie satelitnej navigácie a použitie RTK korekcií pri hlbokom podrývaní pôdy. Uvádza, že využívanie takýchto operácií v rámci snahy o zachovanie konkurencieschopnosti na trhu sa javí účinnejšie ako politika nákupu väčších strojov a nadobúdania väčšej výmery poľnohospodárskej pôdy. McMahon (2003) popisuje štruktúru a výhody systému asistovaného riadenia. Špeciálne sa zmieňuje o možnosti bezdrôtového prenosu aplikačných map a zaznamenaných údajov priamo z pozemku do centrálneho počítača. Ehsami, Sullivan, Walker a Zimmerman (2002) využívali pri určovaní presnosti satelitnej navigácie strojových súprav prie-mernú chybu a smerodajnú odchýlku chyby trajektórie dráhy pohybu stroja, ktorá bola vypočítaná z rozdielov medzi skutočnou polohou stroja na poli a vypočítanou (teoretickou) polohou. Porovnanie výkonnosti 6 navigačných systémov so systémom RTK GPS ako teoreticky najpresnejším systémom považovali za najviero-hodnejší systém určovania presnosti navigačných systémov. Aj Ehrl, Stempfhuber, Demmel, Kainz a Auernhamer (2004) hodnotili presnosť autonómneho navádzacieho systému AutoTrac AGRONAV®, GEO TEC, ktorý bol imple-

mentovaný na traktore MF 4255 s podporou geodetického navigačného systému RTK DGPS.

Cieľom nášho merania bolo posúdenie presnosti práce satelitného navigačného systému AutoTrack, ktorý navigoval strojovú súpravu – traktor John Deere 7820 a tanierový podmietač Kuhn Discovery XM 40.

### Materiál a metódy

Uvedený experiment sa uskutočnil na pozemku, ktorý patrí PD Rastislavice. Na uvedenom pozemku sa uskutočnil zber repy cukrovej s následným podrývaním pôdy po ktorom nasledovalo kyprenie pôdy tanierovým podmietačom. V rámci pozemku bola vybraná experimentálna časť s rozlohou 9,51 ha na ktorej bolo zvolených 213 monitorovacích bodov. Rozloženie týchto bodov bolo volené vzhľadom na pohyb súpravy po uhlopriečke experimentálnej časti pozemku (obrázok 1).



Obrázok 1 A/ Experimentálna časť pozemku a monitorovacie body  
B/ Ortofotomapa pozemku

Figure 1 A/ Experimental part of the field and monitoring points  
B/ Orthophoto map of the field

**Tabuľka 1** Základné technické parametre

Podmietač DISCOVER (1)	XM 40	Traktor JOHN DEERE	7820
Pracovný záber v m (2)	4,75	Menovitý výkon motora (ECE) v kW/k (10)	136/185
Max. hĺbka spracovania v mm (3)	220	Maximálny výkon motora (ECE) v kW/k (11)	145/197
Počet diskov (4)	40	Transport Boost (ECE) v kW/k	157/214
Priemer diskov v mm (5)	660	Počet valcov / objem v cm <sup>3</sup> (12)	6Tl/6800
Pracovná rýchlosť v km.h <sup>-1</sup> (6)	8–12	Pružnosť krútiaceho momentu v % (13)	45
Hmotnosť stroja v kg (7)	4 290	Max. pojazdová rýchlosť v km.h <sup>-1</sup> (14)	40,0 / 50,0
Prepravná šírka stroja v m (8)	2,45	Vývodový hriadeľ v min <sup>-1</sup> (15)	540/540E/1000
Požadovaný výkon traktora v kW/k (9)	132/180	Max. zdvihová sila hydrauliky v kN (16)	90,0

Zdroj: www.agroservis.sk

**Table 1**

Basic technical parameters

(1) type of disc tiller, (2) working width, (3) maximal working depth, (4) number of discs, (5) disc diameter, (6) working speed, (7) weight of machine, (8) transport width of machine, (9) required tractor power, (10) motor output rating, (11) maximum engine output, (12) number of cylinder / volume, (13) flexible of torsion moment, (14) maximal speed, (15) power take-off, (16) maximal piston force of hydraulic system



**Obrázok 2** Strojová súprava – traktor John Deere 7820 a diskový podmietač Kuhn Discovery XM 40  
**Figure 2** Machine line – tractor type John Deere 7820 and tandem disks type Kuhn Discovery XM 40

Na pozemku bolo vykonávané obrábanie pôdy prostredníctvom súpravy pozostávajúcej z traktora John Deere 7820 a tanierevého podmietača Kuhn Discovery XM 40 (obrázok 2). Uvedená súprava vykonávala plytké spracovanie pôdy po predchádzajúcim podrývaní a zbere repy cukrovej. Základné technické parametre traktora a podmietača sú uvedené v tabuľke 1.

Systém AutoTrack využíva navádzanie s podporou satelitnej navigácie GPS (Global positioning system) a je súčasťou vyššieho riadiaceho systému AMS (Agriculture Management Solution), využívaneho pre manažment poľnohospodárskej strojovej techniky. Systém pozostáva z nasledovných komponentov:



**Obrázok 3** Komponenty systému AutoTrack  
 A/ monitor, B/ prijímač satelitného signálu StarFire iTC  
**Figure 3** Components of AutoTrack system  
 A/ monitor, B/ satellite receiver type StarFire iTC

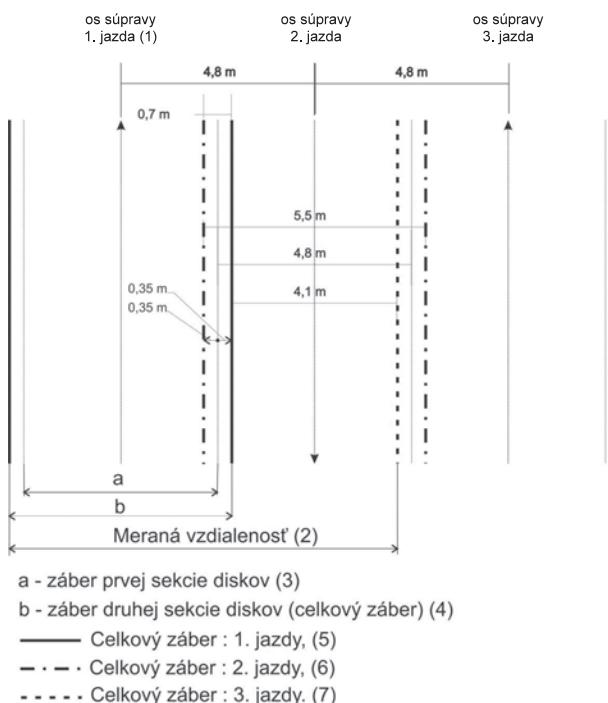
- prijímač satelitného signálu StarFire (obrázok 3),
- GreenStar displej pre zobrazenie informácií (obrázok 3),
- mobilný procesor,
- riadiaca jednotka SSU.

Systém AutoTrack využíva prijímač satelitného signálu StarFire a duálnu frekvenciu s diferencovanou korekciou na presné navádzanie stroja po pozemku. Použitý typ signálu SF 2 pracuje s presnosťou ±5 cm, ktorého príjem v slovenských podmienkach predstavuje sumu 1 000 € za rok. Cena systému AutoTrack v základnej verzii je 19 000 €.

Systém riadenia jazdy je ovládaný jednotkou systému riadenia SSU (Steering System Unit). Do tejto riadiacej jednotky vstupujú informácie z jednotlivých komponentov systému a vy-



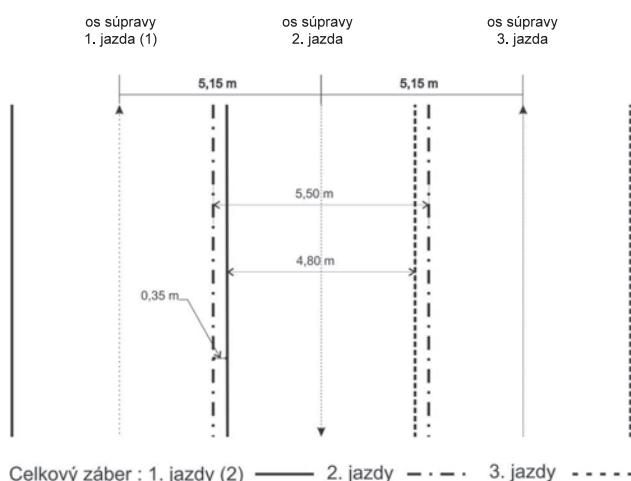
**Obrázok 4** Spôsob merania skutočného pracovného záberu a zapisovanie geografických súradníc monitorovacích bodov  
**Figure 4** Method of real working width measuring and recording geographical co-ordinates of monitored points



**Obrázok 5** Schéma prejazdov súpravy pri navigácii na 4,8 m  
**Figure 5** Scheme of machine line trajectories by navigation on 4.8 m (1) axis of machine, (2) measuring distance, (3) "a – working width of first disc section", (4) "b – working width of second disc section (total working width of machine)", (5) total working width of machine : first tramline, (6) total working width of machine : second tramline, (7) total working width of machine : third tramline.

stupujú signály do elektrohydraulického ventilu zabezpečujúceho riadenie pohybu traktora (natáčanie riadiacich kolies). Samotná podstata riadenia spočíva v tom, že ovládací ventil elektrohydraulického riadenia dávkuje olej k dvojčinným hydraulickým valcom riadenia tak, aby sa udržoval požadovaný smer pohybu.

Po prejazde súpravy boli značkovacími kolíkmi vyznačené počiatočné monitorovacie body, od ktorých bol pásmom me-



**Obrázok 6** Schéma efektívneho záberu súpravy s hodnotou navigácie 5,15 m  
**Figure 6** Scheme of effective machine line width with navigation on 5.15 m (1) axis of machine: first second and third tramline, (2) total working width of machine for first second and third tramline

raný skutočný pracovný záber stroja a súradnice každého monitorovacieho bodu boli uložené do GPS navigačného prístroja Leica GS 20 (obrázok 4).

Nepresnosti navigácie boli zaznamenané meraním šírky záberu spracovanej časti pôdy po troch prejazdoch súpravy, čím sa získali prekrycia a vynechávky predstavujúce nepresnosti spôsobené dvojnásobnou navigáciou pracovnej súpravy. Pri tomto spôsobe boli potom pri vyhodnotení odraťané prekrycia a dvojnásobok hodnoty pracovného záberu, ktorá bola nastavená pre navigáciu – 4,8 m a 5,2 m (obrázok 5). Taktiež sa uskutočnili merania presnosti bez satelitnej navigácie súpravy. Pri tomto spôsobe bola súprava navigovaná na základe skúseností a zručnosti obsluhy súpravy. Postup merania pri tomto spôsobe bol zhodný s predchádzajúcim. Vzhľadom na použitú metodiku merania prezentované záporné číselné hodnoty predstavujúce vynechávky sú v skutočnosti prekrycia (kladné hodnoty).

Získané údaje boli spracované prostredníctvom programu Statistica a vyhodnotené pomocou geografického informačného systému ArcView.

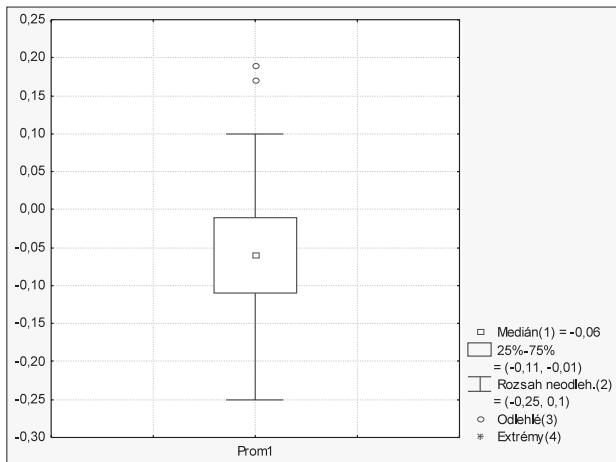
## Výsledky a diskusia

Diskový podmietač Kuhn Discovery XM 40 sa skladá z dvoch sekcií diskov. Zadná sekcia diskov je širšia oproti prednej o 0,35 m na každej strane. Pri nastavenej hodnote pre navigáciu 4,8 m bolo v niektorých častiach pozemku dosiahnuté viacnásobné spracovanie pôdy. Z obrázku 5 vyplýva, že navigovaná súprava spracovávala zakotované šírky pravých a ľavých okrajov tri krát (t. j. plocha bola spracovávaná pri dvoch prejazdoch prednou sekciou raz a zadnou sekciou dva krát) pričom vzniklo prekrytie 0,7 m. Pre daný stroj pri tejto pracovnej operácii predstavuje hodnota 5,15 m (obrázok 6) ideálnu hodnotu pre satelitnú navigáciu. Nedochádza tu k viacnásobným prekrytiám a je zabezpečená ideálna plošná výkonnosť stroja. Pre optimálne spracovanie pôdy s väčším množstvom rastlinných zvyškov (strnisko a pod.) by bolo potrebné nastaviť hodnotu satelitnej navigácie na 5,0–5,10 m.

Na obrázku 7 je znázornený krabicový graf zobrazujúci hodnoty vynechávok a prekrytií pri troch prejazdoch súpravy so satelitnou navigáciou (obrázok 5). Tento graf udáva zápornú hodnotu mediánu rovnú číslu -0,06 m čo predstavuje strednú hodnotu nameraných údajov. Ďalej z grafu vyplývajú hodnoty horného a dolného kvartílu, ktorého interval vynechávok sa nachádza v rozsahu -0,01 / -0,11 m. Pri práci súpravy bez satelitnej navigácie bola polovica hodnôt vynechávok v rozsahu -0,75 / -0,93 m (obrázok 8).

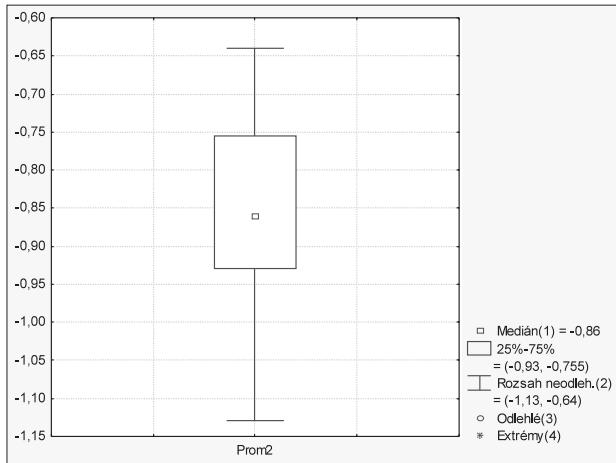
Obrázok 9 vyjadruje mapu priestorovej premenlivosti prekrytií a odchýlok od nastavenej hodnote pre satelitnú navigáciu. Oblast I. prezentuje odchýlky vzniknuté počas práce strojovej súpravy so satelitnou navigáciou od nastavenej hodnote navigácie 4,8 m. V oblasti II. pracovala strojová súprava bez satelitnej navigácie a tomu zodpovedajú i dosiahnuté hodnoty odchýlok. Oblast III. prezentuje odchýlky dosiahnuté opäť pri práci so satelitnou navigáciou avšak nastavená hodnota navigácie v tomto prípade bola 5,2 m.

Farebné triedy (odtiene šedej) zobrazené na mape priestorovej premenlivosti prekrytií a vynechávok vyhovujú odchýlkom, ktoré uvádzajú ich poskytovateľ (SF2 ±5 cm). Avšak z hľadiska agronomickej praxe by sa dalo povedať, že vyhovujúce sú aj ďalšie triedy zahrňujúce rozsah ±10 cm, ktoré sú zobrazené čierou farbou.



Obrázok 7 Graf odchýlok a prekrytí pri použití navaigačného systému AutoTrack

Figure 7 Graph of skips and overlaps by using of AutoTrack Guidance navigation system  
(1) median, (2) non-outliers, (3) outliers, (4) extremes



Obrázok 8 Graf odchýlok a prekrytí bez použitia navaigačného systému AutoTrack

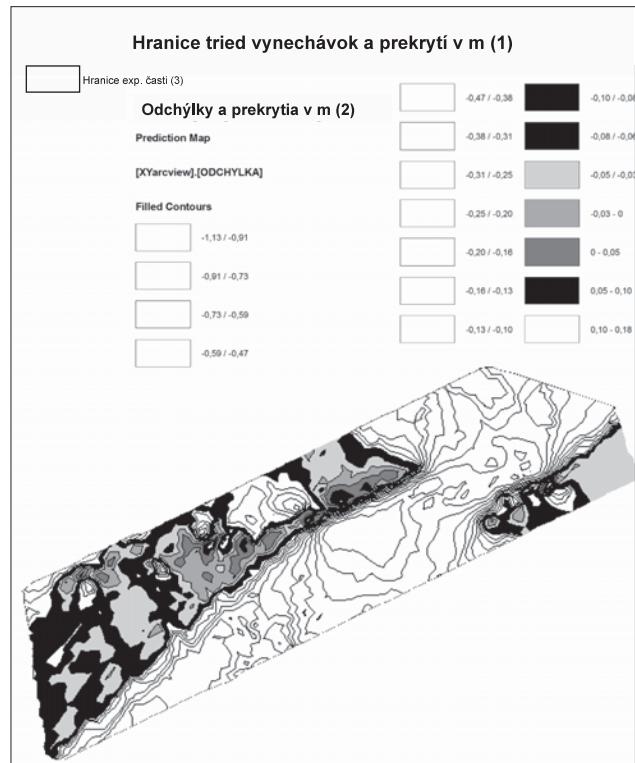
Figure 8 Graph of skips and overlaps without using of AutoTrack Guidance navigation system  
(1) median, (2) non-outliers, (3) outliers, (4) extremes

Treba poznamenať, že vzhľadom na použitý spôsob meraania prezentované výsledky so zápornou číselnou hodnotou v skutočnosti predstavujú hodnotu kladnú, teda prekrytie.

## Záver

Na záver je možné konštatovať, že použitá satelitná navigácia AutoTrack s daným korekčným signálom SF2 je pre vykonávanú pracovnú operáciu postačujúca z hľadiska agronomických požiadaviek na spracovanie pôdy. Zbytočne veľké prekrytie vzniklo v dôsledku nastavenia nesprávnej hodnoty pracovného záberu pre satelitný navaigačný systém.

Výsledkom funkcie celého systému je presnejšie a pohodlnejšie ovládanie smeru jazdy, čo smeruje k zníženiu zaťaženia, únavy a stresu obsluhy z čoho vyplýva zvýšenie bezpečnosti práce so strojovou súpravou, toto bolo potvrdené aj obsluhou meranej súpravy. Ďalšími výhodami satelitných navaigačných systémov s autopilotom je možnosť pracovného nasadenia v noci, v hmle a v prašných podmienkach a to pri dodržiavaní požadovaných rozstupov pracovných jázd, zvýšení kvality



Obrázok 9 Mapa priestorovej premenlivosti prekryti a odchyllok

Figure 9 Site variable field map of working width of overlaps and skips  
(1) statistical groups of skips and overlaps in m, (2) skips and overlaps, (3) boundaries of experimental area

práce (prekrytie, vynechávky, úvrate a pod.) a obmedzení zaťaženia životného prostredia.

## Súhrn

Jedným zo spôsobov zvyšovanie efektívnosti a bezpečnosti práce je zavádzanie navaigačných systémov vo polnohospodárskej praxi. Satelitná navigácia ako prostriedok znižovania jednotkových nákladov a zvyšovania bezpečnosti môže pri správnom využívaní výrazne ovplyvniť ekonomiku podniku. Cieľom merania bolo posúdenie presnosti práce satelitného navaigačného systému AutoTrack, ktorý pracoval s korekčným signálom SF2. Pri tomto type signálu uvádzajú jeho poskytovateľ presnosť  $\pm 5$  cm. Taktiež bolo uskutočnené porovnanie presnosti práce strojovej súpravy so satelitnou navigáciou a bez nej.

**Kľúčové slová:** navaigačný systém, satelitná navigácia, presnosť

## Literatúra

- EHSANI, M. R. – SULLIVAN, M. – WALKER, J. T. – ZIMMERMAN, T. L. 2002. A method of evaluation different guidance systems. In: ASAE meeting paper No. 021155. St. Joseph, Michigan: ASAE., 9 p.
- EHRL, M. – STEMPFHUBER, W. V. – DEMMEL, M.R. – KAINZ, M. – AUERNHAMMER, H. 2004. Auto-Trac-Accuracy of a RTK DGPS based autonomous vehicle guidance system under field conditions. Proceedings of the international conference „Automation technology for off-road equipment. In ASAE Publication No. 701P1004. St. Joseph, Michigan: ASAE. p. 274–282.

- MCMAHON, K. 2003. In Farm Industry News. Minneapolis, vol. 36, 2003, no. 2, p. 38, 1. ISSN/ISBN 08928312.
- MACÁK, M. – NOZDROVICKÝ, L. 2009. Efektívnosť využívania systému navádzania strojovej súpravy pri aplikácii priemyselných hnojív. In Technika v technológiách agrosektora 2009 [elektronický zdroj] : zborník vedeckých prác z medzinárodnej vedeckej konferencie konanej v roku 40. výročia Technickej fakulty, Nitra, 5. november 2009. Nitra : SPU, 2009. s. 143–149. ISBN 978-80-552-0287-7.
- Technické parametre diskového podmietača Kuhn Discovery XM 40. 2006. [http://www.agroservis.sk/page.asp?prg=produkty&status=menu3&menu1=poda&menu2=podmietace&menu3=kuhn\\_disc](http://www.agroservis.sk/page.asp?prg=produkty&status=menu3&menu1=poda&menu2=podmietace&menu3=kuhn_disc).

- Technické parametre kolesového traktora John Deere 7820. 2006. [http://www.agroservis.sk/page.asp?prg=produkty&status=menu3&menu1=traktory&menu2=traktory&menu3=johndeere\\_7020](http://www.agroservis.sk/page.asp?prg=produkty&status=menu3&menu1=traktory&menu2=traktory&menu3=johndeere_7020).
- WAYNE, W. 2006. Precision ag upgrade. In: Farm Industry News. Minneapolis, vol. 39, 2006, no. 2, p. 36, 3. ISSN/ISBN 08928312 .

#### Kontaktná adresa:

Ing. Miroslav Žitňák, PhD. Katedra stavieb, Technická fakulta SPU v Nitre, miroslav.zitnak@uniag.sk

## Obsah

<b>Martin OLEJÁR, Miroslav PAP,</b>	
<b>Vladimír CVIKLOVIČ, Zuzana PALKOVÁ</b>	
Využitie deterministického chaosu v komunikačných technológiach . . . . .	1
<b>Pavol FINDURA, Jan TURAN, Marek ANGELOVIČ,</b>	
<b>Pavel ZEMÁNEK, Miroslav PRÍSTAVKA, Ondrej KURUC</b>	
Hodnotenie vplyvov procesu sušenia na poškodenie zrna potravnárskej kukurice . . . . .	5
<b>Viera KAŽIMÍROVÁ, Rudolf OPÁTH,</b>	
<b>Tomáš BRESTOVÍČ, Peter HORBAJ</b>	
Gravimetrické určenie vlhkosti, horľaviny a popola vo vybraných biopalivách . . . . .	8
<b>Ján NOVÁK</b>	
Elektrické vlastnosti semien repky olejnej . . . . .	11
<b>Barbara KRZYSZTOFIK</b>	
Skladovacia kapacita potravinárskych odrôd sadivových zemiakov . . . . .	15
<b>Martin KOTUS, Peter ČIČO, Marek DAŇKO,</b>	
<b>Zuzana ANDRÁSSYOVÁ, Michaela VYSOČANSKÁ</b>	
Zvyšovanie oteruvzdornosti pôduspracujúcich nástrojov použitím tvrdonávaru . . . . .	20
<b>Miroslav ŽITŇÁK, Radovan ŠVARDA</b>	
Vplyv satelitnej navigácie na plošnú výkonnosť a bezpečnosť strojovej súpravy . . . . .	24

## Content

<b>Martin OLEJÁR, Miroslav PAP,</b>	
<b>Vladimír CVIKLOVIČ, Zuzana PALKOVÁ</b>	
The Use of Deterministic Chaos in Communication Technologies . . . . .	1
<b>Pavol FINDURA, Jan TURAN, Marek ANGELOVIČ,</b>	
<b>Pavel ZEMÁNEK, Miroslav PRÍSTAVKA, Ondrej KURUC</b>	
Impact's Evaluation in Drying Process Damages of Food Maize Grain. . . . .	5
<b>Viera KAŽIMÍROVÁ, Rudolf OPÁTH,</b>	
<b>Tomáš BRESTOVÍČ, Peter HORBAJ</b>	
Gravimetric Analysis of Moisture and Combustible and Ash Contents in Selected Biofuels . . . . .	8
<b>Ján NOVÁK</b>	
Electrical Properties of Colza Seeds . . . . .	11
<b>Barbara KRZYSZTOFIK</b>	
Storage Capacity of Edible Varieties of Potato Sets . . . . .	15
<b>Martin KOTUS, Peter ČIČO, Marek DAŇKO,</b>	
<b>Zuzana ANDRÁSSYOVÁ, Michaela VYSOČANSKÁ</b>	
Improvement of Wear Resistance of Soil Processing Tools by Using the Hard Weld Deposit. . . . .	20
<b>Miroslav ŽITŇÁK, Radovan ŠVARDA</b>	
Influence of Satellite Navigation on Machine Line Field Capacity and Safety of Operation . . . . .	24