



SPU·TF
Technická
fakulta

Ján Jobbágy • Pavol Findura
Miroslav Prístavka a kolektív

Znižovanie chemického zaťažovania a degradácie poľnohospodárskych a lesných pôd voľbou vhodných agrotechnológií s ohľadom na klimatické zmeny

recenzovaný zborník
vedeckých prác

Nitra 2023

DOI: <https://doi.org/10.15414/2023.9788055226989>

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Ján Jobbágy, Pavol Findura a kol.

**Znižovanie chemického zaťažovania
a degradácie poľnohospodárskych a lesných
pôd voľbou vhodných agrotechnológií
s ohľadom na klimatické zmeny**



SPU·TF
Technická
fakulta

recenzovaný zborník vedeckých prác

Nitra 2023

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Technická fakulta

Ústav poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky



SPU·TF
Technická
fakulta

Recenzovaný zborník vedeckých prác

ku grantovej úlohe VEGA č. 1/0102/21 „Znižovanie chemického zaťažovania a degradácie poľnohospodárskych a lesných pôd voľbou vhodných agrotechnológií s ohľadom na klimatické zmeny“.

Nitra, 2023

DOI: <https://doi.org/10.15414/2023.9788055226989>

„Znižovanie chemického zaťažovania a degradácie poľnohospodárskych a lesných pôd voľbou vhodných agrotechnológií s ohľadom na klimatické zmeny“.

**Recenzovaný zborník vedeckých prác ku grantovej úlohe
VEGA č. 1/0102/21**

Recenzenti:

prof. Ing. Juraj Ružbarský, PhD., Fakulta výrobných technológií so sídlom v Prešove, Technická univerzita v Košiciach, Štúrova 31, 080 01 Prešov

Dr. hab. inž. Urszula Malaga-Tobola, University of Agriculture in Krakow, Faculty of Production and Power Engineering, ul. Balicka 116 B, 30-149 Kraków, Poland

Editor prof. Ing. Ján Jobbágy, PhD., prof. Ing. Pavol Findura, PhD., Ing. Miroslav Prístavka, PhD.

Grafická úprava prof. Ing. Ján Jobbágy, PhD.

Vydala Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Za odbornú a jazykovú úroveň textu sú zodpovední autori jednotlivých príspevkov.
V zborníku sú publikované pôvodné vedecké práce.

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 13. 12. 2023 ako recenzovaný zborník vedeckých prác online.

PodĎakovanie: Zborník vznikol v rámci prípravy a riešenia projektu VEGA č. 1/0102/21 „Znižovanie chemického zaťažovania a degradácie poľnohospodárskych a lesných pôd voľbou vhodných agrotechnológií s ohľadom na klimatické zmeny“ riešeného na Ústave poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky v r. 2021-2023.

Táto publikácia je publikovaná pod licenciou Creative Commons Attribution NonCommercial No Derivatives 4.0 International Public License (CC BY-NC-ND 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



2023, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

ISBN 978-80-552-2698-9

[DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226989](https://doi.org/10.15414/2023.9788055226989)

OBSAH

PREDHOVOR	5
ANALÝZA VPLYVU TECHNIKY V POZBEROVEJ ÚPRAVE NA KVALITU VYBRANÉHO DRUHU ZELENINY	6
MICHAL ANGELOVIČ, ADAM TKÁČ	6
OVERVIEW OF FOREIGN TRADE DEVELOPMENT IN FOOD AND AGRICULTURAL PRODUCTS IN SLOVAK REPUBLIC	16
ZUZANA BAJUSOVÁ, PAVOL FINDURA, JÁN JOBBÁGY, MIROSLAV PRÍSTAVKA, TATIANA BULLOVÁ.....	16
HODNOTENIE EFEKTÍVNOTI PESTOVANIA VYBRANÝCH PLODÍN V RASTLINNEJ VÝROBE UPLATNENÍM METÓDY ABC	22
JOZEF ĎUĎÁK.....	22
EFFECT OF DIFFERENT APPLICATION METHODS IN CHEMICAL PROTECTION ON PLANT COVERAGE	29
PAVOL FINDURA, MIROSLAV PRÍSTAVKA, EUGEN MIZERÁK, JAKUB MANKOVECKÝ, ZUZANA BAJUSOVÁ, TOMÁŠ GIERTL, ERIK LAVRÍK.....	29
PROXIMÁLNE SNÍMANIE VYUŽITELNÉ PRE AGROTECHNOLÓGIE ELIMINUJÚCE ZÁŤAŽ ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA.....	37
JANA GALAMBOŠOVÁ, MIROSLAV MACÁK	37
VYUŽITIE BIOUHLIA AKO ZDROJA TEPLA.....	42
TOMÁŠ GIERTL, MÁRIA KAPUSNIAKOVÁ, JÁN GADUŠ, MICHAL ANGELOVIČ	42
ZHODNOTENIE KVALITY PRÁCE ZAVLAŽOVAČA OTECH	46
JÁN JOBBÁGY, JÓZSEF VINCZE, ZUZANA BAJUSOVÁ, TATIANA BULLOVÁ.....	46
ZHODNOTENIE KVALITY PRÁCE PIVOTOVÉHO ZAVLAŽOVAČA VALLEY	52
JÁN JOBBÁGY, ZSOLT SZABO	52
ANALYSIS OF THE ROLLING RESISTANCE OF THE TIRES OF AGROFORESTRY MACHINERY ON A REINFORCED BASE.....	58
JÁN KOVÁČ.....	58
STRESS ANALYSIS OF UNDERCUT BLADE FOR SINGLE ROW SEEDLING	66
JOZEF KRILEK, MIROSLAV PRÍSTAVKA, PAVOL FINDURA	66
IMPACT OF TECHNOLOGY ON CHANGING SOIL PROPERTIES	73
MIROSLAV PRÍSTAVKA, PAVOL FINDURA, JOZEF RÉDL, ZUZANA BAJUSOVÁ, JOZEF KRILEK, JÁN KOVÁČ, EUGEN MIZERÁK, ERIK LAVRÍK	73
IMPROOVING AGRICULTURAL SCIENCE AND PRODUCTION BY UTILIZING THE ONLINE TOOLS.....	78
JOZEF RÉDL, PAVOL FINDURA, MIROSLAV PRÍSTAVKA	78
THE INFLUENCE OF THE ANNEALING TIME OF THE SAW BAND WELD ON ITS HARDNESS	85
MIROSLAVA ŤAVODOVÁ, JOZEF KRILEK	85

PREDHOVOR

Zvýšená intenzifikácia výroby je v súčasnosti spojená s vysokým chemickým zaťažením pôd a pestovaných komodít, často je to odrazom nedostatočnej pripravenosti na zmenu klimatických podmienok. Úlohou projektu VEGA 1/0102/21 sledovanie optimalizácie podmienok využívania poľnohospodárskej a lesnej techniky pri znižovaní jej degradačného vplyvu na pôdu a jej vlastnosti. Voľba vhodnej technológie obrábania v kombinácii s biostimuláciou, môže byť čiastočné riešenie problému.

Dôležitým intenzifikačným faktorom poľnohospodárstva je úroveň technickej základne poľnohospodárstva, to znamená úroveň vybavenosti strojmi a strojovým zariadením, jeho technickou úrovňou, stupňom opotrebovania a primeraným ekonomickým využívaním. Uvedená intenzifikácia je spojená so zmenou pôdneho stavu a preto je potrebné monitorovať rôzne aspekty ako mechanické vlastnosti pôdy, infiltrácia vody do pôdy, zásoba živín a chemické zaťaženie pôd. V súčasnosti sa sleduje aj únik emisných plynov. Z pohľadu ekonomiky je dôležitý vplyv technológie na energetickú náročnosť pri jej obrábaní.

Predpokladom zvyšovania úrovne konkurenčne schopného a rozvíjajúceho sa poľnohospodárstva je aj rozvoj výrobných technológií. Od nových perspektívnych výrobných technológií sa očakáva zvyšovanie produkcie poľnohospodárskych výrobkov, pri zvyšovaní kvality a bezpečnosti potravín, pri dodržaní environmentálnych požiadaviek a trvalo udržateľného rozvoja krajiny. Základným intenzifikačným a integračným prvkom poľnohospodárskej výroby sú stroje a strojové zariadenia, ako súčasť všetkých výrobných technológií v agropotravinárskom komplexe. Pri hľadaní možností ako obstáť v náročnej konkurencii na európskom trhu potravín, bude nevyhnutné zamerať technický rozvoj takým smerom, ktorý umožní znižovať priame výrobné náklady na jednotku produkcie v poľnohospodárskej prvovýrobe. Venovať pozornosť takým technológiám, ktoré sa vyznačujú nižšou spotrebou ľudskej práce a vyššou produktivitou. Úspešnosť technologických systémov prinášajúcich vyššie efekty v podobe vyššej výkonnosti strojov, nižších jednotkových nákladov a úspory ľudskej práce bude klásť vyššie nároky na manažment poľnohospodárskeho podniku ale aj obsluhu strojov, na ich vedomosti a zručnosti.

Súčasný trendy rozvoja poľnohospodárskych strojov kladú náročné a špecifické úlohy pre človeka pri realizovaní technického a technologického potenciálu, ktorý nové stroje a zariadenia predstavujú.

Riešeniu týchto problémov by mala napomôcť aj toto kolokvium, kde zvláštny význam venujeme skúmaniu efektívnosti implementácie rôznych prvkov systému presného poľnohospodárstva ako napríklad navádzanie strojových súprav s podporou navigačného systému GPS. Dôležitý je aj výskum efektov uplatňovania rôznych variantov pôdochranných technológií a to nielen s ohľadom na vlastnosti pôdy, ale aj vo vzťahu k okolitému životnému prostrediu čo sa týka produkcie emisií CO₂, NO_x a iných. Cielená aplikácia chemických prostriedkov prostredníctvom dronov a porovnanie efektivity pozemnej, leteckej a aplikácie spomínaných látok prostredníctvom dronov môže napomôcť prvovýrobe dosiahnuť znižovanie výrobných nákladov.

V súvislosti s rozvojom odvetvia bioenergetiky sa pozornosť výskumu sústreďuje na široké spektrum problémov od pestovania energetických plodín cez spracovanie biomasy na energetické účely až po hodnotenie vlastností pevných a kvapalných biopalív.

Riešením uvedených problémov sa zaoberá aj Ústav poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky ktorej história siaha až do roku 1953, kde svojimi príspevkami v predkladanom zborníku vedeckých prác chce prezentovať výstupy z jednotlivých projektov ktoré na katedre v krátkom čase prebiehali a prebiehajú. Aj vďaka týmto projektom sme mohli zakúpiť špičkovú laboratórnu techniku. Zároveň sa snažíme tieto poznatky implementovať prostredníctvom Útvaru transferu inovatívnych technológií do praxe.

prof. Ing. Pavol Findura, PhD.
vedúci projektu Vega č.012SPU-4/2020

ANALÝZA VPLYVU TECHNIKY V POZBEROVEJ ÚPRAVE NA KVALITU VYBRANÉHO DRUHU ZELENINY

MICHAL ANGELOVIČ, ADAM TKÁČ

Slovak University of Agriculture, *Institute of Agricultural Engineering, Transport and Bioenergetics*

Abstrakt: Cieľom práce bolo zhodnotiť linku strojov pri pozberovej úprave zemiakov v podniku ABM vegetable, s.r.o., Ivanka pri Nitre. Naším hlavným cieľom bolo zhodnotiť význam a možnosti využitia techniky pri pozberovej úprave zemiakov, z ohľadom na kvalitu výsledného potravinárskeho produktu. Praktická časť bola zameraná na hodnotenie linky strojov od príjmu po zbere na podniku až po vyskladnenie zemiakov. Medzi sledovanými parametrami boli hľuzy napadnuté hnilobou a mechanicky poškodené hľuzy. Z meraní vyplýva, že straty spôsobené mechanickým poškodením, sa pohybovali na úrovni 4,71 %, k čomu sa pridávali straty, ako množstvo prímеси a napadnuté hľuzy, ktoré boli spolu so zemiakmi dopravené z poľa. Priemerná hodnota prímеси bola 18,89 %. Na konci práce sme podniku odporúčali, aby nepretržite inovovali svoje technológie, nie len v oblasti vysádzovania a zberu, ale aj v oblasti pozberovej úpravy zemiakov.

Kľúčové slová: zemiaky, pozberová úprava, linka, triedenie, balenie, čistenie, použité stroje, skladovanie, straty.

Abstrakt: The aim of the work was to evaluate the line of machines for post-harvest processing of potatoes in the company ABM vegetable, s.r.o., Ivanka pri Nitra. Our main goal was to evaluate the importance and possibilities of using technology in the post-harvest processing of potatoes, regarding to the quality of the resulting food product. The practical part was focused on evaluation lines of machines from reception to harvesting at the company to the packing of potatoes. Among the monitored parameters were tubers attacked by rot and mechanically damaged tubers. The measurements show that losses caused by mechanical damage were at the level of 4.71%, to which were added losses such as the amount of admixture and infected tubers that were transported from the field together with the potatoes. The average value of the admixture was 18.89%. At the end of the work, we recommended the company to continuously innovate its technologies, not only in the field of planting and harvesting, but also in the field of post-harvest processing of potatoes.

Key words: potatoes, post - harvest processing, line, sorting, packing, cleaning, used machines, storage, losses.

1 ÚVOD

Zelenina patrí k nezastupiteľným doplnkom ľudskej výživy a má vysokú biologickú hodnotu. Zároveň je jedna z najnáročnejších plodín na pestovanie. Vyplýva to predovšetkým z veľkého počtu odrôd a druhov s rozdielnou nutričnou hodnotou a odlišnou náročnosťou na pestovanie, pozberové ošetrovanie, skladovanie a pod. Zelenina je nenahraditeľná, keďže je základom zdravia a kladne pôsobí aj na pracovný výkon. Najvhodnejšia je konzumácia čerstvej či surovej zeleniny, ktorá by mala byť hlavne kvalitná, zdravotne nezávadná a cenovo prijateľná.

Druhy zeleniny, ktoré sú dopestované na Slovensku sú konkurencieschopné s porovnateľnou zahraničnou zeleninou. Majú často aj lepšie kvalitatívne vlastnosti z hľadiska nutričnej hodnoty či chuťových vlastností, ako dovážaná zelenina. Naša dopestovaná zelenina stráca konkurencieschopnosť po zbere, pretože chýbajú vhodné zariadenia na pozberovú úpravu, predovšetkým na čistenie, triedenie, balenie, sušenie, trhovú úpravu, transport, označovanie a na skladovanie (Valšíková, 2004).

Predovšetkým pestovanie trhových plodín je sústredené na zemiaky, sladovnícky jačmeň a repku ozimnú. Nasledujúci vývoj a odhady naznačujú, že podiel umývaných, šúpaných a vákuovo balených

zemiakov v obchodnej sieti docieli viac ako 30 %. Tento zámer si bude vyžadovať investície do balenia hľúz pre obchodnú sieť a finalizácie úpravy (Kokoška, 2012).

2 MATERIÁL A METÓDY

Pre splnenie cieľa práce sme spracovali nasledovnú metodiku.

2.1 Charakteristika vybraného podniku

2.2 Charakteristika vybranej meranej odrody

- Annalena -varný typ A

2.3 Charakteristika vybranej linky strojov

- príjmová násypka,
- separačné ústrojenstvo GRIMME WG 900,
- automatický plnič paliet GRIMME GBF,
- triedička zemiakov,
- balenie zemiakov-šijací stroj Fischbein,
- sklady spoločnosti ABM s.r.o.

2.4 Výsledky merania pozberovej úpravy

Pre posúdenie kvality pozberovej úpravy zemiakov sme sledovali tieto faktory:

- mechanické poškodenie v kg vo vzorke a v %,
- množstvo prímiesí v kg vo vzorke a v %,
- množstvo hľúz s hnilobou v kg vo vzorke a v %.

2.5 Štatistické metódy hodnotenia

Na zhodnotenie výsledkov meraní sme použili počítač notebook Assus s programovým vybavením od firmy Microsoft Windows XP a Office 2010.

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

3.1 Charakteristika podniku

Obec Ivanka pri Nitre je v južnej časti Slovenska, na pravom brehu rieky Nitra, asi 8 km od Nitry. Spoločnosť ABM vegetable, s.r.o. vznikla v roku 2010. Zeleninu pestujú na ploche približne 270 ha pôdy. Pestujú rôzne druhy zeleniny, napríklad hlávkový šalát, kapustu obyčajnú karfiolovú, kel, hlávkovú kapustu, kukuricu na zrno, osivovú kukuricu, pšenicu a snečnicu. Z toho na zhruba 20 ha sú pestované zemiaky.

Základnou filozofiou firmy je priamy kontakt so zákazníkom. Svojím klientom sa snažia ku kvalitným produktom poskytnúť pridanú hodnotu. Spoločnosť ustavične vylepšuje svoje postupy a technológie z dôvodu zvýšenia kvality a konkurencieschopnosti na trhu.



Obrázok 1 Hlavná budova spoločnosti (Zdroj: autor)

3.2 Charakteristika vybranej meranej odrody

3.2.1 Annalena

Odroda Annalena je poloskorá šalátová a prílohová odroda výbornej kvality a chuti, pevnej konzistencie, vhodná na šúpanie. Je varný typ A. Šalátová odroda vhodná aj ako prílohový zemiak, výbornej kvality, ktorá vyniká sýto žltou dužinou a peknými dlho-oválnymi hľúzami s jemne

sieťovanou šupkou a plytkými očkami. Vyznačuje sa vysokými výnosmi, jej vlastnosti ju predurčujú na balenie, jej vnútorná kvalita je spojená s dobrými agronomickými parametrami. (POSPÍŠILOVÁ, 2005).



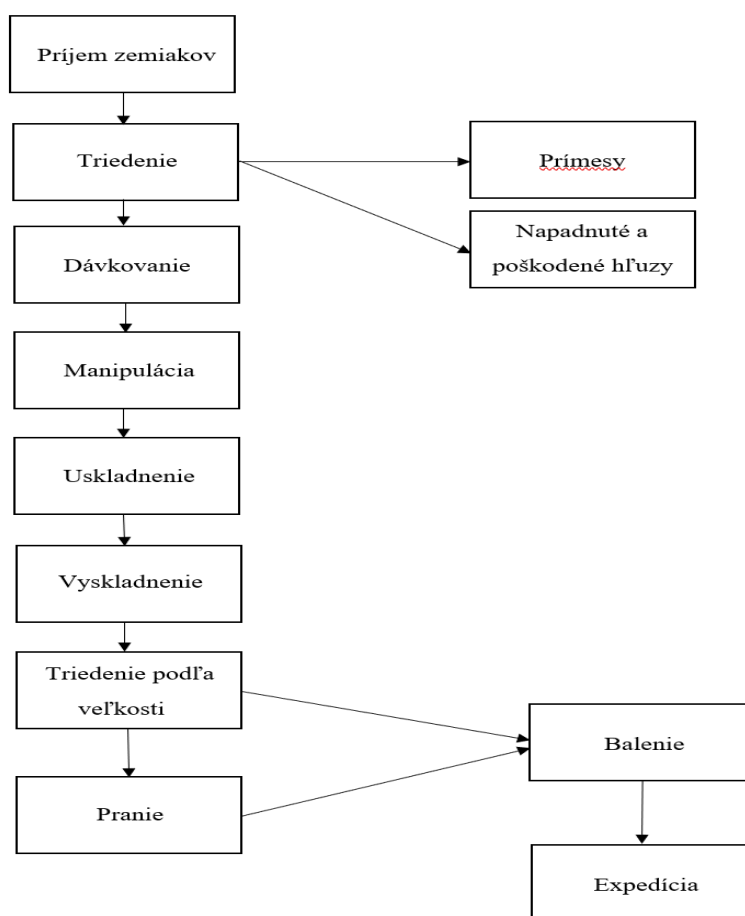
Obrázok 2 Hľuzy zemiakov Annalena (Zdroj: autor)

3.3. Charakteristika vybranej linky strojov

Funkciou tejto linky je spracovávať zemiaky, ktoré si dopestoval podnik. Linka pozostáva z príjmového ústrojenstva na príjem, skladovanie a balenie. (Obrázok č. 3).

Medzi hlavné časti príjmového ústrojenstva patrí príjmový kôš, triedička, predtriedička, triediaci pás a plniace zariadenie. Na úpravu mikroklímy sú v skladoch využité ventilátory a na manipuláciu s materiálom sa používa vysokozdvížný vozík.

Po vyskladnení sa zemiaky triedia manuálne a následne strojovo linkou na pozberovú úpravu zemiakov. Nasleduje balenie v automatickom stroji a expedícia k odberateľovi.



Obrázok 3 Technologické procesy v linke

3.3.1. Príjmová násypka linky stojov

Príjmová násypka je prvým článkom pozberovej linky. Priamo z dopravného prostriedku sú zemiaky vyklopené do násypky. Príjmová násypka zabezpečuje vysoký výkon a jemnú manipuláciu so zemiakmi súčasne. Aby nedochádzalo k zbytočným stratám pri príjme plodiny, má násypka viacero stupňov nastavenia pre rôzne druhy plodiny. Za násypkou nasleduje triediaci stôl a ďalšie zariadenia nutné k pozberovej úprave zemiakov.



Obrázok 4 Príjmová násypka (Zdroj: autor)

Násypka pokračuje na dopravníky a separačné ústrojenstvo (Obrázok č.5), kde cieľom je odseparovať kamene, zeminu a jedince napadnuté hnilobou a inými chorobami.



Obrázok 5 Separačné ústrojenstvo Grimme WG 900 (Zdroj: autor)

3.3.2. Dávkovanie zemiakov

Dávkovač boxov a paliet GBF je plne automatizovaný systém, ktorý môže byť aplikovaný ako v priebehu triedenia, tak v priebehu skladovania a spracovania zemiakov. Polohovací rám, ale aj nastaviteľná príjmová výška sú adekvátne na plnenie všetkých debien. Stroj s príkonom 5,5 kW je ovládaný terminálom GBT 840, cez ktorý sa nastavujú všetky dôležité funkcie a systémom Flow-control. Terminál GBT 840 umožňuje nastavenie rozmanitých funkcií. Výhodou je nastaviteľná výška, keďže pád zemiakov z veľkej výšky môže zapríčiniť ich poškodenie. Počas skladovania môže poškodená hľuza podľahnúť mikroorganizmom.

Po dosiahnutí maximálnej výšky plnenia sa box optimálne naplní zatahnutím plniaceho elevátora. Následne dopravník automaticky zmení smer dopravy a spustí plnenie ďalšieho boxu.



Obrázok 6 Automatický dávkovač paliet a boxov GBF(Zdroj: autor)

3.3.3. Triedenie zemiakov

Na triedenie zemiakov sa používa linka, ktorá triedi hľuzy podľa rozmerov. Podľa požiadaviek, sa rozmery hľúz dajú nastaviť v určitých intervaloch. Triediace ústrojenstvo pozostáva z valčekového mechanizmu. Vzdialenosť valčekov sa postupne mení, čo je dôsledok prepadnutia zemiakov rozličných rozmerov na dopravník pod valčkami. Vytriedené hľuzy sa pomocou dopravníkov naložia do debničiek alebo boxov.



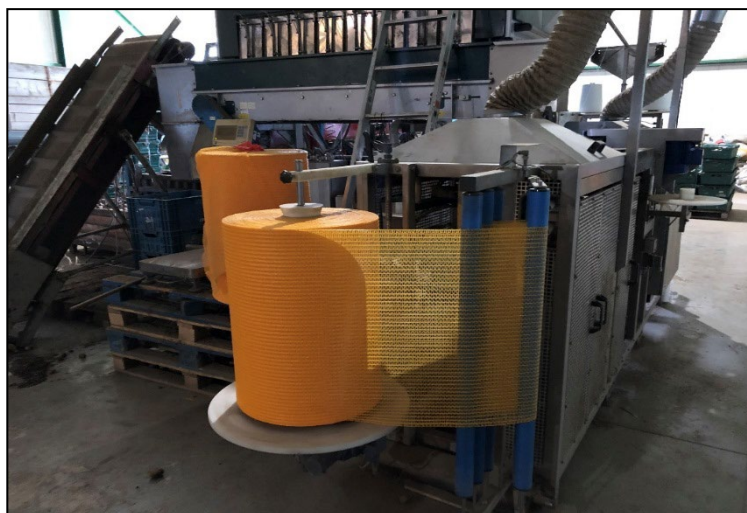
Obrázok 7 Triedička zemiakov (Zdroj: autor)

3.3.4. Balenie zemiakov

Zemiaky sú balené pomocou automatického sieťového šijacieho stroja od spoločnosti Gillenkirch. Stroj vykonáva automatické balenie do vopred pripravených sieťových rašľových vrecúšok. Veľkosť balenia je 5 a 25 kg. Balenia sú zašivané pomocou jednoniťového šijacieho stroja Fischbein. Podľa rozmerov balení sa nastavuje výška vynašacieho dopravníka. Za hodinu dokážu zabaliť približne 3 až 4 ton zemiakov.

3.4. Výsledky merania pozberovej úpravy

Pri posudzovaní linky sme sa zamerali na niekoľko kritérií a ukazovatele kvality zemiakov. Prvým kritériom hodnotenia bolo množstvo prímеси a nečistôt, ktoré boli privezené do haly z poľa. Nasledujúcim kritériom bol percentuálny podiel hľúz napadnutých rozdielnymi chorobami, mechanické poškodenie a rozdeľovanie hľúz do troch veľkostných skupín.



Obrázok 8 Automatický sieťový šijací stroj Fischbein (Zdroj: autor)

3.4.1. Straty spôsobené mechanickým poškodením

Pri hodnotení vzoriek, kde boli straty spôsobené mechanickým poškodením sme použili výberovú metódu. Táto metóda sa slúži napríklad pri štatistickom skúmaní akosti. Skúmali sme 10 vzoriek, ktoré sme vybrali náhodne a odvážili. Počet poškodených zemiakov sme zistili vizuálnou kontrolou. Zemiaky sme odvážili a výsledky zapísali do tabuľky č.1. Následne sme vypočítali štandardnú (smerodajnú) odchýlku meranej veličiny zo vzorca a variačný koeficient javu meranej veličiny.

Tabuľka 1 Straty spôsobené mechanickým poškodením

Číslo merania	Hmotnosť vzorky, kg	Hmotnosť poškodených hl'úz, kg	Mechanicky poškodené hl'uzy, %
1	10,16	0,45	4,43
2	10,42	0,55	5,28
3	9,52	0,47	4,94
4	9,97	0,43	4,31
5	10,55	0,67	6,35
6	9,66	0,42	4,35
7	9,43	0,38	4,03
8	10,62	0,71	6,69
9	10,24	0,29	2,83
10	9,57	0,37	3,87
\bar{x}	10,01	0,47	4,71
s	0,42	0,13	1,15
$V_k, \%$	4,19	27,43	24,43

Výsledky prevádzkových meraní prezentujeme v tabuľke č.1. Z výsledkov vyplýva, že minimálne množstvo poškodených hl'úz bolo 2,8 % a maximálne 6,69 % , s priemernou hodnotou 4,71 %.

3.4.2. Straty spôsobené prímiesami a hl'uzami napadnutými hnilobou

Podobne, ako pri predchádzajúcom bode sme z rovnakých 10 vzoriek zvolili vizuálnu kontrolu. Získané hodnoty sme zapísali do tabuľky č. 2 a 3.

Tabuľka 2 Množstvo prímiesí v sledovaných vzorkách

Číslo merania	Hmotnosť vzorky, kg	Hmotnosť prímiesí, kg	Prímiesi, %
1	10,16	1,05	10,33
2	10,42	1,12	10,75
3	9,52	2,35	24,68
4	9,97	1,75	17,55
5	10,55	1,45	13,74
6	9,66	1,86	19,25
7	9,43	2,97	31,50
8	10,62	2,52	23,73
9	10,24	1,64	16,02
10	9,57	2,04	21,32
\bar{x}	10,01	1,88	18,89
s	0,42	0,58	6,31
V _k , %	4,19	30,99	33,4

V tabuľke č.2 je zapísaných množstvo prímiesí, ktoré boli privezené spolu so zemiakmi z poľa. V sledovanej spoločnosti, sa podľa našich sledovaných štatistických údajov toto množstvo pohybuje od 10,33 % do 31,50 %. Priemerná hodnota prímiesí je 18,89 %.

Tabuľka 3 Množstvo hľúz napadnutých hnilobou

Číslo merania	Hmotnosť vzorky, kg	Hmotnosť hľúz s hnilobou, kg	Hľuzy s hnilobou, %
1	10,16	0,20	1,97
2	10,42	0,07	0,67
3	9,52	0,12	1,26
4	9,97	0,05	0,50
5	10,55	0,17	1,61
6	9,66	0,15	1,55
7	9,43	0,07	0,74
8	10,62	0,19	1,79
9	10,24	0,03	0,29
10	9,57	0,15	1,57
\bar{x}	10,01	0,12	1,20
s	0,42	0,06	0,56
V _k , %	4,19	45,83	47,2

Percentuálny podiel hľúz napadnutých hnilobou sa pohybuje od 0,29 % (zanedbateľné množstvo), po približne 1,20 %.

Zo záznamov firmy sme zistili, že množstvo odparenej vody sa pohybuje v rozpätí od 5 do 10 %. Hlavný podiel strát tvoria hmotnostné straty, ktoré sú spôsobené odparením vody zo zemiakov v priebehu skladovania.

3.4.3. Vyskladnenie zemiakov uskladnených na paletách

Pomocou vysokozdvížneho vozíka sa zabezpečuje vyskladnenie hľúz. Následne sa zemiaky prepravujú na pracovisko triediacej linky, kde sa vyložia a preberajú. Po preberaní nasledovali ďalšie operácie, podľa určenia výsledného produktu. Zemiaky boli triedené podľa veľkosti a odtiaľ sa presunuli do baliarne. V prípade potreby sa zemiaky vyčistili v bubnovej práčke a odtiaľ podobne ako neprané zemiaky sa presunuli do baliarne.

3.4.4. Triedenie zemiakov

V prvom kroku boli zemiaky triedené manuálne. Zemiaky, ktoré boli nevyhovujúce pre konzum a ďalšie spracovanie sa odstránili. Pomocou valčekových ústrojenstiev boli zemiaky triedené do 4. veľkostných skupín. V tabuľke č.4 sú uvedené jednotlivé veľkostné skupiny. Zmysel triedenia je v tom, že hľuzy rozdielnej veľkosti majú rôzne výkupné ceny.

Tabuľka 4 Veľkostné skupiny spracovaných zemiakov

Veľkostná skupina	Rozmery hľúz (mm)
1. Trieda	30 – 50
2. Trieda	50 – 60
3. Trieda	60 – 70
4. Trieda	> 70

3.4.5. Balenie zemiakov

Zemiaky sú balené pomocou automatického stroja Gillenkirch. Spoločnosť má viacero odberateľov, medzi ktorými sú školské jedálne alebo rôzne sklady. Zemiaky sa balia len do sieťovaných vriec s hmotnosťami 5 až 25 kg. Zabalené zemiaky sa odvážajú do medziskladov, kde sú pripravené na expedíciu. Medzisklady sú založené na vháňaní chladného nočného vzduchu dvomi výkonnými ventilátormi. Na jeseň je teplota udržiavaná medzi 16 – 18 °C a od novembra do februára je 5 °C. Na prepravu zemiakov do medziskladov a na nakladanie kamiónov slúži vysokozdvížny vozík.



Obrázok 9 Balenie zemiakov (Zdroj: autor)

3.4.6. Obchod s ovocím a zeleninou

Obchod sa nachádza v Ivanke pri Nitre. Venujú sa prvovýrobe niekoľkých druhov zeleniny. Počas letnej sezóny sa snažia zadovážiť ovocie a zeleninu najmä od slovenských farmárov. Nájdete u nich aj mnoho iného a zdravého tovaru ako sú rôzne druhy múk, olejov, taktiež strukoviny, ovocie, koreniny, čokolády, čaje, ovocné šťavy či zaváraniny.



Obrázok 10 Obchod s ovocím a zeleninou (Zdroj: autor)

ZÁVER

Pozberová úprava zemiakov je veľmi významný proces, ktorý nasleduje po vyoraní a zbere zemiakov z pôdy. Podstatné je správne vybrať pracovné postupy pri príjme, skladovaní, triedení a balení. Kvalita procesov prebiehajúcich pri pozberovej úprave závažne ovplyvňuje množstvo strát pri výrobe a kvalitu finálneho produktu.

Pozberová úprava zemiakov by mala byť spracovávaná čo najnižším počtom pracovných operácií, pretože pri každej ďalšej operácii sa riziko mechanického poškodenia zintenzívni a následne sa znižuje ich použiteľnosť pre trhové spracovanie.

V našich meraniach sme sa zamerali na straty spôsobené mechanickým poškodením, kde sa pohybovali na úrovni 4,71 %, k čomu sa pridávali straty ako množstvo prímеси a napadnuté hľuzy, ktoré boli spolu so zemiakmi dopravené z poľa. Priemerná hodnota prímеси bola 18,89 %.

STN 46 2200-1 udáva, že počas skladovania by teplota hľúz nemala klesnúť pod 2 °C a prekročiť úroveň 5°C. Zemiaky boli skladované v klimatizovanom sklade, kde od novembra do februára je teplota 5 °C a na jeseň je udržiavaná medzi 16 – 18 °C. V tomto prípade podmienky skladovania spĺňajú uvedenú normu.

Straty spôsobené mechanickým poškodením boli na úrovni 4,71 %, čo sa zhoduje s hore uvedenou normou, ktorá udáva maximálne hrubé poškodenie do 0,8 %, stredné do 5,5 % a ľahké do 13,5 %.

Podniku sme na základe meraní odporúčali, aby na základe svojich možností inovovali technológie nie len v oblasti vysádzania a zberu, ale aj v oblasti pozberovej úpravy zemiakov. Keďže sa jedná o potraviny, ktoré sú potrebné z hľadiska jej kvality a bezpečnosti, treba aj naďalej v danom podniku udržiavať technickú úroveň strojov na stanovenej úrovni. Odporúčame, aby sa zamerali na znižovanie strát od okamihu zberu, povedzme plnením boxov so zemiakmi priamo na poli. Tento krok by prospel k celkovému zníženiu strát, ale aj k obmedzeniu operácií potrebných k pozberovej úprave.

Problematika mechanizovaného zberu a pozberovej úpravy zeleniny z hľadiska strojov, technologického a ekonomického hľadiska je v rámci Slovenskej republiky málo preskúmaná, preto tieto otázky budú predmetom ďalšieho výskumu aj na Ústave poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky, Technickej fakulty SPU v Nitre.

Pod'akovanie

Príspevok vznikol s finančnou podporou v rámci projektu VEGA-1/0102/21: Znižovanie chemického zaťaženia a degradácie poľnohospodárskych a lesných pôd voľbou vhodných agrotechnológií s ohľadom na klimatické zmeny.

Literatúra:

1. KOKOŠKA, Ladislav. 2012. Distribúcia agrokodity – 1. časť. 2012 [online] [cit. 2016-04-03] Dostupné na: <http://www.posterus.sk/?p=13603>

2. POSPÍŠILOVÁ, Dorota a kol. 2005. *Ampelografia*. 1. vyd. Bratislava: Výskumná a šľachtiteľská stanica vinárska a vinohradnícka Modra, n.o. 2005. 368 s. ISBN 80-969350-9-7.
3. UHER, Anton – ČERNÝ, Ivan – MEZEY, Ján. 2008. *Poľné a záhradné plodiny*. 1. vyd. Nitra: SPU. 2008. 168 s. ISBN 978-80-552-0036-1.
4. VALŠÍKOVÁ, Magdaléna. 2004. Stav slovenského zeleninárstva a jeho trendy. 2004 [online] Nové Zámky: VÚZ 2004. [cit. 2004-05-04]. Dostupné na: <http://www.agroporadenstvo.sk/rv/zelenina/stavzel.htm>
5. <https://www.gastrostar.sk/product/zemiaky/32527>
6. <https://www.syngenta.sk/choroby/cernanie-byle-mokra-hniloba-zemiakov>
7. <https://www.syngenta.sk/choroby/fuzariova-hniloba-zemiakov>
8. <https://www.zahrada.sk/atlas/choroby-rastlin/fomova-hniloba-zemiakov-dute-zemiaky-dutiny-v-zemiakoch/>
9. <https://www.freshbox.sk/produkt/zemiaky-zlte-5-kg-vrecko-slovensko>
10. <https://umtrebon.cz/produkty/grimme-bramborarska-technika/589844640/grimme-plneni-beden-gbf>

Kontaktná adresa:

Ing. Michal Angelovič, PhD. (michal.angelovic@uniag.sk), Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika

OVERVIEW OF FOREIGN TRADE DEVELOPMENT IN FOOD AND AGRICULTURAL PRODUCTS IN SLOVAK REPUBLIC

ZUZANA BAJUSOVÁ¹, PAVOL FINDURA², JÁN JOBBÁGY³, MIROSLAV PRÍSTAVKA⁴, TATIANA BULLOVÁ¹

Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Economics and Management, Institute of Economics and Management ¹

Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Institute of Agricultural Engineering, Transport and Bioenergetics ^{2,3}

Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Institute of Design and Engineering Technologies ⁴

Abstract: International trade is the exchange of capital, goods, and services across international borders or territories because there is a need or want of goods services. Paper focuses on the Slovak Republic's foreign trade in food and agricultural products. The aim of the work is to assess foreign trade in our country and to interpret the data found. We have included the functions and instruments of foreign trade policy and fundamental processes in foreign trade. We compared the data and interpreted the different elements of trade, such as imports, exports, and balances. Analysis is focused on characteristics of import and export of selected products (live animals, meat, milk, eggs, honey, sugar, cereal and flour products); characteristics of import and export in foreign trade with selected countries; commodity analysis of foreign trade; territorial analysis of foreign trade, focusing on V4 countries. We have found that the Slovak Republic's foreign trade is stable, but we import more food and agricultural products than we export.

Keywords: foreign trade, Slovak Republic, grocery, goods

INTRODUCTION

Foreign trade is the trade of one national economy with another national economy, or by several, whereby goods or services cross national borders through commercial operations. (**Pavelka et.al. (2021)**). It is an important source of technological innovation, competition, specialization of economic scale and basic knowledge between countries. These factors play a key role in global economic development. It is also an influential mediator of economic expansion throughout the world. Engaging different countries in foreign trade helps them to revitalize their economies and achieve broad development goals such as poverty reduction, employment growth, food security, gender equality, health and environmental sustainability, as argued by **Sohamil et al. (2021)** in their study. Foreign trade gains are found to be low in prosperous economies but greater in poorer economies. At this stage, one of the main determinants is energy consumption and environmental degradation. Foreign trade is an important way of importing new products and thus helps to achieve the required level of high technology for investment. It creates significant potential for domestic companies to change production bases to more ecological ones (**LU et al. 2022**). The tools of foreign trade policy have traditionally had the greatest influence on the territorial and commodity structure, volume and, to a lesser extent, the institutional form of foreign trade implementation. **Svatoš (2009)** perceives it as part of state regulation of external economic relations. In practice, every trade policy oscillates between two extreme principles, namely between protectionism (protectionism) and liberalism (free trade). In addition, there is a bilateral (bilateral) and multilateral (multilateral) trade policy. It is distorted by time and reflects the overall economic situation. Basic tendencies can be traced in the politics of every state, which will not be affected even by political changes during elections. Every political change can bring about small changes, new approaches or other priorities that do not affect the basic directions. In foreign trade policy, we will also encounter discrimination, i.e. different obstacles towards individual countries, such as unequal treatment of the same goods for different countries. On the contrary, in some cases we can also encounter preferences, with the granting of advantages to certain countries. The Slovak economy is enormously dependent on the ability to assert itself on international markets,

as stated by **Baláž (2010)**. Since it is not sufficiently equipped with its own production resources, it bases its economic growth on a traditional industrial base and experience, a developed energy sector, an influx of foreign direct investments and a strategic geographical location. These factors determine the market segments in which Slovak companies or investors are able to successfully establish themselves abroad. In the practice of international trade, certain clauses have been created that the contracting parties have included in the contracts. Incoterms clauses are the most used and well-known. If the contracting parties agree on the use of these rules in international trade, they must explicitly state in their purchase contracts that they are governed by them. They are not international treaties and do not apply as international trade practices. They are binding until agreed upon by the contracting parties and only then do they become part of a specific contract, according to **Svatoš et al. (2009)**. Incoterms has been revised eight times since its original publication in 1936 to reflect current trade practices. The latest, 8th revision of Incoterms 2020 came into effect on January 1, 2020. It seems to be better and more organized, but it also brings some critical and controversial issues. It provides for each rule "instructions" that describe the basic elements of each rule; transfer of risk, distribution of costs, delivery of goods, etc. Guidelines help users choose the appropriate rule for a particular transaction, as described by **Kim (2022)**.

MATERIAL and METHODOLOGY

As the goal of the scientific contribution, we have chosen the analysis of foreign trade in food and agricultural products in the Slovak Republic for the period 2011-2021, based on data from the Eurostat database and the Statistical Office of the Slovak Republic. In the work we determine the share of foreign trade and subsequently analyze predetermined food and agricultural products with a focus on meat, milk and dairy products, eggs, sugar, cereal products, and live animals. We focused mainly on the V4 countries, as we have the largest foreign trade turnover with them.

To express the development of the foreign trade we used the formula of balance:

$$X = Ex - Im \quad (1)$$

where: X – represents the balance of the trade balance.

Ex – expresses the export of the country.

Im – expresses the import of the country.

- if the balance is > 0 , then the balance is active;
- if the balance is < 0 , then the balance is passive.

To provide and readable overview we used the method of time series analysis, with which we monitored the development of data over time and the method of graphical and tabular display of the obtained data, which was used in the graphical presentation of information.

RESULTS and DISCUSSION

Slovak Republic has a relatively small area compared to other countries in the European Union. In the past, it was more self-sufficient, but over time it gradually lost its comparative advantages in the food industry and the agricultural sector. It is conveniently located in the center of the European Union and has good access to various resources thanks to its location. During the monitored period of ten years, from 2011 to 2021, foreign trade in the Slovak Republic has advanced significantly. In total, we import and export more goods.

From the data in the Figure 1, we can see that every year the Slovak Republic exported more goods than it imported into the country. The last tracked year 2021 was a record year for imports and exports in recent years, and was the 2nd overall in history. Year-on-year growth was recorded in the amount of 12,315 €, which represents 16.22% in exports. An increase was also recorded in imports, in the amount of 13,832 €, which represents 19.05%.

As a country, we have the largest share of exports in the technical sector. We mainly export cars, televisions and monitors. We transport them mainly to the countries of the European Union, such as Germany, the Czech Republic, Italy, France, but also to China. We import the most non-food goods in the fuel sector, such as oil, natural gas or electricity, the prices of which have increased recently.

According to the latest surveys, the Slovak Republic mainly imports food that it can produce itself and agricultural products that it can grow itself. This is because other countries have a comparative advantage over us in growing or raising animals, and they have lower costs for the production of these products. We import them mainly from neighboring countries such as Poland, Austria, the Czech Republic or Hungary, mainly various types of meat; pork, beef, poultry. We also import bakery products, desserts and mineral waters from abroad more than in the past, despite the fact that as a country we were able to produce an excess of these foods in the past. Slovakia is a very good exporter of cereals, legumes, oilseeds, sweets, raw milk, eggs and honey. We send most of the exported products abroad for processing and subsequently buy them from foreign companies already processed as goods.

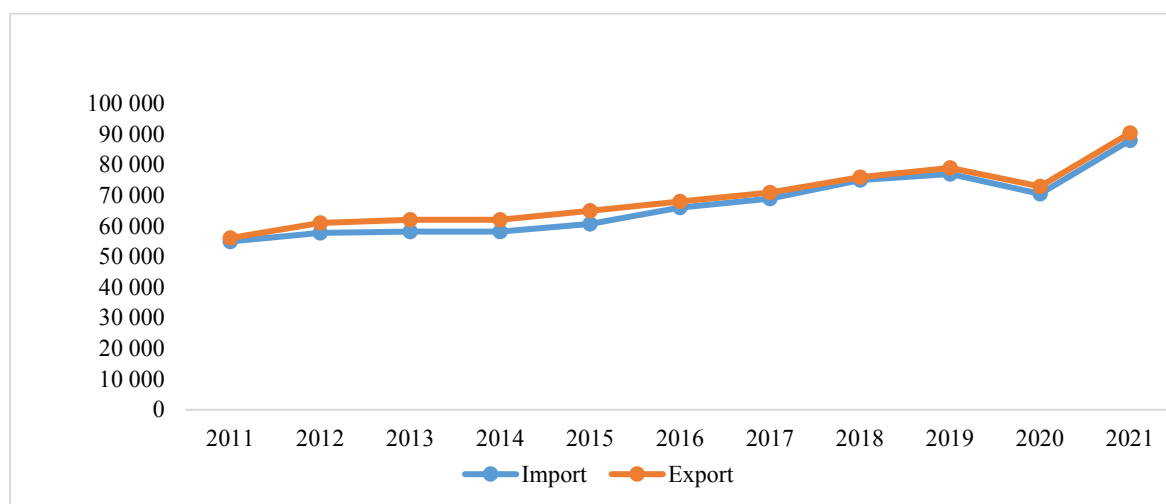


Figure 1 - Export and import of the Slovak Republic 2011-2021 (in €)

Source: Authors own processing based on data from Statistical office of SR

Table 1 Development of trade in food and agricultural products in the Slovak Republic (in million €)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Export	2919	3773	3263	2735	2735	2827	2836	2856	2915	3136	3637
Import	3723	4183	3896	3790	3831	4104	4238	4486	4728	4831	5362
Balance	-805	-410	-633	-1055	-1096	-1278	-1402	-1630	-1813	-1695	-1725
Turnover	6642	7956	7159	6524	6566	6931	7074	7343	7643	7967	8999

Source: Authors own processing based on data from Statistical office of SR

Slovak Republic has a passive balance in foreign trade in the food and agricultural products sector every year for the specified monitored period. As we can see from the table 1, the negative balance is increasing. In the last observed year, 2021, it represents -1,725 million. €, which means that it increased year-on-year by approximately 7.7% compared to 2020. Exports of agricultural products and food reached 3,637 million in 2021. € and imports represent a value of 5,362 million. €. In percentage terms, this represents an increase of 14.8% in exports and approximately 12.4% in imports. The largest passive balance in agribusiness was recorded in 2019 in the amount of 1,813 million. € and on the contrary the lowest in 2012, only 410 million €. The largest export since the introduction of the euro currency was recorded in 2012 in the amount of 3,773 million. € and the most we imported in this category in 2021 was food and agricultural products for 5,362 million. €, as we can see in table 1.

Slovak Republic imports more food than it exports. We focused on five basic groups according to the harmonized system, which we will analyze in detail and evaluate their development in the monitored period from 2011 to 2021. Among the foods that are traded the most are mainly basic food and they are mainly imported from nearby, neighboring countries. The items we have chosen are animals, meat, milk, sugar, and grain products.

Of the selected items, the most exported were sugar and confectionery, with a total value of 356,743 €, and the least exported were cereal and flour products, worth 87,345 € in 2011. In this year, the most meat and edible meat offal was imported in the amount of 378,721 €, and the least live animals in the

amount of only 66,259 €. In the last year of the monitored period, the most exported milk and dairy products, eggs and honey were 313,194 € in total, and the least exported was meat and edible meat offal in the amount of 98,542 €. The most imported was meat and edible meat offal for 552,114 €, and the least imported was live animals in the total amount of 73,185 € in 2021.

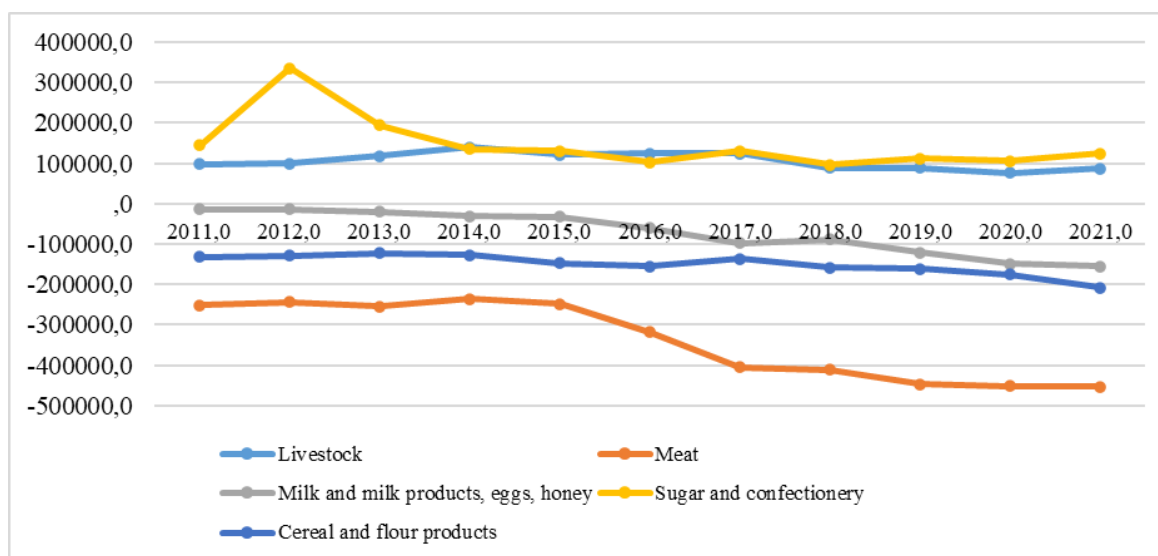


Figure 2- Foreign trade balance (in €)

Source: Authors own processing based on data from Statistical office of SR

From the Figure 2 can be seen, that sugar and live stocks are the groups with positive foreign trade balance in whole monitored period, what means that export exceed import. The highest value of negative foreign trade balance was recorded within the meat, so that in Slovakia most of the meat for consumption is from abroad, this is mainly due the price. From 2011 to 2021, we imported various types of meat for 5,063,615 €. On the contrary, in each year we imported the least amount of live animals, in the amount of 896,765 € during the entire monitored period.

Our research focuses also on the ratio of the countries to which we generally exported the most and from which we imported the most. Among the countries with which we do the most food trade are mainly countries in the European Union. It has many advantages, including, for example, exemption from customs duties when transporting goods within the European Union. Transporting food can have many complications and therefore it is worthwhile to import it from nearby countries, it applies mainly to food that is perishable and more demanding to transport.

Based on the data from the Eurostat database, we have found that we trade mostly with the Czech Republic, Hungary and Poland with predetermined products. The turnover of foreign trade with the Czech Republic in the first year of the monitored period was 859,086,027 €, and in the last it was 984,490,831 €. We imported the most milk and milk products in 2021, in the total amount of 168,451,565 €, and we also exported the most milk, in the amount of 127,070,119 €.

Table 2 Foreign trade in 2011 (in €)

	Czech republic		Hungary		Poland	
	Import	Export	Import	Export	Import	Export
Livestock	47 685 268	12 247 201	10 712 802	71 307 600	628 987	25 904 729
Meat	157 035 806	66 468 284	47 883 600	29 319 839	49 168 267	5 401 434
Milk and milk products, eggs, honey	109 076 959	70 983 372	17 237 366	80 621 783	84 701 333	6 882 214
Sugar and confectionery	51 534 572	72 943 375	103 542 543	173 565 256	18 042 293	40 143 870
Grain and flour products	114 540 615	50 555 137	16 645 157	10 379 167	31 912 124	11 711 002

Source: Authors own processing based on data from Eurostat

The total turnover of foreign trade with Hungary in 2011 reached 607,090,387 €, and in 2021 it decreased to 332,526,180 €. We imported the most sugar and confectionery in the amount of 103,542,543 €, and we also exported the least amount of sugar in the total amount of 173,565,356 € in 2011. In 2021, we imported the most meat and edible meat offal in the amount of 58,911,156 €, and the most exported live animals to Hungary, in the total amount of 59,551,867 €.

In foreign trade with Poland, we achieved a total turnover of 308,297,092 € in 2011, and it increased during the monitored period until it reached 531,340,742 € in 2021. In 2011, we imported the most milk and dairy products, eggs and honey from Poland in the total amount of 84,701,333 €, and we exported the most sugar and confectionery for €40,143,870. In 2021, we imported the most meat for 152,028,636 € and exported the most cereal and flour products for 35,670,092 €.

Table 3 Foreign trade in 2021 (in €)

	Czech republic		Hungary		Poland	
	Import	Export	Import	Export	Import	Export
Livestock	33 887 412	13 210 659	14 650 020	59 551 867	5 073 763	32 999 551
Meat	116 905 152	33 397 526	58 911 156	27 438 026	152 028 636	10 769 302
Milk and milk products, eggs, honey	168 451 565	127 070 119	11 285 256	36 145 105	124 848 094	22 754 609
Sugar and confectionery	37 407 253	24 239 916	8 340 239	36 163 014	9 964 765	30 942 647
Grain and flour products	195 114 587	82 124 746	16 645 157	20 039 877	61 118 565	35 670 092

Source: Authors own processing based on data from Eurostat

CONCLUSION

Slovak Republic has long been trying to have an active balance in foreign trade. In overall foreign trade, it meets this goal, but in agro trade it has a long-term passive balance, which reached its maximum in 2019 and has been trying to reduce its values since then. However, more food and agricultural products are still imported into the country than exported. As we could read above, our country has introduced various trade measures to protect domestic consumers and the quality of imported food. These are various import quotas, customs duties, but also quality controls. In the future, the country will try to be more self-sufficient in the sectors for which it has the prerequisites. The balance of foreign trade was passive in every year of the monitored period, which means that we import more food than we export. The lowest balance was in 2012, i.e. -410 million. € and the highest in 2019 in the amount of -1,813 mil. €. The turnover of foreign trade in total increased every year during the monitored period, which means that there is more trade in foreign trade every year. In the food and agricultural product analysis section, we have already specifically addressed the groups of food and agricultural products and found data on imports and exports, from which we calculated the balance. We found out what is exported the most and least in each year of the monitored period and what is imported the most and least. We interpreted these data step by step and summarized this information at the end. Toward the end, we summarized the most exported and most imported foods, including numerical data in euros. The focus was on the Slovak Republic and the European Union, but we also slightly summarized foreign trade with third countries. The last chapter was about the intention of foreign trade of the Slovak Republic and its goals for the future.

References:

- 1 BALÁŽ, Peter a kol. 2010. *Medzinárodné podnikanie na vlne globalizujúcej sa svetovej ekonomiky*. Bratislava : Sprint. 546 s. ISBN 978-80-89393-18-3.
- 2 EUROSTAT [online] [cit. 18-11-2023]. Avalilabe at: [Database - International trade in goods - Eurostat \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&plugin=1)

- 3 KIM, Sang Man. 2022. Some Critical & Controversial Issues on Incoterms 2020 for International Trade. In *Kluwer Law Online*. (Online). Aktualizované 2022-01-17. Dostupné na :<https://kluwerlawonline.com/journalarticle/Global+Trade+and+Customs+Journal/17.1/GTCJ2022006>
- 4 LU, Zhou a kol. 2022. Welfare gains from international trade and renewable energy demand: Evidence from the OECD countries. In *Science Direct*. (Online). Aktualizované 2022-06-30. Dostupné na : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988322003085>
- 5 PAVELKA, Viera – RUŽENKOVÁ, Ľubica – ZUBALOVÁ, Ľuboš. 2021. *Inštitucionálna podpora financovania exportu a zahraničných investícií vo vybraných krajinách EÚ*. Praha : Leges. 196 s. ISBN 978-80-7502-503-6.
- 6 SOHAMIL, Mir – ZATULLAH, Zengfu - LI, Hafiz M. 2021. Effect of Foreign Direct Investment on Bilateral Trade: Experience From Asian Emerging Economies. In *Journals SAGE pub*. (Online). Aktualizované 2021-10-26. Dostupné na : <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/21582440211054487#bibr65-21582440211054487>
- 7 STATISTICAL OFFICE OF SR [online] [cit. 18-11-2023]. Available at: [Foreign trade \(statistics.sk\)](https://statistics.sk)
- 8 SVATOŠ, Miroslav a kol. 2009. *Zahraniční obchod teorie a prax*. Praha : Grada Publishing, a.s. 368 s. ISBN 978-80-247-2708-0.

Contact address: Ing. Zuzana Bajusová, PhD., Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Economics and Management, Tr. A. Hlinku 2, 94976 Nitra

HODNOTENIE EFEKTÍVNOSTI PESTOVANIA VYBRANÝCH PLODÍN V RASTLINNEJ VÝROBE UPLATNENÍM METÓDY ABC

JOZEF ĎUĎÁK

Technická fakulta, SPU v Nitre

Summary: Current results in the cultivation of field crops at the national level point to a low level of achieved cost profitability. In the contribution, the results of the evaluation of the efficiency of the cultivation of wheat, barley, rapeseed, corn for grain, sugar beet and sunflower are processed in more detail. When calculating the economic efficiency of growing selected crops at the supra-enterprise level, the value of the indicator of the effect of production inputs was determined in the range of 0.665 to 1.275 when growing wheat, when growing barley 0.703 to 1.352, when growing rapeseed 0.326 to 1.256, when growing corn for grain 0.677 to 1.450, when growing sugar beet 0.662 to 1.578 and when growing sunflower at the level of 0.609 to 1.399. However, at the corporate level, it is possible to apply several variants of production technologies, therefore it is necessary to pay attention to their evaluation from the point of view of economic efficiency and energy consumption. The solution presented in the work with the application of the ABC method can therefore be a suitable tool.

Keywords: technological procedures, economic efficiency, effect of production inputs

Súhrn: Aktuálne výsledky pri pestovaní poľných plodín na celoslovenskej úrovni poukazujú na nízku úroveň dosahovanej miery rentability nákladov. V príspevku sú podrobnejšie spracované výsledky hodnotenia efektívnosti pestovania pšenice, jačmeňa, repky, kukurice na zrno, cukrovej repy a slnečnice. Pri výpočte ekonomickej efektívnosti pestovania vybraných plodín na nadpodnikovej úrovni bola stanovená hodnota ukazovateľa efektu výrobných vstupov pri pestovaní pšenice v rozmedzí hodnôt 0,665 až 1,275, pri pestovaní jačmeňa 0,703 až 1,352, pri pestovaní repky 0,326 až 1,256, pri pestovaní kukurice na zrno 0,677 až 1,450, pri pestovaní cukrovej repy 0,662 až 1,578 a pri pestovaní slnečnice na úrovni 0,609 až 1,399. Na podnikovej úrovni je však možné uplatniť viaceré varianty technológií výroby, preto je nevyhnutné venovať sa ich hodnoteniu z hľadiska ekonomickej efektívnosti a energetickej náročnosti. V práci predstavené riešenie s uplatnením metódy ABC môže byť preto vhodným nástrojom.

Kľúčové slová: technologické postupy, ekonomická efektívnosť, efekt výrobných vstupov

ÚVOD

Výrobné náklady sú považované za jeden z najdôležitejších kvalitatívnych ukazovateľov hospodárenia poľnohospodárskeho podniku. Vyjadrujú kvalitu zhodnocovania zdrojov vo výrobe jednotlivých poľnohospodárskych produktov. Od ich štruktúry, vývoja a úrovne sa odvíja tvorba vlastných finančných zdrojov podniku, tvorba zisku, prostriedkov na odmeňovanie i všetkých ďalších ukazovateľov reprodukcie a efektívnosti hospodárenia. Častým problémom pri stanovení skutočnej výšky nákladov na výrobu poľnohospodárskych produktov a výpočte efektívnosti ich výroby sa stáva voľba prístupu a interpretácia analyzovaných údajov. Kalkulácie úplných nákladov je možné zostavovať dvoma spôsobmi:

- tradičnou metódou podľa klasického kalkulačného vzorca,
- metódou ABC.

V odborných analýzach publikovaných na Slovensku sú najčastejšie uvádzané výsledky nákladovosti poľnohospodárskych výrobkov spracované VÚEPaP (Kubánková a kol., 2012). Tieto vychádzajú z tradičného štatistického zisťovania nákladov vo vybranom súbore poľnohospodárskych podnikov a sú využívané pri rôznych analýzach a hodnoteniach efektívnosti výroby na nadpodnikovej úrovni (napr. na úrovni MP SR pri vypracovávaní návrhov na zmeny v nástrojoch agrárnej politiky), ako aj na podnikovej úrovni pri vypracovávaní odporúčaní a opatrení pre minimalizáciu nákladov. Pri takejto klasickej kalkulačnej úplných nákladov však vznikajú problémy s objektívnou alokáciou nepriamych

nákladov a s ich neúplným a prekročeným krytím pri nedodržaní plánovaného množstva a sortimentu výkonov.

Najobjektívnejšie výsledky pri rozvrhovaní nákladov je možné dosiahnuť pomocou kalkulačnej metódy ABC (Activity Based Costing). Vyžaduje si to však modifikáciu nákladového systému podniku tak, aby umožnil evidovať, spracúvať a prezentovať náklady vyvolané jednotlivými čiastkovými činnosťami. Jednotlivé čiastkové činnosti je potrebné v podniku identifikovať. Hlavná myšlienka metódy ABC spočíva v tom, že za príčinu vzniku nákladov považuje činnosti a nie jednotlivé výkony. Preto si vyžaduje znalosti a poznatky o vecnom priebehu konkrétnych činností, postupov a procesov vnútri podniku. Na začiatku snaženia podniku o uplatnenie uvedenej metódy stojí identifikácia činností, ktoré vyvolávajú vznik nákladov. Náklady vyvolané každou činnosťou sa potom priradujú k výkonom, ktoré danú činnosť spotrebúvajú.

MATERIÁL A METÓDY

Pri spracovaní charakteristiky ekonomickej efektívnosti technologických procesov pri pestovaní poľných plodín na nadpodnikovej úrovni bola využitá metodika kalkulácie vlastných nákladov poľnohospodárskych výrobkov (Anonym, 2002). Základný metodický prístup vychádzal z podrobného hodnotenia štruktúry nákladových položiek na úrovni materiálových nákladov, nákladov na prácu strojov a režijných nákladov (spolu vlastných nákladov). Z pomeru priemernej realizačnej ceny a vlastných nákladov na výrobu jednotky hlavného výrobku bol stanovený ukazovateľ efektu výrobných vstupov. Ako podkladové zdroje pre vykonanie uvedenej analýzy sme využili údaje publikované VÚEPaP v rokoch 1999 až 2021.

Pri hodnotení ekonomickej efektívnosti pestovaných plodín na podnikovej úrovni bol zvolený postup spracovania podrobných technologických kariet plodín Ďuďák (2001). Metodika je založená na spracovaní podrobných charakteristík pracovných postupov pri pestovaní poľných plodín, analyzovaní nákladov na prevádzku používanej techniky a podrobnom sledovaní spotrebovaných pracovných a materiálových vstupov. Práve takýto prístup si vyžaduje uplatnenie metódy ABC pri podrobnom alokovaní nákladov na jednotlivé pracovné operácie spojené s vykonávaním činností, procesov a postupov na podnikovej úrovni. V tejto časti práce boli využité údaje spracované pri hodnotení technológií pestovania pšenice.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na základe podkladov štatistického zisťovania nákladov a výnosov poľnohospodárskych výrobkov, ktoré v podmienkach Slovenska zabezpečuje Výskumný ústav ekonomiky poľnohospodárstva a potravinárstva (VÚEPaP), bola spracovaná analýza vývoja nákladov pri pestovaní vybraných plodín za obdobie rokov 1999 až 2021 (tabuľka 1).

Z uvedených údajov je zrejmé, že v období rokov 1999 až 2021 bolo pestovanie vybraných produktov z hľadiska ukazovateľa efektu výrobných vstupov realizované na rôznej úrovni. Z priemerných hodnôt možno zistiť, že najlepšie v hodnotenom období z hľadiska zvoleného ukazovateľa dopadli jačmeň, kukurica na zrno a cukrová repa. Pestovanie ostatných hodnotených produktov bolo pri porovnávaní výnosov a nákladov pre farmárov stratové. Pre objektivnosť je treba uviesť, že pri hodnotení nákladov a výnosov nebolo uvažované na strane príjmov (výnosov) u farmárov so žiadnymi priamymi platbami (dotáciami) a na strane nákladov nebolo uvažované s nájomným za prenajatú pôdu a s daňou z pôdy. Z hľadiska riadenia výroby je dôležitým predpokladom poznanie štruktúry jednotlivých nákladových položiek. Podiel vybraných nákladových položiek u hodnotenej skupiny plodín v analyzovanom období je uvedený v tabuľke 2. Je zrejmé, že vybrané nákladové položky sa rozdielnym spôsobom podieľajú na vlastných nákladoch spojených s výrobou konkrétneho výrobku. Napr. pri pestovaní olejnín (repy a slnečnice) predstavujú najväčší podiel materiálové náklady (osivá, hnojivá pesticídy), pri pestovaní obilnín a kukurice na zrno prevládajú náklady na prácu strojov, ktoré dosahujú viac ako 40 % podiel.

Tabuľka 1 Analýza nákladov a výpočet ukazovateľa efektu výrobných vstupov pri pestovaní vybraných plodín v období rokov 1999 – 2021

	Vlastné náklady, €/ha		VN hlavného výrobku, €/t		Priemerná realizačná cena, €/t			Efekt výrobných vstupov		
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	max.	
	priemer		priemer		priemer		priemer		priemer	
pšenica	514,80	1 028,87	113,44	201,54	102,94	208,93	0,665	1,275		
	734,72		151,36		150,04		0,998			
jačmeň	399,56	1 029,05	115,42	192,98	114,59	213,98	0,703	1,352		
	670,52		155,77		162,16		1,052			
repka	583,75	1 285,19	249,62	855,65	224,42	484,98	0,326	1,256		
	922,61		362,12		328,18		0,949			
kukurica na zrno	656,74	1 378,39	98,31	211,15	102,84	199,17	0,677	1,450		
	911,89		139,79		144,25		1,052			
cukrová repa	1 250,25	2 304,44	25,32	43,61	20,33	57,03	0,662	1,578		
	1 834,43		33,34		33,66		1,012			
slnečnica	462,49	971,60	261,73	387,64	198,26	456,91	0,609	1,399		
	755,15		321,93		315,90		0,980			

Prameň: VÚEPaP, ŠÚ SR a vlastné výpočty

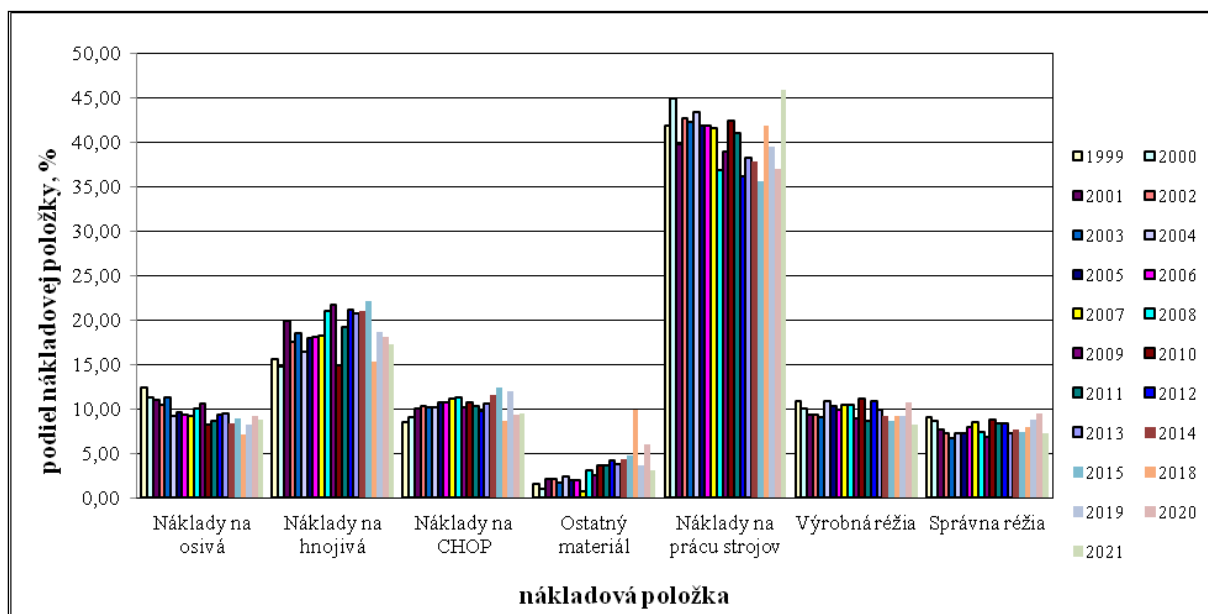
Tabuľka 2 Podiel jednotlivých nákladových položiek na vlastných nákladoch v období rokov 1999 - 2021

Nákladové položky:	materiálové náklady na				náklady na prácu strojov	výrobná réžia	správna réžia
	osivá	hnojivá	CHOP	ostatný materiál			
jednotka	%	%	%	%	%	%	%
plodina:							
- pšenica	9,57	18,51	10,38	3,26	40,58	9,80	7,91
- jačmeň	10,63	14,77	9,89	3,34	41,58	11,02	8,76
- repka	5,27	20,96	21,64	2,18	33,31	9,43	7,20
- kukurica na zrno	14,00	14,62	9,05	3,10	41,41	10,12	7,71
- cukrová repa	10,98	10,79	18,82	1,69	38,80	10,72	8,20
- slnečnica	11,73	13,14	18,53	3,39	34,65	10,16	8,40

Prameň: VÚEPaP, ŠÚ SR a vlastné výpočty

Podrobnejší vývoj vybraných nákladových položiek pri pestovaní pšenice v hodnotenom období rokov 1999 až 2021 je predstavený na obr. 1.

Z obrázku je taktiež zrejme, že najvyšší podiel z hľadiska hodnotených nákladových položiek predstavujú náklady na prácu strojov, zároveň je však vidieť aj trend znižovania podielu uvedenej nákladovej položky v rámci vlastných nákladov. Predpokladáme, že k znižovaniu podielu nákladov na prácu strojov pri pestovaní pšenice, ale aj niektorých ďalších plodín dochádza tak v dôsledku nárastu používania minimalizačných technológií pri zakladaní porastov (podľa informácií VÚRV v Piešťanoch je podiel minimalizačných technológií v súčasnosti približne 30 %-ný), ako aj uplatňovania rozdielnych variantov pracovných postupov na podnikovej úrovni, no zo štatistických údajov VÚEPaP sa to presnejšie zistiť nedá. Z uvedeného dôvodu sme pristúpili k vykonaniu podrobnej analýzy nákladov pri pestovaní vybraných plodín na podnikovej úrovni metódou zostavovania technologických kariet plodín a prístupom založeným na využití metódy ABC.



Obrázok 1 Štruktúra podielu vybraných nákladových položiek pri pestovaní pšenice v období rokov 1999 - 2012

V súvislosti s riešením úlohy odbornej pomoci pre opatrenie „Zelená nafta 2019+“ bol vypracovaný modelovací program pre analýzu prevádzkových ukazovateľov (normatívov) nasadenia strojov a nákladových ukazovateľov v rastlinnej výrobe. Modelovací program umožňuje pre jednotlivé plodiny pomerne podrobným spôsobom vykalkulovať celkové náklady na jednotku produkcie, čo má význam napr. pre kalkuláciu ceny produktu, výsledný zisk (resp. stratu) a celkovú rentabilitu plodiny, tzn. v percentách vyjadrený pomer výsledného zisku na jednotku vynaložených nákladov. Dostupné kalkulačné programy umožňujú aj stanovenie tzv. úrodového prahu - výpočet minimálnej úrody plodiny potrebnej pre dosiahnutie aspoň nulovej rentability. S podobným spracovaním modelovacieho programu bolo uvažované aj pri navrhovanom riešení. Dôležitým výstupom modelovania sú vypočítané hodnoty plánovanej spotreby času práce, spotreby nafty a výsledných výrobných nákladov pre zvolený variant technológie.

Aktuálne využívané modelovacie programy majú hlavnú výhodu v tom, že pri pomerne nízkej náročnosti na náklady a čas uľahčujú prípravu výroby. Predovšetkým pre túto etapu zabezpečenia výrobného procesu sú nakoniec aj určené. Ich hlavným (a zatiaľ neriešiteľným) nedostatkom je to, že reálne výsledné hodnotenie ekonomiky pestovania vybranej plodiny je aj pri precíznom dodržaní naplánovaného (namodelovaného) technologického postupu a z výsledkov plánovania vyplývajúcných nákladov v konečnom dôsledku závislé predovšetkým od dosiahnutej úrody plodiny a hlavne od jej reálnej trhovej ceny. A tu už „do hry“ vstupujú viaceré faktory, ktoré sa spravidla nedajú na podnikovej úrovni ovplyvniť, ako je napr. faktor počasia, ktorý môže ovplyvniť tak výšku dosiahnutej úrody, ako aj jej kvalitu, faktor ponuky a dopytu tovaru na trhu a od toho sa odvíjajúcej aktuálnej realizačnej ceny, a pod. Preto je možné skutočnú „ekonomiku“ vyhodnotiť až s odstupom času po ukončení hospodárskeho roka. Napriek uvedenému „nedostatku“ sú modelovacie programy vhodným a často využívaným riešením.

Hlavný rozdiel medzi štatistickým zisťovaním nákladov podľa metodiky používanej VÚEPaP, ktorej výsledky boli uvedené v predchádzajúcej časti príspevku a postupom zostavovania technologických kariet plodín, ktorý sme použili pri hodnotení efektívnosti výroby na podnikovej úrovni, spočíva v podrobnom kalkulovaní a priradovaní nákladov na jednotlivé pracovné operácie podľa reálnych súvislostí (metódy ABC). Takýto prístup ku kalkulácii nákladov umožňuje aj zistenie činností (operácií), ktoré v podniku predražujú výrobu a vytvára predpoklady pre hľadanie možností na redukcii výrobných nákladov.

V prvej etape riešenia úlohy bol modelovací program využitý pri výpočte normatívov spotreby nafty. Dosiahnuté výsledky modelovania sú porovnateľné s rôznymi hodnotami normatívov publikovaných v zahraničných zdrojoch ako výstupy z rôznych modelovacích programov (tabuľka 3). Ak zahraničné

zdroje informácií uvádzajú určitý rozsah v nastavenom normatíve, je to práve z dôvodu hodnotenia variantných riešení vybraných technológií v rámci modelovania.

Tabuľka 3 Normatívy spotreby nafty pri pestovaní obilnín

Kód a názov plodiny podľa číselníka PPA	Normatív spotreby nafty, l.ha ⁻¹		
	SR	Nemecko	ČR
101 Pšenica ozimná	87,24	83,83	77,9 - 89,8
102 Pšenica jarná	84,14	83,65	68,4 - 82,1
103 Pšenica tvrdá	86,73	88,43	
104 Raž siata	77,30	82,57	50,9 - 89,9
105 Triticale	86,81	82,72	68,1 - 90,2
106 Jačmeň jarný	85,90	81,18	74,1 - 97,9
107 Jačmeň ozimný	87,17	84,33	65,4 - 92,3
108 Ovos siaty	82,71	79,1	73,2 - 97,6
109 Kukurica	105,96	87,42	77,8 - 111,5

Na to možno poukázať v príklade podrobne spracovaných technologických kariet pri pestovaní pšenice (tabuľky 4, 5 a 6) s navrhovaným variantným riešením vybraných pracovných operácií.

Tabuľka 4 Technologický postup pestovania pšenice ozimnej

- konvenčná technológia

	Normatív spotreby nafty, l.ha ⁻¹	Náklady na prácu strojov v €·ha ⁻¹ (bez DPH)
I. fáza - príprava pôdy a sejba		
podmietka tanierovým podmietačom	6,64	35,60
valcovanie po podmietke	3,68	17,99
stredná orba	20,33	61,13
drvenie hrúd	6,30	23,35
nakladanie priemyselných hnojív	0,08	0,35
doprava priemyselných hnojív traktorovou dopravnou súpravou	0,19	0,66
predsejbové hnojenie priemyselnými hnojivami bez dopravy	1,10	13,47
príprava pôdy kombinátorom	5,77	25,65
nakladanie žeriavovým nakladačom (objemová hmotnosť nad 400 kg·m ⁻³)	0,08	0,28
doprava osiva traktorovou dopravnou súpravou	0,11	0,44
plnenie zásobníka sejačky z veľkoobjemových vakov	0,10	0,32
sejba univerzálnymi sejačkami	3,64	38,08
valcovanie po sejbe	2,65	20,45
Spolu na fázu pracovného procesu, l.ha⁻¹	50,66	237,76
II. fáza - ošetrovanie počas vegetácie		
doprava vody na plošný postrek traktorovou dopravnou súpravou	0,18	0,90
plošný postrek (dávka do 400 l.ha ⁻¹)	1,64	15,56
doprava vody na plošný postrek traktorovou dopravnou súpravou	0,18	0,90
plošný postrek (dávka do 400 l.ha ⁻¹)	1,64	15,56
nakladanie priemyselných hnojív	0,02	0,10
doprava priemyselných hnojív traktorovou dopravnou súpravou	0,05	0,19
príhnojovanie priemyselnými hnojivami (dávka do 0,30 t.ha ⁻¹) bez dopravy	0,92	13,05
doprava vody na plošný postrek traktorovou dopravnou súpravou	0,18	0,90
plošný postrek (dávka do 400 l.ha ⁻¹)	1,64	15,56
Spolu na fázu pracovného procesu, l.ha⁻¹	6,46	62,72
III. fáza - zber		
zber obilnín bez drvenia slamy	15,13	69,78
doprava nákladným automobilom (objemová hmotnosť nad 400 kg·m ⁻³)	2,28	9,02
lisovanie slamy (veľké hranolové balíky)	9,48	68,30
nakladanie balíkov ľanu, sena a slamy čelným kolesovým nakladačom	0,88	4,06
doprava lisovaného ľanu, sena a slamy nákladným automobilom	1,46	7,75
stohovanie balíkov ľanu, sena a slamy čelným kolesovým nakladačom	0,88	4,06
Spolu na fázu pracovného procesu, l.ha⁻¹	30,11	162,98
Spolu na konvenčnú technológiu, l.ha⁻¹	87,24	463,46

V rámci pestovania poľných plodín je zaužívané rozdeliť celý pestovateľský postup na tri základné fázy: fáza predsejbovej prípravy pôdy a sejby, fáza ošetrovania počas vegetácie a fáza zberu

a pozberového spracovania. Prvým krokom pri hodnotení rentability (efektívnosti) výroby pšenice môže byť zistenie nákladov pre takto zvolené fázy pestovateľského postupu a druhým krokom potom bude hľadanie určitých možností na ich zníženie.

Z výsledkov vykonanej analýzy, ale aj podľa názoru viacerých odborníkov, tou fázou pracovného procesu pestovania pšenice ozimnej, kde je ešte možné hľadať určité rezervy vo vzťahu k zvyšovaniu efektívnosti výroby, je oblasť obrábania pôdy a zakladania porastov. Tieto názory podporujú aj výsledky analýzy, v rámci ktorej bol zisťovaný podiel jednotlivých fáz pracovného procesu na spotrebe času práce, spotrebe nafty a strojových nákladoch. Z vykonanej analýzy je zrejmé, že pri konvenčnej technológii pestovania pšenice ozimnej (tabuľka 4), ktorá v praxi niektorých podnikov stále prevláda, na fázu prípravy pôdy a sejbu pripadá približne 54 % z celkovej spotreby času práce, 58 % z celkovej spotreby nafty a 63 % z celkových vynakladaných nákladov. V praxi to znamená asi toľko, že ak chceme redukovat' výrobné náklady, musíme pozornosť zamerať predovšetkým na vykonávanie energeticky najnáročnejších pracovných operácií a vo väčšine prípadov to sú práve operácie spojené s obrábaním pôdy.

Vo všeobecnosti je známe, že pšenica vyžaduje mierne uľahnutú pôdu a kladne reaguje na plytšie obrobenie pôdy, preto je reálne pri pestovaní pšenice použiť technológiu minimalizácie. Predpokladom úspechu minimálneho obrábania sú však nezaburinené a živinami dobre zásobené pôdy. Povrchové obrábanie pôdy pre pšenicu v porovnaní s orbou je vždy z energetického aj ekonomického hľadiska efektívnejšie a takmer rovnocenné je aj z pohľadu agronomického hodnotenia (tabuľka 5).

Tabuľka 5 Technologický postup pestovania pšenice ozimnej
- minimalizačná technológia

	Normatív spotreby nafty, l.ha ⁻¹	Náklady na prácu strojov v €·ha ⁻¹ (bez DPH)
I. fáza - príprava pôdy a sejba		
podmietka tanierovým podmietačom	6,64	35,60
valcovanie po podmietke	3,68	17,99
nakladanie priemyselných hnojív	0,08	0,35
doprava priemyselných hnojív traktorovou dopravnou súpravou	0,19	0,66
predsejbové hnojenie priemyselnými hnojivami bez dopravy	1,10	13,47
plytké kyprenie pôdy radličkovým kypričom	7,37	57,90
nakladanie žeriavovým nakladačom (objemová hmotnosť nad 400 kg·m ⁻³)	0,08	0,28
doprava osiva traktorovou dopravnou súpravou	0,11	0,44
plnenie zásobníka sejačky z veľkoobjemových vakov	0,10	0,32
sejba univerzálnymi sejačkami	3,64	38,08
valcovanie po sejbě	2,65	20,45
Spolu na fázu pracovného procesu, l.ha⁻¹	25,63	185,54
II. fáza - ošetrovanie počas vegetácie		
Spolu na fázu pracovného procesu, l.ha⁻¹	6,46	62,72
III. fáza - zber		
Spolu na fázu pracovného procesu, l.ha⁻¹	30,11	162,98
Spolu na konvenčnú technológiu, l.ha⁻¹	62,20	411,24

Nahradením pracovnej operácie stredná orba s ošetrením oráčiny a prípravou osivového lôžka pomocou kombinátora pracovnou operáciou kyprenie došlo k zníženiu spotreby nafty na I. fázu pracovného procesu približne o polovicu a k poklesu na približne 41 % podiel na celkovej spotrebe nafty a znížili sa aj náklady na prácu strojov.

V modelovacích programoch je spravidla umožnené vyberať zo širšej ponuky alternatívnych pracovných operácií, ktorých konkrétny výber často závisí od stavu, v akom zostal pozemok po zbere predplodiny (často sa napr. variabilne volia operácie základného a predsejbového obrábania pôdy), alebo od spôsobu zberu a využitia úrody pestovanej plodiny (je možné voliť napr. viaceré varianty zberu slamy pri zbere obilnín, alebo jej drvenia hneď pri, prípadne až po zbere). Už len ako príklad takéhoto modelovania možno uviesť v tabuľke 6 variant minimalizačnej technológii pestovania pšenice ozimnej bez zberu slamy, pri ktorej je zrejmy najväčší pokles tak spotreby nafty, ako aj nákladov na prácu strojov.

Tabuľka 6 Technologický postup pestovania pšenice ozimnej
- minimalizačná technológia

	Normatív spotreby nafty, l.ha ⁻¹	Náklady na prácu strojov v €·ha ⁻¹ (bez DPH)
I. fáza - príprava pôdy a sejba		
Spolu na fázu pracovného procesu, l.ha⁻¹	25,63	185,54
II. fáza - ošetrovanie počas vegetácie		
Spolu na fázu pracovného procesu, l.ha⁻¹	6,46	62,72
III. fáza - zber		
zber obilnín s drvením slamy	17,13	70,86
doprava nákladným automobilom (objemová hmotnosť nad 400 kg·m ⁻³)	2,28	9,02
Spolu na fázu pracovného procesu, l.ha⁻¹	19,41	79,88
Spolu na minimalizačnú technológiu, l.ha⁻¹	51,50	328,14

ZÁVER

V praxi aktuálne používané technológie obrábania pôdy pri zakladaní porastov pšenice ozimnej, ako aj ďalších ozimných plodín, zahŕňujú širokú škálu rozličných pracovných operácií - od intenzívneho až po zjednodušené (menej intenzívne) obrábanie pôdy, hlbokého až po plytké kyprenie, v krajnom prípade až po sejbu do nespracovanej pôdy. Každá z vykonávaných operácií v rámci zvolených pracovných postupov sa rôznym spôsobom podieľa na ovplyvňovaní tak vlastností pôdy, ako aj na stabilite a výške dosahovaných úrod. Pestovatelia dobre vedia, že po sejbe do zoranej pôdy počas suchej jesene je úroda spravidla nižšia ako pri sejbe do povrchovo obrábanej pôdy. Voľba technológie minimálneho obrábania závisí hlavne od predplodiny, pritom najvhodnejšie sú okopaniny, najmä skoré zemiaky a cukrová repa, zelenina a strukoviny, po ktorých spravidla postačuje iba kyprenie do hĺbky sejby.

Každá z používaných technológií sa rozdielnym spôsobom podieľa aj na výslednej energetickej a pracovnej náročnosti, ako aj výsledných vlastných nákladoch zvoleného technologického postupu. V praxi je známe, že z hľadiska spotreby energie je to práve orba, ako rozhodujúca operácia tzv. konvenčných technológií prípravy pôdy. Jej nahradenie niektorou z iných kypriacich operácií spravidla vždy prináša úsporu nielen nákladov na naftu, na čo sme sa snažili poukázať v tomto príspevku, ale aj nákladov výrobných.

Modelovacie programy využívané pri hodnotení variantných technológií pestovania poľných plodín poskytujú celý rad normatívnych ukazovateľov využiteľných aj v praxi. Okrem samotného zostavenia technologickej karty pre zvolenú plodinu každý modelovací program spravidla poskytuje celý rad ďalších výstupných informácií, ktoré sú zamerané do viacerých oblastí, ako napr. už popísané ekonomické hodnotenie plodiny (prípadne skupiny plodín, alebo aj celého výrobného zámeru). Výsledky modelovania sú však využiteľné aj pri zostavovaní plánu zabezpečenia výroby (umožňujú napr. stanoviť potrebu strojov v jednotlivých fázach pracovného procesu, potrebu PHM, pracovníkov, materiálových vstupov, finančných prostriedkov a pod.). V niektorých modelovacích programoch sa výsledky využívajú aj pri zostavovaní plánu obnovy strojovej techniky a hlavné uplatnenie nachádzajú pri spracovávaní podkladov pre finančnú analýzu podniku. Medzi najvýznamnejšie výstupné informácie však celkom určite patrí ekonomické hodnotenie plodiny, pretože toto je základom pre posúdenie vhodnosti pestovania plodiny v daných podmienkach.

Asi prekvapí, že hodnota nákladov na prácu strojov zistených pri modelovaní sa odlišuje od nákladov zistených pri štatistickom zisťovaní uvádzanom v podkladoch VÚEPaP, no modelovacie programy pracujú s aktuálnymi informáciami napr. aj o cenách strojov, cenách nafty a to sú položky, ktoré budú aj ekonomiku výroby pšenice naďalej významne ovplyvňovať.

LITERATÚRA

1. Anonym 2002. Metodika kalkulácie vlastných nákladov poľnohospodárskych výrobkov. Vestník MP SR, roč. XXXIV, 7. októbra 2002, čiastka 21, s. 1 - 35
2. Ďuďák, J. 2001. Uplatnenie modelovania pri hodnotení technologických procesov: Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie „AGROTECH NITRA 2001“. Nitra: SPU-MF, 2001. s. 115-119. ISBN 80-7137-874-7
3. Kubánková, M. a kol. 2009. Náklady a výnosy poľnohospodárskych výrobkov v SR za rok 2008 v triedení podľa výrobných oblastí. VÚEPaP Bratislava, 2009, 56 s. ISBN 978-80-8058-525-9

EFFECT OF DIFFERENT APPLICATION METHODS IN CHEMICAL PROTECTION ON PLANT COVERAGE

PAVOL FINDURA, MIROSLAV PRÍSTAVKA, EUGEN MIZERÁK, JAKUB MANKOVECKÝ, ZUZANA BAJUSOVÁ, TOMÁŠ GIERTL, ERIK LAVRÍK
Slovak University of Agriculture in Nitra

Abstract: New economic conditions, expansion of the range of chemical products used for plant treatments at different stages of development and high fuel prices are leading to strict demands on the technical level of machinery, its equipment and performance. In view of these requirements, we need sprayers with maximum quality indicators. To achieve this objective, it is necessary to improve the current chemical plant protection machinery, because the level of quality indicators of domestic machines is low and the cost of foreign equipment with adequate level of quality are very high and not affordable for average owners farms. The aim of this paper is to highlight modern ways of applying chemical protectants in agricultural practice.

Keywords: chemical protection, optimum application, sprayer

INTRODUCTION

Therefore, to ensure safe and sustainable plant protection, new and innovative technologies. The use of intelligent sensors that can monitor and record the environmental conditions where plants are grown and adjust accordingly fertiliser and pesticide dosages can be very effective (Shulishovska et al., 2021). In addition, modern technologies such as artificial intelligence are increasingly being used to predict the occurrence of pests and diseases and to more accurately target pesticide application (Kulibaba et al., 2020).

The development and improvement of plant protection systems are therefore crucial for sustainable agriculture and ensuring an adequate food supply for humanity. Research and development of new plant protection technologies are essential to remain competitive agricultural sector and to achieve sustainable land use (Mykolenko, 2020). The development of plant protection systems is also important from an international point of view. It is important to have global cooperation to solve plant protection problems because pests and diseases can travel between countries and threaten plants worldwide (Forsyth et al., 2019).

Therefore, different pest management systems are currently being developed and tested in different countries plant protection systems. In China, methods such as biological control, the use of repellents are currently being used, use of barriers and agrotechnical measures (Zhou et al., 2020).

Similarly, in the US, the new methods such as genetic modification of plants and the use of predictive models to more accurately targeting pesticide application (Krupke and Cappaert, 2019).

Despite the fact that different countries use different methods of plant protection, the common goal is to minimize the impact of pests and diseases on crops and to ensure safe food for humans and animals. As they state Singh and colleagues, the development of new and innovative plant protection systems is key to sustainable and efficient agriculture in the future (Singh et al., 2021).

Scientific research and collaboration between countries are therefore key to achieving successful plant protection and sustainable land use.

As Sunilkumar and colleagues state, it is important to invest in research and development of new technologies and plant protection systems in order to achieve safe, efficient and sustainable agriculture (Sunilkumar et al., 2020).

There are the following methods of chemical plant protection:

- Morination - is a pre-sowing treatment of seed material with poisonous drugs that kill pathogens and seed pests and prevent the occurrence and spread of many diseases and diseases of plants during their rapid growth and development. This medicine takes three forms: dry, semi-dry and wet.
- Spraying - involves the application of liquid pesticides to the plant in the form of solutions, suspensions, emulsions or extracts of various concentrations. It is more commonly used low-volume spraying, which reduces the flow of liquid and increases the concentration of the solution.

Pollination - covers the plant with a thin layer of powder, a chemical substance. The preparation is more effective compared to spraying, but the waste of the substance is 4-6 times higher, so this method is very rarely used.

- Fogging - consists in taking a solution of a concentrated chemical and heating or mechanically converted into a mist or smoke consisting of liquid particles with between 1 and 15 microns in size, which settle on plants, room walls and animals. Aerosols are characterised by their high efficiency and economy. Application of this tool is, however, limited by strict requirements for weather conditions.

- The method of application of the means of poisoned baits -consists in the fact that the feeding substance, which the pests most love, is treated with poison and sown or placed in places of occurrence (rodents, insects). Baits can be: dry, semi-dry, wet and aqueous.

- Fumigation - is the introduction of a readily evaporating chemical into the soil. Preparations used in fumigation can be solid, liquid and gas.

- Chemical pest control - is the introduction of a chemical product that is harmless to the plant but harmful to pests and pathogens. A chemotherapeutic substance that reaches any part of the plant, spreads rapidly throughout the vascular system and, in the long term gives the plant protective properties.

- Retardants - are chemicals that retard growth in height, create wall support stems and strong root development. If at least one of these operations is excluded or carried out with the departure of an established technology, the intensity of the technology will be disrupted.

The global market for drones and their technologies according to the latest PwC analysis reaches 127 billion. USD. One of the most promising sectors where these agriculture is one of the most promising sectors for the use of these technologies.

PwC estimates the value of the drone market for creating solutions in agriculture at 32.4 billion. USD 32 billion, more than a quarter of the total market (PwC, 2021). Drones can be used in agriculture throughout the year, from soil and plot analysis, through the seeding process, spray application, crop monitoring, irrigation and health assessment crop health assessment. They can produce accurate 3D maps that are useful for planning conditions sowing conditions.



Figure 1 Lidar system (dronebelow.com)

After sowing, the soil analysis offers the data needed for irrigation and information on the content of nitrogen in the soil. New start-ups have already created drone-based technologies that can sow seed at up to 85% lower costs compared to conventional sowing. The yield of seeds sown in this way These are systems that literally shoot seed and nutrients into the soil.

Equipment has also been developed that can monitor obstacles within the field and thus guide the drone's flight. For example, the LIDAR method (Fig. 1), allows the drone to adjust the height of flight based on the changing topography and geography of the terrain during flight. Drones can thus scan the ground and apply the right amount of material when needed. This results in material savings, less pressure on pollution and speed of application. Experts believe that aerial spraying using drones can

be done up to 5 times faster compared to compared to ground-based techniques (Pham, Hai - Lim, Yixiang - Gardi, Alessandro - Sabatini, Roberto, 2018).

MATERIAL and METHODOLOGY

The methodology of each experiment consisted in analysing:

- The laboratory part of the experiments was analysed in the chemistry laboratory of the university of Life Science in Lublin, the second part was carried out in the central area of TF SPU in Nitra. These measurements consisted in analysing the chemical and physical properties of the carrier fluid. In the investigation of the influence of the geometrical shape of the scatterers on the transverse non-uniformity of the application of chemical substances and in analysing the aspects of permeability of dispersants.
- Field measurements consisted in evaluating the quality parameters of the selected technique for chemical application. In our case, it was a comparison of the quality of work of the JD 4730 self-propelled sprayer, the DJI T20 UAV and the Z37 Bumblebee aircraft. modified for aerial application of liquid chemical agents.

Methodology for measuring the volume , dimensional parameters of a drop, surface tension and cumulative distribution of spray liquid

Nowadays, there are several options for measuring the dimensions of a drop. Despite the fact that the quality of spraying and droplet size play an important role in spraying - still only some farmers concentrate their attention on measurements of this type. To measure the size and number of drops laser measurement technique is currently used.

It is important to know that verification and calibration against known standards . The nozzle should be oriented to scan the entire arc. For our measurements, we have chosen a laboratory apparatus to investigate the dimensions of the drop using laser method.



Figure 2 Drop Shape Analyzer - DSA30, manufactured by KRÜSS - a device designed for contact angle and surface tension measurement

The surface tension was measured by a method called by the equipment manufacturer : "vertical drip" (Fig. 2). A drop of liquid was dispensed with a certain mass, which which allowed it to remain suspended below the tip of the dispensing needle. The shape of the drop was then analyzed to calculate the surface tension on the liquid-air surface using KRÜSS proprietary software. For each water sample analysed, the 32 measurements were taken (Fig. 3).

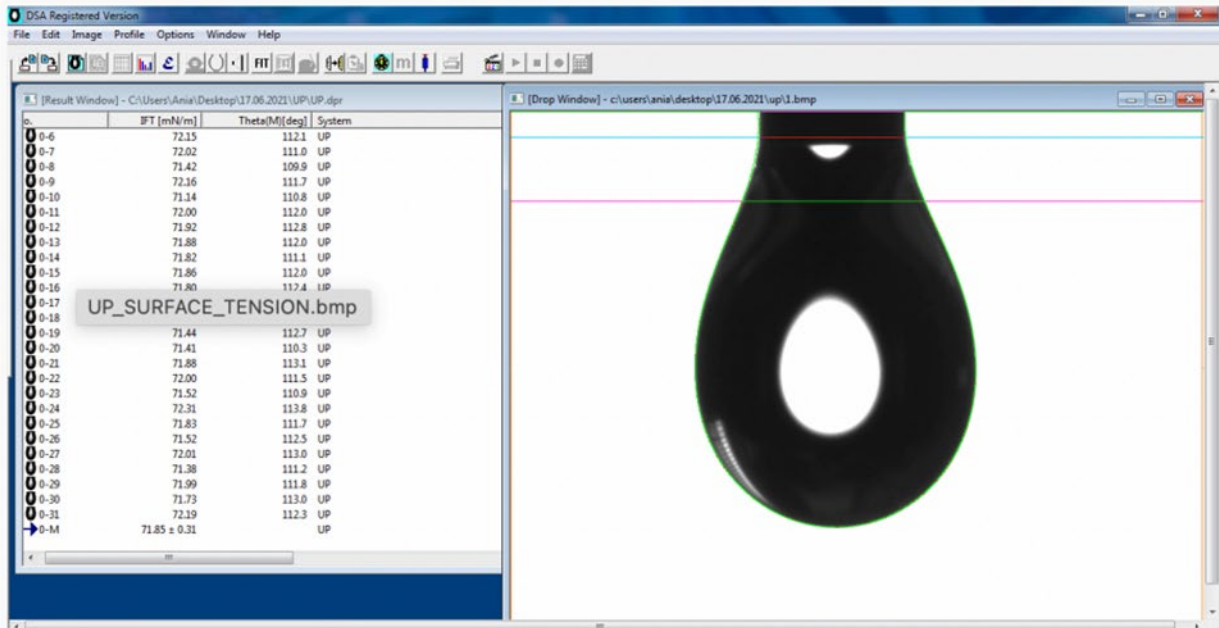


Figure 3 Image on DSA drop surface tension measurement software

Methodology for calculating the volumetric flow rate of individual spreaders

The measurement of the volumetric flow rate of individual nozzles depends on the selected theoretical volume of the delivered liquid Q . The selected working speed v_p , the working range of the machine B_p also has an influence, and the number of nozzles on the machine frame i . On the basis of these parameters we calculate the required flow rate q_x . (Paltik et al., 2005)

$$Q = \frac{q_x \cdot i \cdot 10^6}{B_p \cdot v_p} \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$$

$$q_x = \frac{Q \cdot B_p \cdot v_p}{i \cdot 10^7} \text{ , m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

The measured data must then be evaluated by means of the overall average flow rate and coefficient of variation. The arithmetic mean of the volumetric flow rate of the i -th spreader q_i .

$$q_i = \frac{\sum_{i=1}^N q_i}{N} \text{ , l} \cdot \text{min}^{-1}$$

Where: n -number of repetitions

Arithmetic mean of the volumetric flow rate from all scatterers

$$\bar{q} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}, \text{ l.min}^{-1}$$

Where: n -number of nozzles

The measurement was performed using a measuring stool (Fig. 4), which is used in the measurement of a report and results of the inspection of a given application device. This measuring stage is placed under the arms of the sprayer and moved at a given interval under the nozzles. Measuring is one metre wide and has ten grooves which capture the spray liquid. With the aid of a computer, this device evaluates the lateral uniformity of the nozzles. After the evaluation, the table is moved at a given time interval to the next position and evaluates the lateral uniformity until it has evaluated the entire footprint of the application device.

Methodology for the measurement of lateral spraying non-uniformity and spray angle

The measurement was performed using a measuring stool (Fig. 4), which is used in the measurement of a report and results of the inspection of a given application device. This measuring stage is placed under the arms of the sprayer and moved at a given interval under the nozzles. Measuring is one metre wide and has ten grooves which capture the spray liquid. With the aid of a computer, this device evaluates the lateral uniformity of the nozzles.



Figure 4 Detail of the measuring device in field conditions

After the evaluation, the table is moved at a given time interval to the next position and evaluates the lateral uniformity until it has evaluated the entire footprint of the application device.

RESULTS and DISCUSSION

Results of spray liquid surface tension evaluation

When measuring the surface tension, we followed a method called "vertical drip". A drop of liquid was dispensed with a certain mass that allowed it to keep it suspended below the tip of the dispensing needle. The shape of the drop was then analyzed for to calculate the surface tension. For the surface tension evaluation, we analyzed 3 samples A, B, C. Each of them was examined 32 times, the water temperature was always 25°C and the volume of water examined was always 30 µl. At such conditions, the highest degree of surface tension was shown by sample A from UP Lublin and it 75.36 [mN/m], interestingly, the lowest stress was also recorded in sample A 68.31 [mN/m], this may be due to human factors or climatic conditions at 100 measurements. Comparing the average values, we see that the water of sample C from the urban tap Kiev has the worst indicators, although 3 samples have very similar results.

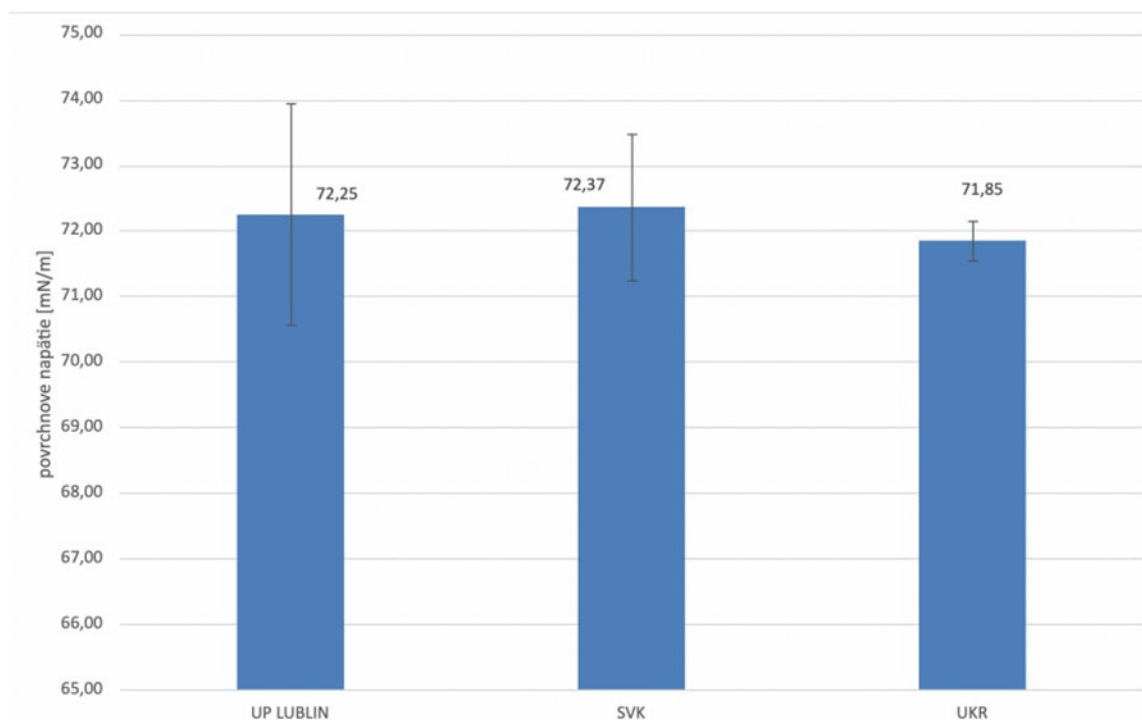


Figure 5 Graphical representation of the comparison of the surface tension of the investigated water samples

Results of the evaluation of the influence of nozzle design parameters and the influence of the source of water on the drop spectrum

Using specialized software, we determined statistical data that we were able to use for statistical analysis of the effect of nozzle design humidity on the size and volume of the drop spectrum. By making us accustomed to calculating an average value, unable to quantify the true average, we calculated an estimate of the mean μ (Mean) and plotted graphically the quantified points and intervals of the mean.

Table 1 Input values for the statistical calculation of the point estimate of the mean (Mean) and the interval estimate of the mean

	Level of Factor	N	Relative frequency at angle of measurement 0° - Mean	Relative frequency at angle of measurement 0° - Std.Dev.	Relative frequency at angle of measurement 0° - Std.Err	Relative frequency at angle of measurement 0° - -95.00%	Relative frequency at angle of measurement 0° - 95.00%
Total		192	6,2498	8,3888	0,6054	5,0557	7,4440
Lechler LU 120-02	1	48	6,2504	9,5214	1,3743	3,4857	9,0151
Lechler ID 120-25	2	48	6,2498	4,2096	0,6076	5,0275	7,4721
TeeJet XP 110-03VP	3	48	6,2498	8,7883	1,2685	3,6979	8,8017
Lechler AD 120-02	4	48	6,2494	10,0182	1,4460	3,3404	9,1584
Variant 1 water	A	64	6,2498	8,2911	1,0364	4,1788	8,3209
Variant 2 water	B	64	6,2494	8,1611	1,0201	4,2108	8,2880
Variant 3 water	C	64	6,2503	8,8318	1,1040	4,0442	8,4564

The table 1 shows the point estimate of the mean (Mean) and the interval estimate of the mean (95% confidence interval of the estimate of the mean) for all data, individual atomizer types as well as individual water sources. The point (Mean) and interval estimate of the mean (Mean+/-1.96*StdErr) is visualised by a box plot.

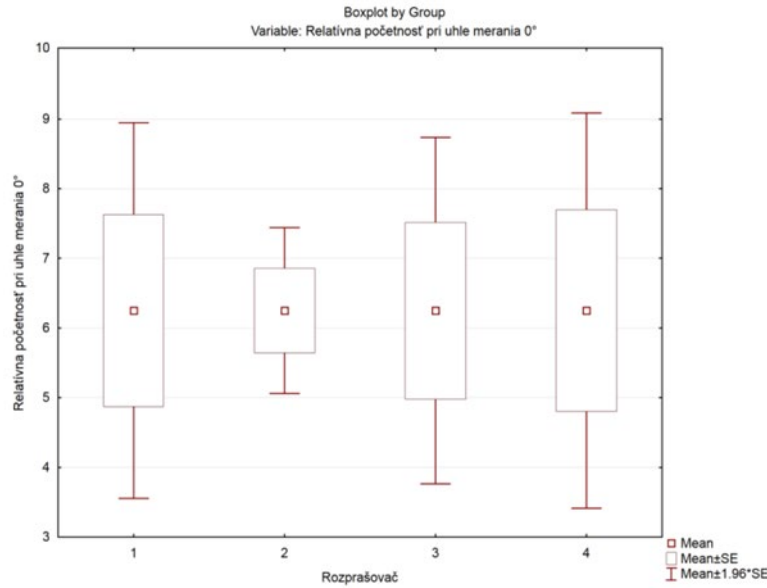


Figure 6 Graphical demonstration of the effect of nozzle design features on droplet size

The graph shows minimal differences in terms of mean (average), larger differences are in terms of variability (Mean \pm SE, or from the table: Standard deviation - StdDev, Standard Error - StdErr) in the case of the atomizers. We can say that based on the statistical data we can state and confirm the direct influence of nozzle type on the size drops.

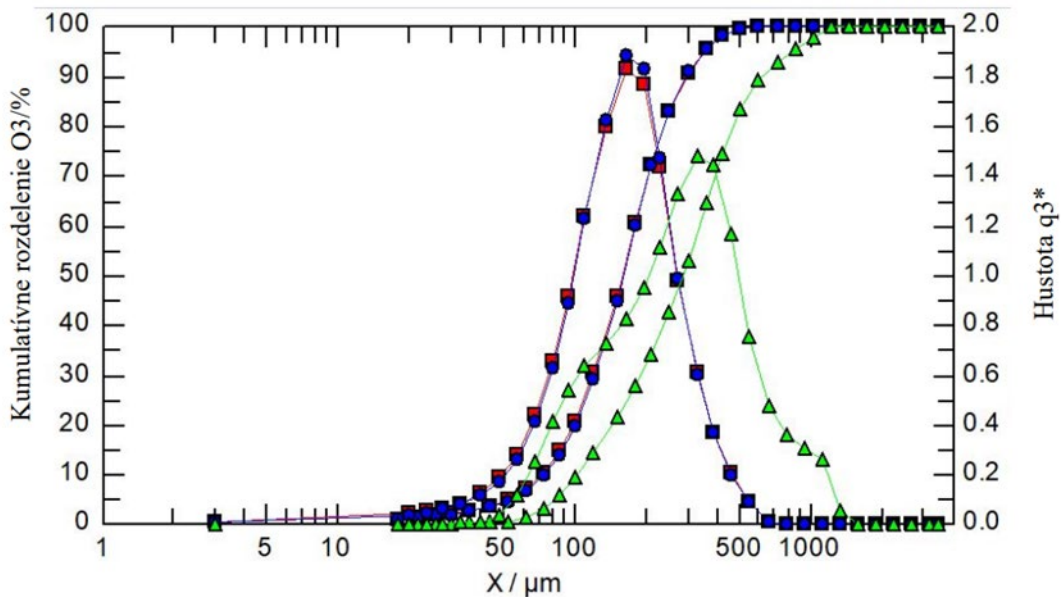


Figure 7 Cumulative nozzle drop distribution Lechler LU 120-02

From the graph below we can see that the nozzle type Lechler 120-02 produces drops of the size from 18 μm to 1460 μm . The measurement result based on water sample A (blue colour) shows that VMD = 174.97 μm . Which means that 50% of the drops were smaller than 174.97 μm , but also also 50% were larger than 174.97 μm . The water of sample B (red color) has a result of VMD = 175.95 μm , which means that in this case the water did not affect the drop size. A small difference, we can count as an inaccuracy of the machine and the influence of external conditions. In the case of the water sample C (green colour) we have a difference in VMD: from the original 174.97 and 175.95 up to 337.15 μm .

In the measurements I made about less than 1 second I pressed the start measurement button as the start of water delivery to the nozzle, this caused change the number and size of the drops. Therefore,

we can see that the first two measurements contain around 20% drops up to 100 μm , with the measurement on sample C containing less than 10%.

CONCLUSION

Spray quality investigation is a process that involves not only the collection of the given results but also , measurement and description of the results. The main part is the analysis and evaluation of the results. In this part of the dissertation we have described different plant protection technologies, mainly by the method of spraying, we have illustrated which technical characteristics and parameters are included in the process spraying. We also hit the topic of spraying systems and described mainly their parts.

We have placed a great deal of emphasis on precision agriculture, in which we all see the future both in terms of machinery innovation and in terms of the concept of plant protection. The above described chapters required us to carry out measurements of drop size, surface tension and the chemical composition of the water to accurately indicate their influence on spray quality. Such investigations can have an enormous impact on the development of spraying and agriculture as a whole, so we have concentrated on the details and described a comparison of systems of different types for better integrating the results of the work into practice.

References:

- 1 BARBER, J., DATTA, A., & DAS, I., 2019. Evaluation of spray nozzle characteristics for effective control of pesticide spray drift. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 54(10), 806-816
- 2 BOHÁČIK, J., NOVÁK, J., 2016. *Poľnohospodárske stroje a zariadenia*. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. ISSN 1335-6143
- 3 BUBLYK, O., BABENKO, L., & LOZYNSKYI, O., 2021. Environmental risks of the use of plant protection products. *Problems of sustainable development*, 16(1), 181-188
- 4 FORSYTH, A., LEISZ, S., QUÉTIER, F., AND ENS, E. J., 2019. "A review of global-localglobal links in biodiversity offsetting, with recommendations for good practice." *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(3), 150-158
- 5 HRUŠKA, J., 2008, *Vhodný postrekovač znižuje náklady*. *Moderná mechanizácia v poľnohospodárstve*. 19. ISSN 1335-6178.
- 6 KRUPKE, C. H., AND CAPPAERT, D., 2019. "Pest management in the 21st century: Challenges and opportunities." *Annual Review of Entomology*, 64, 353-375
- 7 KULIBABA, R., FEDOROVA, O., & TSISYK, I., 2020. Artificial Intelligence as a Tool for Sustainable Agriculture: Opportunities and Risks. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 11(11), 2664-2674.
- 8 MYKOLENKO, S., 2020. Sustainable agriculture as a condition for ensuring food security. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 22(93), 181-187.
- 9 PÁLTIK, JAROSLAV et al., 2007. *Poľnohospodárske stroje – skúšanie, konštrukcia, použitie časť*. 1. vyd. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita. 190 s. ISBN 80-8069-777-9
- 10 SUNILKUMAR, B., AND REDDY, P. V., 2020. "Plant protection: A review on new techniques and methods." *Journal of Applied and Natural Science*, 12(1), 1-8.

Contact address:

Prof. Ing. Pavol Findura, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovak University of Agriculture in Nitra

PROXIMÁLNE SNÍMANIE VYUŽITELNÉ PRE AGROTECHNOLÓGIE ELIMINUJÚCE ZÁŤAŽ ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

JANA GALAMBOŠOVÁ, MIROSLAV MACÁK

Ústav poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky
Katedra strojov a výrobných biosystémov, Technická fakulta
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Abstract: Precision farming technologies enable to optimise the application of agro-chemicals in order to minimise the environment impact. Submitted article describes information sources, which may be used to define the nutrient deficit in crops based on proximal sensing. Soil conductivity as well as crop reflectance of oil seed rape were used to create the application maps for variable rate nitrogen application.

Key word: soil conductivity, variable rate application of Nitrogen, crop variability, yield mapping

Abstrakt: Technológie presného poľnohospodárstva umožňujú optimalizovať aplikáciu agrochemikálií tak, aby nedošlo k zvyšovaniu záťaže životného prostredia. Predkladaný príspevok popisuje informačné zdroje, ktoré je možné využiť na definovanie potrieb doplnenia živín porastu, ktoré sú založené na princípoch proximálneho snímania. Príspevok popisuje využitie merania vodivosti pôdy a odrazivosti porastu repky olejnej pri tvorbe aplikačných máp potrebných pre variabilnú aplikáciu dusíka počas vegetačného obdobia.

Kľúčové slová: vodivosť pôdy, variabilná aplikácia dusíka, variabilita porastu, mapovanie úrody

ÚVOD

Súčasná rastlinná výroba čelí mnohým výzvam, ako z pohľadu efektívnosti výroby, tak z hľadiska požiadaviek na elimináciu negatívnych dopadov na životné prostredie. Tieto požiadavky sú hlavným impulzom pre implementáciu moderných technológií v poľnohospodárstve. Pozornosť už nie je venovaná iba znižovaniu nákladov, do centra pozornosti sa dostáva zvyšovanie úrod, udržateľnosť úrod v kontexte klimatických zmien a ochrana životného prostredia. V tomto zmysle sa vyvíjajú aj trendy v technológiách rastlinnej výroby označované pojmom Poľnohospodárstvo 4.0.

Podľa Rataja et al. (2020) Poľnohospodárstvo 4.0 v princípe znamená, že do výrobného procesu vstúpili prvky, ktoré dokážu autonómne získavať informácie vhodné na následné riadenie procesov. Autori ďalej uvádzajú, že zavedenie nových aplikácií, ktoré možno priradiť k Poľnohospodárstvu 4.0, predpokladá vývoj snímačov, ale aj systémov na bezproblémové riadenie procesu podľa zistených informácií. Ak má byť výroba zabezpečená v súlade s princípmi Poľnohospodárstva 4.0, potom snímanie informácií a následné riadenie procesu musí byť v čo najužšej časovej nadväznosti. Ak bolo v začiatkoch využívania potrebné vopred vykonať merania a tie pre následné riadenie pracovných operácií previesť do aplikačnej mapy, súčasné trendy smerujú k využívaniu on-line metód (Rataj et al. 2020).

Jednou z najrozšírenejších je technológia on-line variabilnej aplikácie dusíka. Ide o využívanie snímačov na detekciu úrovne obsahu chlorofylu v rastlinách, čo je riadiaca informácia pre aplikáciu hnojiva. Spresnenie rozhodovacích algoritmov sa vykonáva pomocou máp priestorového rozloženia úrodového potenciálu získaných z vlastných pozorovaní (napríklad z máp úrody z predchádzajúcich rokov) alebo zo spomínaných satelitných snímok. Teda pri aplikácii je kombinovaná informácia zo senzora s informáciou získanou z analýz vlastností pozemku (Mezera et al. 2021).

Čoraz širšie uplatnenie zaznamenáva snímanie elektrickej vodivosti pôdy (konduktivity) a na jej základe určenie variability pôdnej štruktúry, stupňa utlačenia pôdy a relatívnej vlhkosti (Gebbers, 2018). Získanie informácie by malo byť rýchle, presné a geograficky lokalizované.

Cieľom predkladaného príspevku je demonštrovať možnosti využitia technológií proximálneho snímania pôdy a porastu a pri zbere informácií využiteľných v procese voľby agrotechnológií

eliminujúcich zaťaženie životného prostredia. Prezentované údaje boli získané počas overovania technológie variabilného hnojenia dusíkom na porastoch repky olejnej.

MATERIÁL a METÓDY

Parcela a údaje využité v predkladanom príspevku

1. Za účelom demonštrovania systému získavania, aplikácie a využitia informácií pomocou proximálneho snímania sú prezentované údaje z výskumnej parcely „Za depom“ s rozlohou 48,15 ha na VPP SPU Kolíňany, stredisko Oponice, na ktorej prebiehali experimenty zamerané na variabilnú aplikáciu dusíka.

Senzory proximálneho snímania a spracovanie údajov

1. Bezkontaktný konduktomer EM38-MK2; Geonics Limited, (Canada). Zariadenie bolo použité v horizontálnom móde, teda EMI bolo merané v hĺbkovom horizonte 0 - 0.38 m a 0 - 0.75 m.
2. Senzor ISARIA (Fritzmeier Umwelttechnik GmbH & Co. KG), ktorý bol využitý na snímanie porastu v daných rastových fázach. Ide o aktívny senzor proximálneho snímania porastu, ktorý sníma odrazivosť vlnových dĺžok v oblasti NIR, na základe ktorej stanovuje 2 vegetačné indexy: IBI (index biomasy) a IRMI (index reflektujúci zásobenosť dusíkom).
3. Snímač okamžitej úrody (pracujúci na nárazovom princípe) a snímač vlhkosti umiestnený na kombajne John Deere T 670i.

Spracovanie informácií bolo realizované v prostredí ArcGIS 10.1. Následne bola spracovaná mapa variabilnej aplikácie, ktorá slúžila ako vstupná informácie pre variabilnú aplikáciu dusíkatého hnojiva. Výsledok bol monitorovaný pomocou systému mapovania úrody na kombajne JD a spracovaný v programových moduloch informačného systému JD link.

VÝSLEDKY a DISKUSIA

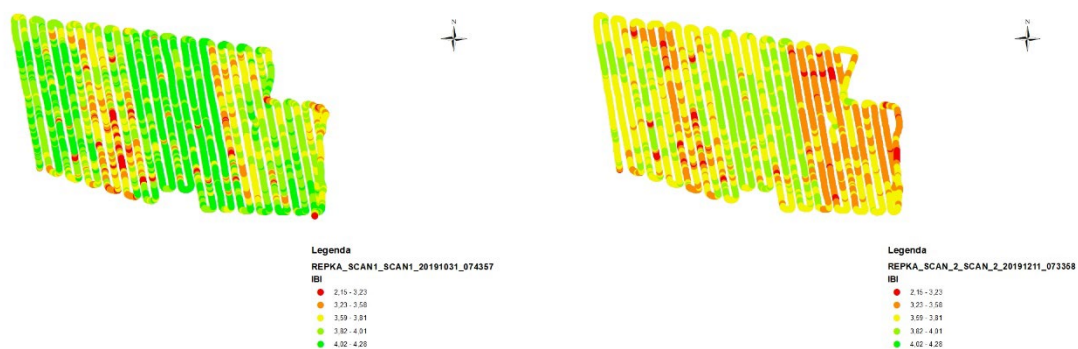
Príklad mapy variability pôdných podmienok je uvedený na obr. 1. Západná časť parcely vykazuje odlišné vlastnosti, spojené predovšetkým s dostupnosťou vody. Tieto variabilné vlastnosti sa napriek uniformne vykonanému základnému hnojeniu, a výsevku odzrkadlilo na variabilite porastu. Táto je zdokumentovaná na obr. 2 a 3. Na obrázku 2 je zobrazená mapa variability biomasy počas 2 meraní, pričom je zrejмый progres vo variabilite porastu v čase.



Obrázok 1 Výstup z mapovania variability elektromagnetickej konduktivity

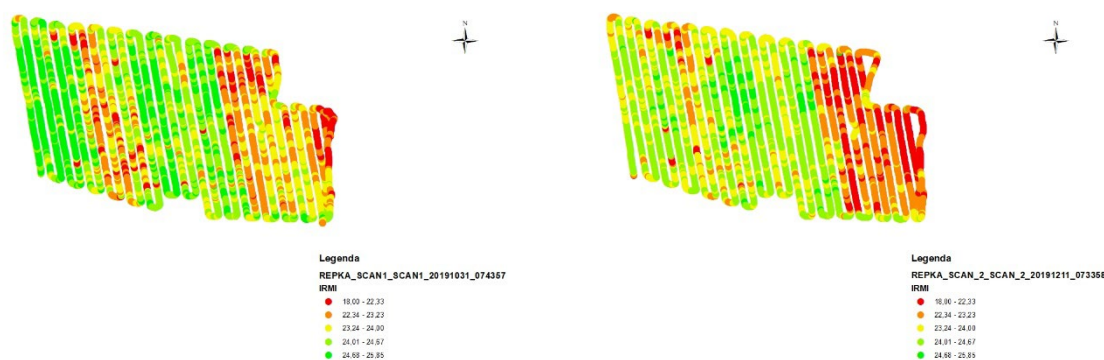
Rovnako túto rozdielnosť a časový vývoj zachytil index IRMI. Oba indexy počítané na základe odrazivosti vlnovej dĺžky identifikovali vo východnej časti parcely problematický porast z hľadiska výživy porastu – deficit dusíka. Následne spracovaná aplikačná mapa pre hnojenie dusíkom rešpektuje túto variabilitu, pre východnú časť je navrhovaná vyššia dávka (obr. 4). Naopak, na západnej časti

parcely boli aplikované výrazne nižšie dávky dusíkatého hnojiva, aby v danej časti nedošlo k prehnojeniu a potenciálnemu znečisteniu spodných vôd.

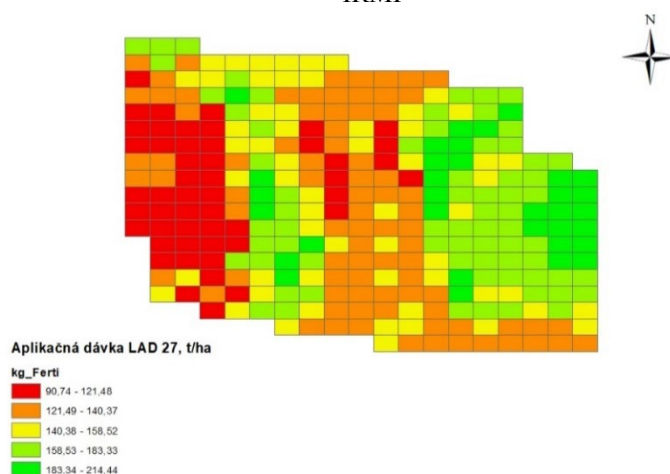


Obrázok 2 Variabilita porastu repky olejnej získaná proximálnym snímaním počas vegetácie – vegetačný index IBI

Hnojenie na parcele bolo realizované 2 x počas vegetácie variabilným spôsobom. Uniformne by agronóm aplikoval dávku 150 kg/ha hnojiva, t.j. 40 kgN/ha. Na základe tohto je možné analyzovať efektívnosť aplikácie. Ako vyplýva z histogramu aplikačných dávok počas prvého hnojenia (Obr. 5), na 57% parcely bola aplikovaná nižšia dávka ako by bola realizovaná počas uniformného hnojenia – rozhodnutím agronóma. Druhá aplikácia bola opäť variabilná, na 37% plochy bola aplikovaná nižšia dávka a na 61% vyššia dávka ako uniformná (Obr. 6).



Obrázok 3 Variabilita porastu repky olejnej získaná proximálnym snímaním počas vegetácie – vegetačný index IRMI



Obrázok 4 Navrhovaná aplikačná mapa pre hnojenie dusíkom, hnojivo s obsahom N – 27%. Efekt hnojenia je možné pozorovať na základe úrodovej mapy parcely získanej opäť proximálnym snímaním počas zberu plodiny. Možno konštatovať, že variabilná aplikácia dávok, najmä ich zníženie

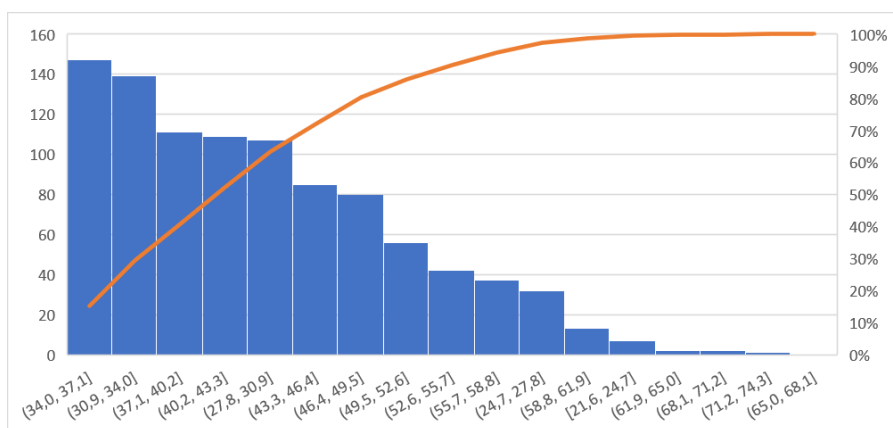
nemalo negatívny efekt na úrodu. Naopak, rozdielnosť v rámci parcely bola odstránená a porast bol pri zbere vyrovnaný.

Na základe uvedeného je možné konštatovať, že aplikovaním variabilných dávok bola zabezpečená optimálna výživa porastu a nedošlo k nadmernej aplikácii živín umelých hnojív na miestach, kde by neboli porastom využité.

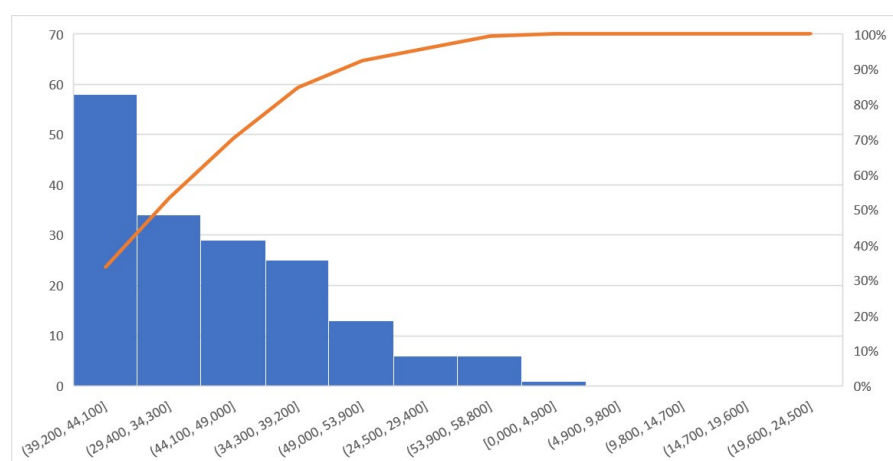
ZÁVER

Predkladaný príspevok popisuje možnosti geograficky lokalizovaných informačných zdrojov, založených na proximálnom snímaní pôdy a porastu, ktoré možno využiť pri uplatňovaní technológie variabilných vstupov.

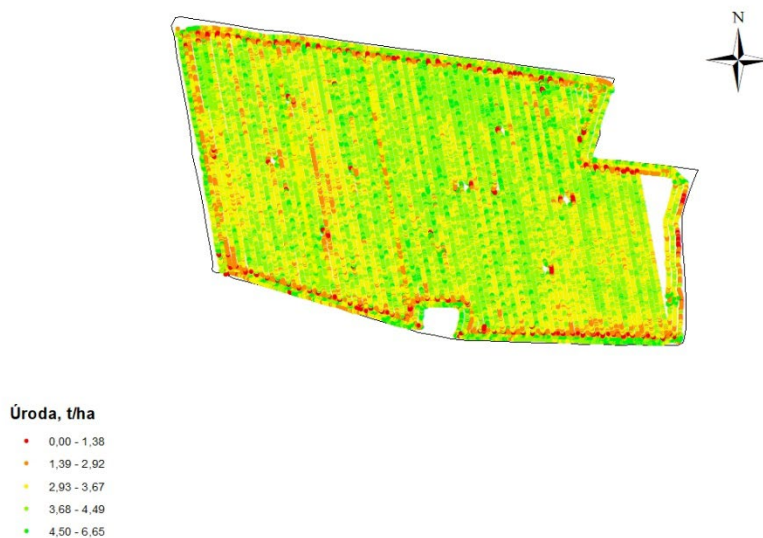
V konkrétnych podmienkach bola dokázaná opodstatnenosť využitia merania ele. vodivosti pôdy, ako aj merania variability reflektancie porastu v oblasti NIR pri určovaní variabilných dávok dusíkatých hnojív. Variabilná aplikácia, založená na princípe optimalizácie dávok, umožňuje výraznú úsporu dávok a zároveň predchádza zaťaženiu životného prostredia nadmernou aplikáciou na miestach, kde by hnojivo nebolo pestovanou plodinou využité.



Obrázok 5 Histogram dávok aplikovaných počas prvého hnojenia porastu



Obrázok 6 – Histogram dávok aplikovaných počas druhého hnojenia porastu



Obrázok 7 Mapa úrody repky olejnej na sledovanej pokusnej parcele

References:

1. Baillie, C. P., Thomasson, J. A., Lobsey, C. R., McCarthy, C. L., Antille, D. L. (2018). A review of the state of the art in agricultural automation. Part I: Sensing technologies for optimization of machine operation and farm inputs. ASABE Paper No.: 1801589. St. Joseph, MI.: ASABE. DOI: 10.13031/aim.201801589.
GALAMBOŠOVÁ, Jana. Variabilná aplikácia dusíkatých hnojív na základe informácií získaných proximálnym snímaním porastu. In Naše pole. ISSN 1335-2466, 2019, roč. 23, č. 9, pril. Presné poľnohospodárstvo, s. 20-23.
2. GALAMBOŠOVÁ, Jana - MACÁK, Miroslav - RATAJ, Vladimír - BARÁT, Marek - MISIEWICZ, Paula. Determining trafficked areas using soil electrical conductivity – a pilot study. In Acta technologica agriculturae. ISSN 1335-2555, 2020, vol. 23, iss. 1, s. 1-6. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.2478/ata-2020-0001>>.
3. GEBBERS, R. 2018. Proximal soil surveying and monitoring techniques. In Precision agriculture for sustainability, Burleigh dodds 2018. DOI 10.19103/AS.2017.0032 494 p. ISBN 978-1-78676-204-7
MEZERA, J.; LUKAS, V.; HORNIAČEK, I.; SMUTNÝ, V.; ELBL, J. 2021. Comparison of Proximal and Remote Sensing for the Diagnosis of Crop Status in Site-Specific Crop Management. Sensors 2021, 22, 19. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.3390/s22010019>
4. RATAJ, Vladimír - GALAMBOŠOVÁ, Jana - MACÁK, Miroslav. Presné poľnohospodárstvo - slovenská súčasnosť a perspektíva. In Roľnícke noviny. ISSN 0231– 6617, 24.7.2019, roč. 90, č. 30, s. 22.
5. RATAJ, Vladimír - GALAMBOŠOVÁ, Jana - MACÁK, Miroslav. Presné poľnohospodárstvo a klimatické zmeny. In Životné prostredie. ISSN 0044-4863, 2019, roč. 53, č. 2, s. 108-115. Dostupné na internete: <<http://147.213.211.222/node/6186>>.

Contact address: doc. Ing. Jana Galambošová, MPhil. PhD.; doc. Ing. Miroslav Macák, PhD.
Ústav poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky
Katedra strojov a výrobných biosystémov
Technická fakulta
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

VYUŽITIE BIOUHLIA AKO ZDROJA TEPLA

TOMÁŠ GIERTL¹, MÁRIA KAPUSNIAKOVÁ², JÁN GADUŠ³, MICHAL ANGELOVIČ¹
¹SPU v Nitre TF ÚPTDB, ²SPU v Nitre FAPZ ÚVG, ³SPU v Nitre FEŠRR ÚEM

Abstract: The use of individual components of thermochemical conversion can be applied during direct combustion in boilers, combustion in cogeneration units for own use or by selling the produced energy to the distribution network. By using waste biomass for the production of alternative biofuels, we can partially replace fossil fuels, reduce greenhouse gas emissions and support Slovakia's transition to a low-carbon economy. The aim of this publication was to point out the possible energy valorization of biochar based on the data obtained through a laboratory test carried out in the premises of the AgroBioTech research center, "Biomass Gasification Laboratory" using the process of thermochemical transformation of biomass into liquid, solid and gaseous components. The obtained biochar, which has a higher calorific value than the input biomass, can also be used as biofuel in order to obtain heat. For the experimental measurement, we used the Miscanthus plant, which was collected in the off-vegetation period. After processing in the pyrolysis unit, we obtained 4.8 kg of biochar from 20 kg of input biomass processed at a temperature of 500 °C. The calorific value analysis of biochar showed an increase in the calorific value of biochar by 11 MJ.kg⁻¹ compared to the input biomass from 17.8 MJ.kg⁻¹ to 28.8 MJ.kg⁻¹. With a calorific value of 28.8 MJ.kg⁻¹, this biochar approaches the calorific value of natural gas.

Keywords: biochar, combustion, heat value, heat

Abstrakt: Využitie jednotlivých komponentov termochemickej premeny je možné uplatniť pri priamom spaľovaní v kotloch, spaľovaní v kogeneračných jednotkách pre vlastnú potrebu alebo predajom vyrobenej energie do distribučnej siete. Využitím odpadovej biomasy na výrobu alternatívnych biopalív môžeme čiastočne nahradiť fosílnu palivá, znížiť emisie skleníkových plynov a podporiť prechod Slovenska na nízkouhlíkové hospodárstvo. Cieľom tejto publikácie bolo poukázať na možné energetické zhodnotenie biouhlia na základe údajov získaných laboratórnym testom realizovaným v priestoroch výskumného centra AgroBioTech „Laboratórium splyňovania biomasy“ s využitím procesu termochemickej premeny biomasy na kvapalinu pevné a plynné zložky. Získané biouhlie, ktoré má vyššiu výhrevnosť ako vstupná biomasa, je možné využiť aj ako biopalivo na získanie tepla. Na experimentálne meranie sme použili rastlinu Miscanthus, ktorá bola zberaná v mimovegetačnom období. Po spracovaní v pyrolýznej jednotke sme z 20 kg vstupnej biomasy spracovanej pri teplote 500 °C získali 4,8 kg biouhlia. Rozborom výhrevnosti biouhlia sa zistilo zvýšenie výhrevnosti biouhlia o 11 MJ.kg⁻¹ oproti vstupnej biomase zo 17,8 MJ.kg⁻¹ na 28,8 MJ.kg⁻¹. Tento biouhlie sa výhrevnosťou 28,8 MJ.kg⁻¹ približuje výhrevnosti zemného plynu.

Kľúčové slová: biouhlie, spaľovanie, výhrevnosť, teplo

ÚVOD

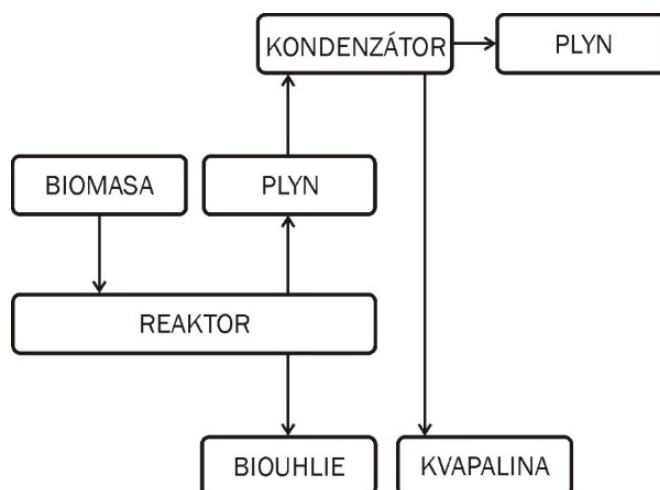
Biomasa je jedným z kľúčových obnoviteľných zdrojov energie a je významným faktorom pri dosahovaní európskych klimatických cieľov do roku 2030, keď 32 % spotreby energie v Európskej únii by malo pochádzať z obnoviteľných zdrojov. Členské štáty EÚ sledujú špecifické cesty k splneniu svojich povinností, ktoré sú definované v národných akčných plánoch podľa príslušných energetických trhov a dostupných zdrojov. V roku 2018 predstavoval podiel obnoviteľných energií v EÚ 18,9 % hrubej konečnej spotreby energie. S podielom viac ako 58 % na spotrebe energie z obnoviteľných zdrojov predstavuje biomasa hlavný obnoviteľný zdroj energie v EÚ. Biomasa je jeden z významných obnoviteľných zdrojov energie ako v celosvetovom, tak aj v európskom meradle. Ako zdroj energie môže byť použitá priamo, napríklad drevo, slama, alebo

môže byť spracovaná do inej formy palív, napríklad biopalív či bioplynu a až následne využitá na energetické účely. V porovnaní s inými formami obnoviteľné zdroje energie, ako je veterná, vodná alebo slnečná energia výhodou biomasy je, že sa dá využiť kdekoľvek v svete. V Národnom akčnom pláne pre obnoviteľnú energiu, ktorý vypracoval Ministerstvo hospodárstva a výstavby SR, ktoré bolo schválené 6. 10. 2010, je uvedené: Zvyšovanie podielu obnoviteľných zdrojov na výrobe elektriny a tepla výroby s cieľom vytvoriť primerané dodatočné zdroje potrebné na pokrytie domáceho dopytu je jednou z hlavných priorit energetickej politiky, ktorá bola schválená už v roku 2006. Je zrejmé, že využívanie obnoviteľných zdrojov energie, ako domáce zdroje energie sa do určitej miery zvyšuje bezpečnosť a čiastočne diverzifikuje dodávky energie a zároveň znižuje ekonomická závislosť od nestabilných cien ropy a plynu. Ich použitie je založené na pokrokových a ekologických technológiách a prispieva k znižovaniu skleníkových plynov a iné znečisťujúce látky. Energetické využitie biomasy na Slovensku má veľký potenciál, ktorý je založený predovšetkým na geografických krajinných prvkoch: celé územie republiky pokrýva asi 47 % poľnohospodárskej a približne 41 % lesnej pôdy.

Pri príprave biopalív 1. generácie sa uplatňujú hlavne procesy fyzikálno-chemickej povahy. Podľa Bajusa (2008) sú pre biopalivá 2. generácie charakteristické predovšetkým chemické premeny, akými sú napríklad tepelné krakovanie, katalytické krakovanie, pyrolýza a karbonizácia, katalytické reformovanie. Pre procesy a technológie na konverziu biomasy na biopalivá druhej generácie sú príznačné tvrdšie reakčné podmienky (vyššie teploty, tlaky, prítomnosť vodíka), pri ktorých sa uplatňuje hlbší termický a katalytický rozklad. Krakovacie technológie, buď termálne alebo katalytické, v prítomnosti alebo bez prítomnosti vodíka patria medzi známe a rozšírené procesy v rafinárskom priemysle spracovania ropy na palivá a mazivá a petrochemickom priemysle spracovania uhlíkovodíkov zo zemného plynu a ropy na chemikálie (Bajus, 2002).

MATERIÁL A METODIKA

Pre materiálovú konverziu biomasy bola aplikovaná metóda nízko-teplotného rozkladu organickej hmoty bez prítomnosti kyslíka. Táto technológia sa používa predovšetkým na výrobu palív pre spaľovacie motory, ale aj na materiálové zhodnotenie biomasy. Schéma zariadenia je znázornená na Obrázku 1.



Obrázok 1 Technologická schéma splyňovacej jednotky

Ako vstupný materiál bola vybraná rastlina *Miscanthus*. Na experimenty boli použité vzorky biomasy, ktorá je znázornená na Obrázku 2. Experimenty boli vykonané pri teplotách 300 °C, 400 °C a 500 °C.



Obrázok 2 Drvený Miscanthus

Tepelné spracovanie organickej hmoty v reaktore vedie k rozkladu vstupného materiálu na tri hlavné výstupné komponenty – plyn, kvapalina, biouhlie. Naším cieľovým produktom experimentu bolo biouhlie, ktoré bolo ďalej skúmané. Vyprodukované biouhlie bolo podrobené analýze výhrevnosti a porovnávané so základnou vstupnou biomasou.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Po spracovaní Miscanthusu ako vstupnej biomasy sme získali 4,8 kg biouhlia z 20 kg vstupnej biomasy, čo predstavuje 24 % hmotnosti zo vstupnej biomasy spracovanej pri teplote 500 °C. Vyprodukované biouhlie je znázornené na Obrázku 3.



Obrázok 3 Biouhlie

Následne sa vyprodukované biouhlie analyzovalo, pričom sa zisťovala výhrevnosť biouhlia. Výsledky analýz preukázali výhrevnosti, ktoré sú uvedené v Tabuľke 1.

Tabuľka 1 Výhrevnosť biouhlia a rastliny

Biomasa	Výhrevnosť, MJ.kg ⁻¹
Miscanthus 300 °C	24,7
Miscanthus 400 °C	27,7
Miscanthus 500 °C	28,8
Miscanthus - rastlina	17,8

Podľa Janička (2007) má zemný plyn výhrevnosť 31,7 MJ.kg⁻¹. Vyprodukované biouhlie z Miscanthusu 500 °C má výhrevnosť 28,8 MJ.kg⁻¹, čo je o 3 MJ.kg⁻¹ menej. Výhrevnosti vybraných materiálov sú znázornené v Tabuľke 2.

Tabuľka 2 Výhrevnosť vybraných druhov biomasy (Janíček, 2007)

Biomasa	Výhrevnosť, MJ.kg ⁻¹
Drevo – dub	14,1
Slama	14,3
Hnedé uhlie	10 – 20
Bioplyn	22
Zemný plyn	31,7

Ako vyplýva z analýz výhrevnosti, so zvyšujúcou sa teplotou spracovania biomasy, sa zvyšuje výhrevnosť biouhlia. V porovnaní so vstupnou biomasou má biouhlie z *Miscanthus* spracovávaného pri teplote 500 °C výhrevnosť vyššiu o 11 MJ.kg⁻¹. Výhrevnosť približne 11 MJ.kg⁻¹ má vodík. To znamená, že spoluspaľovanie vodíka s *Miscanthus*om bude mať rovnakú výhrevnosť ako biouhlie.

ZÁVER

Cieľom výskumu bolo sledovanie možnosti využitia biouhlia z *Miscanthus*u na produkciu tepla. Najskôr bolo potrebné vyprodukovať biouhlie zo vstupnej biomasy. Získali sme tri vzorky biouhlia, ktoré vznikli spracovaním *Miscanthus*u pri teplotách 300°C, 400°C a 500°C. Potom sa vykonala analýza výhrevnosti. V porovnaní s inými druhmi biomasy, ale aj so zemným plynom sme zistili, že výhrevnosť tohto biouhlia je trochu nižšia ako má zemný plyn, ale je 2x vyššia ako má slama, obilie alebo drevo. Výhrevnosť vstupnej biomasy je porovnateľná s výhrevnosťou skládkového plynu alebo biometanolu.

Predkladaná publikácia poukazuje na to, že biouhlie je možné použiť aj ako zdroj materiálu na spaľovanie a získavanie tepla. Výskum v tejto oblasti by mal byť ďalej venovaný aj produkcii emisí, ako aj prípadnej potrebe úpravy technológií na spaľovanie biouhlia.

Použitá literatúra

1. BAJUS M.. 2002. *Organická technológia a petrochémia, Uhl'ovodíkové Technológie*, In. Vydavateľstvo STU, 178 s, Bratislava, 2002
2. BAJUS, M.. 2008. *Energia z biopalív druhej generácie a biorafinérií (I. časť)*. In *Aprochem 2008 – Odpadové fórum 2008*. [online] [cit. 2023-11-25] Dostupné a internete: <https://silo.tips/download/energia-z-biopaliv-druhej-generacie-a-biorafinerii>.
3. JANÍČEK, F. et al.. 2007. *Obnoviteľné zdroje energie I : Technológie pre udržateľnú budúcnosť*. Pezinok : Renesans, s. r. o., 2007. 176 s. ISBN 978-80-969777-0-3.
4. MHaV. 2010. *Národný akčný plán pre energiu z obnoviteľných zdrojov*. 74s.

Kontaktná adresa:

Ing. Tomáš Giertl, PhD.

SPU v Nitre, TF, ÚPTDB, Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra

ZHODNOTENIE KVALITY PRÁCE ZAVLAŽOVAČA OTECH

JÁN JOBBÁGY¹, JÓZSEF VINCZE¹, ZUZANA BAJUSOVÁ², TATIANA BULLOVÁ²

¹Ústav poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky, TF, SPU v Nitre

²Ústav ekonomiky a manažmentu, FEM, SPU v Nitre

Abstract: V príspevku sme sa zamerali na zhodnotenie kvality práce moderného širokozáberového zavlažovača OTECH s celkovou dĺžkou 255 m. Praktické merania prebiehali v podniku Družstvo agropodnikateľov Mužla. Rozloha zameraného pozemku, na ktorom sa merania uskutočnili, bola 22.9 ha. V poľnohospodárskom podniku tvorí moderná mechanizácia a strojový park významnú úlohu. Prvé meranie bolo vykonané v apríli pri zavlažovaní plodiny, ktorá bola nízka. Priemerná závlahová dávka bola 4,24 mm (vážený priemer 4,16) s hodnotou koeficienta rovnomernosti postreku CuH 79,13 % a pri druhom meraní mm s hodnotou koeficienta rovnomernosti postreku CuH 89,65 %. Zo štatistických výsledkov je taktiež zrejmé, že kontrolou zavlažovača a jednotlivých rozstrekovačov, sa kvalita práce zvýšila. Hodnota variačného koeficienta dosiahla v prvom prípade 27,29 %, avšak po kontrole stroja bola hodnota podstatne nižšia (15,79 %). Aj keď sa nedosiahla normou stanovená kvalita práce, to jest 90%, možno konštatovať, že pravidelná kontrola a správna činnosť závlahovej techniky, zvyšuje kvalitu práce.

Kľúčové slová: závlahová dávka, zavlažovanie, kvalita práce

Abstract: Presented manuscript is focused on evaluating the quality of work of the modern OTECH wide-range irrigation machine with a total length of 255 m. Practical measurements were performed at agricultural cooperative Družstvo agropodnikateľov Mužla. The area of the fixed land, on which the measurements were carried out, was 22.9 ha. Modern mechanization and machinery play an important role in an agricultural cooperative. The first measurement was made in April when irrigating the crop, which was considered small. The average irrigation dose was 4.24 mm (weighted mean 4.16) with a CuH spray uniformity coefficient value of 79.13% while at the second measurement of mm a spray uniformity coefficient CuH valued 89.65%. It is also clear from the statistical results that the quality of work has increased by checking the sprinkler and individual sprinklers. The value of the coefficient of variation reached 27.29% in the first case, but after inspection of the machine, the value was significantly lower (15.79%). Even if the quality of work set by the standard, that is 90%, was not achieved, it was observed that regular inspection and precise operation of irrigation technology increases the quality of work.

Keywords: irrigator, quality of work, pivot irrigation machine

ÚVOD

Na základe zhodnotenia možných dôsledkov klimatických zmien na Slovensku, sa ukazuje potreba nového prehodnotenia programu rozvoja závlah i hydromeliorácií ako celku. Boli urobené prepočty podľa zahraničných renomovaných matematických metód, a na základe toho došli k záveru, že v rámci hodnotenia ôsmich alternatív klimatických zmien v SR je potenciálna potreba závlah pri extrémne suchých variantoch kvantifikovaná na 700 tis. ha závlah s hlavným dôrazom na ich produkčno-ekonomické uplatnenie (Jobbágy a kol., 2017). Pivotalový zavlažovač sa otáča do kruhu, a je napojený pivotom na hydrant. Tieto zavlažovače dosahujú až 700 metrovú dĺžku s výškou potrubia cca. 3 m nad povrchom pozemku. Zavlažovač sa otáča synchronizovaným pohybom okolo hydrantu. Pohon podvozkov je zabezpečovaný hydromotormi alebo elektromotormi (Findura a kol., 2013). Širokozáberové stroje majú k dispozícii viac možností ovládania. Systémy môžu byť vybavené od základného vybavenia až po maximálne. Základným riadiacim systémom je typ, ktorý umožňuje základné kontrolné funkcie, spustenie a zastavenie zariadenia, nastavenie závlahovej dávky a reverzný chod. (Rehák a kol., 2015). Najmodernejšie inteligentné riešenie zavlažovania je prostredníctvom programového vybavenia, čo je zabudované do každého inteligentného panela (Angelovič a Jobbágy, 2015). Cieľom práce bolo zhodnotiť kvalitu práce vybranej závlahovej techniky.

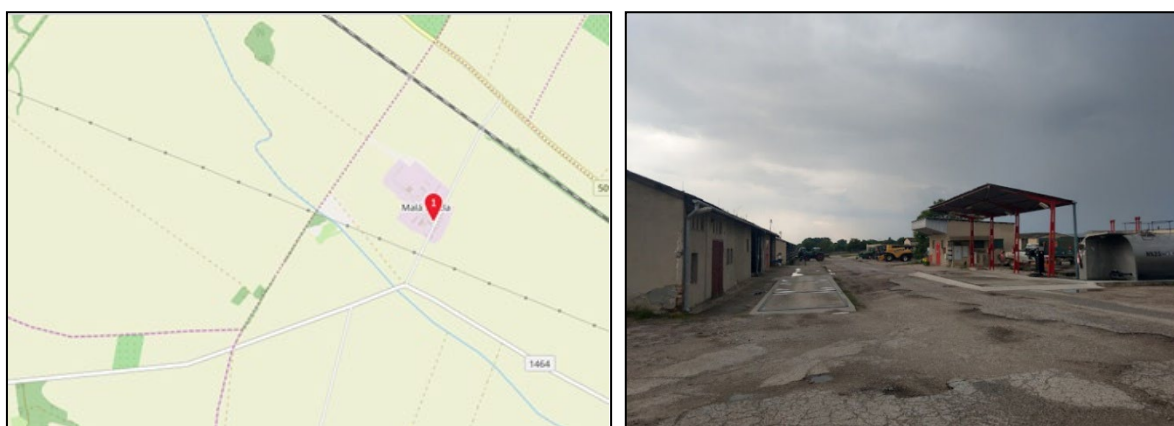
MATERIÁL a METÓDY

Merania rovnomernosti závlahovej dávky prebehli na vybranom pozemku, kde bol nasadený širokozáberevý zavlažovač. Podnik Družstvo agropodnikateľov Mužla sa zaoberá rastlinnou výrobou (obr.1).

Z predmetu činnosti vyplýva, že sa venuje podnikaniu v poľnohospodárskej výrobe, vrátane predaja nespracovaných poľnohospodárskych výrobkov na účely spracovania, alebo ďalšieho rozvoja, nákupu a predaju jedov a žieravín, okrem zvlášť nebezpečných jedov, činnosti organizačných a ekonomických poradcov, činnosti účtovných poradcov, sprostredkovaniu obchodu s poľnohospodárskymi výrobkami, nákupu a predaju poľnohospodárskych výrobkov a nákupu a predaju všetkého druhu tovarov v rozsahu voľných živností a v neposlednom rade poskytovaní poľnohospodárskych služieb. Pred rokom 2016 mali okrem rastlinnej výroby, aj živočíšnu. V roku 2016 vybudovali nový závlahový systém s jedenástimi centrálnymi pivotmi. Zavlažovače s novou potrubnou sieťou a novým elektrickým vedením boli vybudované na 435 ha. Firma ročne pestuje 10-13 rôznych druhov rastlín, z toho jedna časť je pestovaná ako osivo. Naše merania prebiehali na parcele č.5 s celkovou rozlohou 22,9 ha (obr.2).

Na zavlažovanie sa aplikoval pivotový zavlažovač Otech so 4 podvozkami a krakorcom, ktoré sú ovládané mobilnou aplikáciou Dositech. Otech pochádza z juhozápadného Francúzska. Spoločnosť vyrába stroje už viac ako 25 rokov. Prioritou firmy je vyrábať stroje z kvalitnej ocele, oceľ s vysokou pevnosťou v ťahu (s vysokým obsahom uhlíka poskytuje tvrdosť a zabezpečuje dlhšiu životnosť). Konštrukcia strojov je navrhnutá tak, aby odolala silnému vetru až $140 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, a aby pracovala na nerovnom teréne do prevýšenia medzi podvozkami až 20° . Najväčšou výhodou Otech centrálnych pivotov je, že sú jednoduché a ľahko používateľné. Ovládací panel má synoptické zobrazenie, LED svietidlá sa aplikujú na zobrazenie aktuálneho prevádzkového nastavenia zariadenia. Riadenie zavlažovačov je možné zlepšiť ovládacím panelom Dositech. V roku 1998 Otech vyvinul kontrolér Dositech, ktorý umožňoval pestovateľom prístup k údajom a nastaveniam zavlažovačov. Dositech kontroluje polohy a sektory s diaľkovým ovládaním. Program dokáže pivot rozdeliť na viac ako 10 sektorov (čím je možné konfigurovať dávky vody na každý sektor osobitne). Dositech webový program je prístupný odkiaľkoľvek s pripojením na internet. Okrem toho môže Dositech poslať SMS, aby informoval pestovateľa o akejkoľvek zmene pracovnej činnosti.

Počas zavlažovania sa vyskytla porucha so signálom GSM (obr. 3, žltá farba pivota č. 11). Celkovo zavlažované územie uvedeným zavlažovačom činí 22,9 ha, potreba vody je $95,42 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ a čas zavlažovania predstavuje 13 h ($200 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$). Potrebný príkon je 6 kW. Nameraná rýchlosť veta bola do $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Zrážkomerné nádoby boli rozložené s rozstupom 5 m. Teplota ovzdušia bola 22°C . Pomocou odmerného valca sme zistili množstvo vody v zrážkomerných nádobách.



Obrázok 1 Stredisko podniku: Družstvo agropodnikateľov Mužla

Pre zhodnotenie kvality práce závlahovej techniky sa použije metodika podľa normy ISO/TC23/SC18N190 (STN EN ISO 11545). Daná norma hovorí o spôsobe určenia rovnomernosti zavlažovania poľnohospodárskymi závlahovými zariadeniami, konkrétne pivotové a čelné zavlažovače z rozstrekovačmi a postrekovačmi. V prípade, že sa jedná o pivotové zavlažovacie zariadenia, používa sa metóda D.F. Heermana a P.R. Heina. (Jobbágy, 2011):

$$CuH = 100 \cdot \left[1 - \frac{\sum_{i=m}^n Si \cdot |Vi - \bar{V}|}{\sum_{i=m}^n Vi \cdot Si} \right], \quad \% \quad (1)$$

$$V = \frac{\sum_{i=m}^n Vi \cdot Si}{\sum_{i=m}^n Si}, \quad mm \quad (2)$$

kde:

CuH - koeficient rovnomernosti podľa Heermanna a Heina

i - číslo určené pre identifikáciu určitej zrážkomernej nádoby so začiatkom $i = 1$ pre nádobu, ktorá je najbližšie pri pivote a končiace $i = n$ pre zrážkomernú nádobu, umiestnenú najďalej od pivota

n - Počet zrážkomerných nádob

Vi - závlahová dávka v i -tej zrážkomernej nádobe, mm

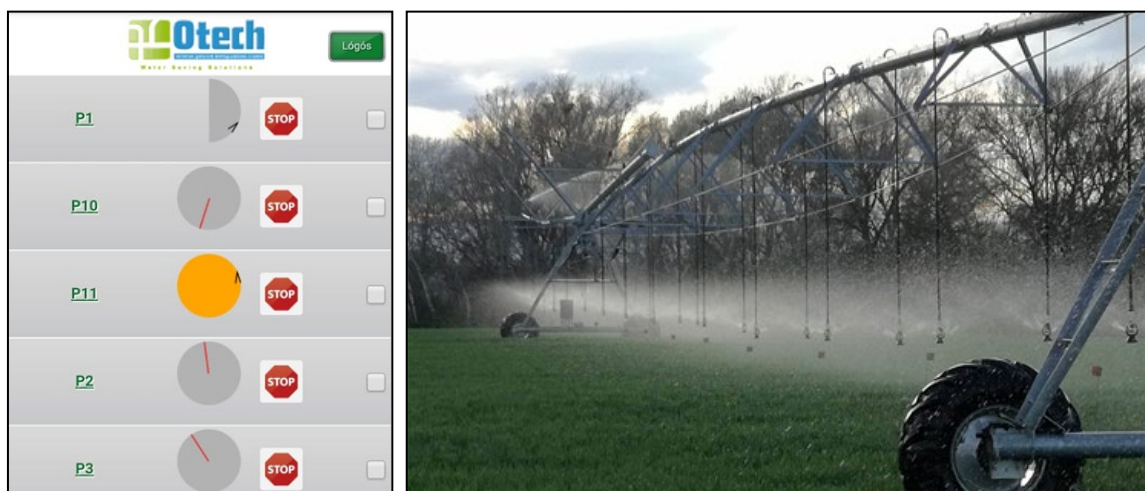
Si - vzdialenosť i -tej zrážkomernej nádoby od pivota, m

V - priemerná závlahová dávka, mm

$[Vi - V]$ - absolútna hodnota odchýliek od priemernej dávky, mm.



Obrázok 2 Zameraný pozemok (pri obci Mužla)



Obrázok 3 Ovládací panel – Dositech, meranie v teréne

VÝSLEDKY a DISKUSIA

Terénne merania sú uvedené na obr. 4. Po príprave zrážkomerného profilu, ktorý sa umiestnil mimo dostreku postrekovacích dýz, sme začali prvé meranie a ukončilo sa po preukázateľnom ukončení prechodu zavlažovača cez zrážkomerný profil, a to vtedy, keď už zavlažovacie dýzy

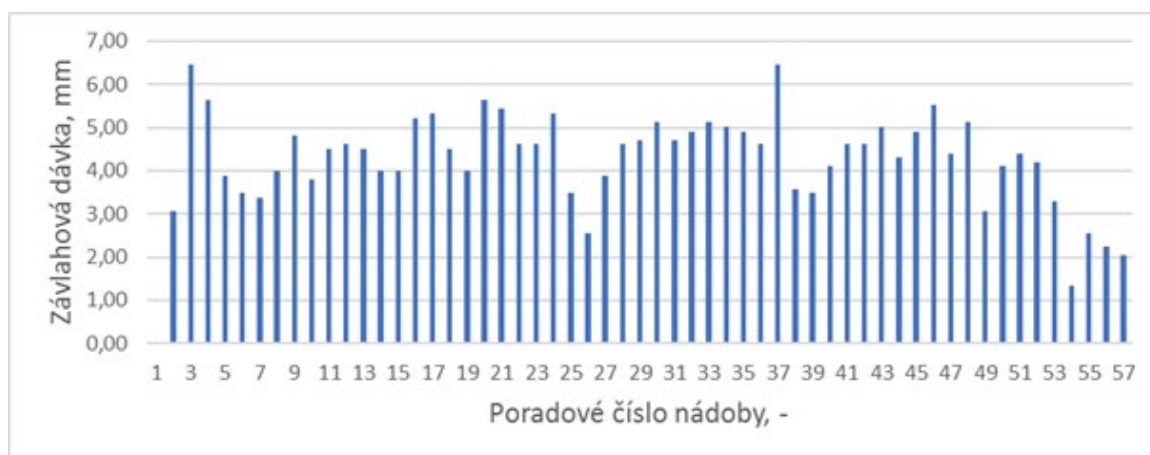
nedostrekli do zrážkomerných nádob. Potom sme odmerali objem vody v jednotlivých zrážkomerných nádobách kalibračnými valcami a výsledky sme si zapísali do tabuľky. Pred začiatkom merania sa overil smer otáčania zavlažovača. Následne sa prichystali zrážkomerné nádoby umiestnené v stojanoch a rozmiestnili sa pozdĺž celej dĺžky zavlažovača. Použili sa zrážkomerné plastové nádoby kruhového tvaru s objemom 1250 mm³. Dĺžka meraného úseku bola v prvom prípade 285 m a v druhom prípade taktiež 285 m. Rozstup nádob pozdĺž zavlažovača bol 5 m. Počet rozmiestnených nádob bol 57 ks v oboch prípadoch. Teplota vzduchu sa pohybovala okolo 22 °C. Rýchlosť nárazového vetra bola do 1,5 m.s⁻¹.



Obrázok 4 Terénne merania

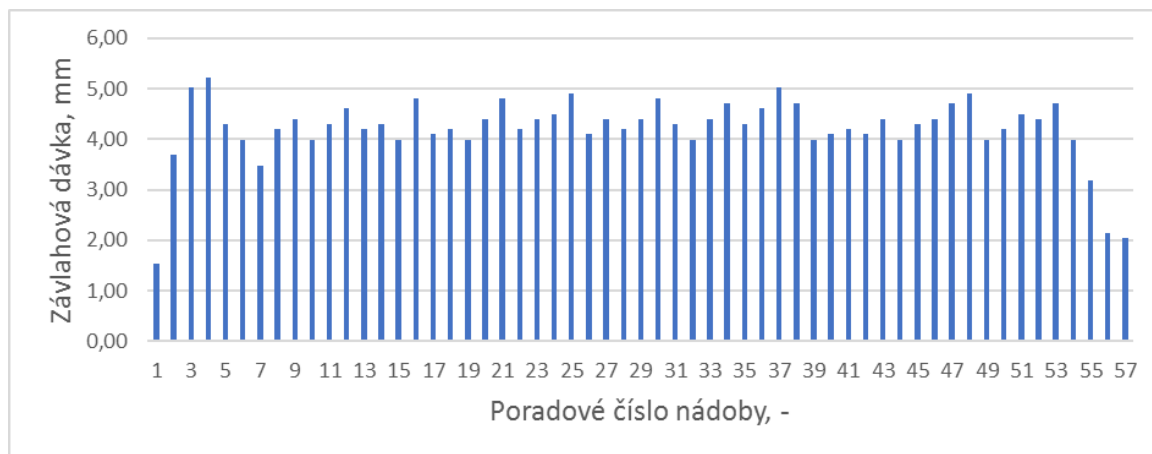
Prvé meranie bolo vykonané v apríli pri zavlažovaní plodiny, ktorá bola nízka. Hodnota variačného koeficienta dosiahla v prvom prípade 27,29 %, avšak po kontrole a úprave stroja bola hodnota podstatne nižšia (15,79 %). Priemerná závlahová dávka bola 4,24 mm (vážený priemer 4,16) s hodnotou koeficienta rovnomernosti postreku 79,13 % a pri druhom meraní mm s hodnotou koeficienta rovnomernosti postreku 89,65 %. Grafické zobrazenie výsledkov je uvedené na obr. 5 (pre pravý lúč) a na obr. 6 (pre ľavý lúč). Na základe výsledkov sa odporúča jednoznačne prekontrolovať stroj a vykonať údržbu rozstrekovačov. Zo štatistických výsledkov je taktiež zrejmé, že kontrolou zavlažovača a jednotlivých rozstrekovačov, sa kvalita práce zvýšila.

Podvozky s hodnotou Cu menšou ako 70 % nespĺňajú minimálnu kvalitu práce, ktorú definovali niektorí autori ako postačujúcu (Servuk, 1967; Látečka, 1999; Jobbágy, 2011). Z popisnej štatistiky vyplýva, že hodnoty variačného koeficientu boli 27,30 % (ľavý lúč) a % pre pravý lúč.



Obrázok 5 Rovnomernosť postreku Otech 255 m, pravý lúč merania

Automatizácia bola revolúcia zavlažovania, pretože znížili potrebu práce a riadenia, ale zlepšili účinnosť vody. Vedci zavlažovania urobili vynikajúcu prácu pri vývoji presných metód určovania, kedy zavlažovať a koľko. Tieto metódy sú však pre väčšinu ľudí často príliš komplikované alebo drahé, a preto rozširovanie tejto techniky prebieha veľmi pomaly (Jobbágy, 2011). Automatizácia a informatika sú nevyhnutnými položkami modernizácie nielen v oblasti poľnohospodárstva, ale aj v oblasti strojárstva, stavebníctva a lesníctva (Jobbágy a Simoník, 2019).



Obrázok 6 Rovnomernosť postreku Otech 255 m, ľavý lúč merania

Tabuľka 1 Rovnomernosť postreku [%], Valley Center Pivot 365, ľavý a pravý lúč

Podvozok	1	2	3	4	5	krakorec	Zavlažovač
Ľavý lúč	83,72	88,63	89,92	88,43	89,70	85,17	80,88
Pravý lúč	91,85	94,28	95,56	94,36	95,39	71,77	89,65

Tabuľka 2 Popisná štatistika dosiahnutých výsledkov

Parameter	Ľavý lúč	Pravý lúč
Priemer, mm	4,24	4,21
Štandardná odchýlka, mm ²	1,16	0,09
Rozdiel, mm	6,45	3,68
Minimum, mm	0	1,54
Maximum, mm	6,45	5,22
Suma, mm	241,82	239,87
Počet, -	57	57
Variačný koeficient, %	27,29	15,79

Pri meraniach na pozemkoch kde sa pestovali zemiaky, u Agromačaj, s.r.o. sídliacom v Kráľovej pri Senci, bola rýchlosť zavlažovača nastavená na hodnotu 50 m.h-1. Rýchlosť vetra bola do 1 m.s⁻¹. Zo získaných výsledkov možno konštatovať, že pri prvom meraní sa dosiahla rovnomernosť 73,79 % a pri druhom meraní 85,79 %. Z hodnotenia jednotlivých podvozkov možno konštatovať, že pri prvom meraní dosiahlo najlepšiu hodnotu CuH pole 9 s hodnotou 93,88 %, pri druhom pole 6 s hodnotou 92,57 % (Mistriek, 2011). Nové metódy v oblasti racionálnej intenzifikácie výroby plodín, zamerané na hnojenie a výživu rastlín spojením závlahy s hnojením, poskytujú rozsiahle možnosti regulácie a optimalizácie výživného a vlhového režimu počas vegetačného obdobia (Nielsen, Roberts, 1996; Paoli, 1997).

ZÁVER

V danej príspevku sme sa zamerali na zhodnotenie kvality práce širokozaberového zavlažovača Otech. Počas meraní sa prejavila porucha s GSM signálom, ktorú sme sa však rýchlo odstránili. Závlahová technika sa používa na závlahu vybraného pozemku o rozlohe 22,9 ha, čím podnik dosahuje vyššie výnosy a konkurencie schopnosť. Tieto zavlažovače je možné vďaka novým technológiám ovládať diaľkovo a závlahár kontroluje vzdialene ich činnosť. Počas meraní sa nám potvrdilo nemenej známe, že správna údržba a kontrola strojovej techniky zvyšuje kvalitu práce.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol s finančnou podporou v rámci projektu VEGA-1/0102/21: Znižovanie chemického zaťaženia a degradácie poľnohospodárskych a lesných pôd voľbou vhodných agrotechnológií s ohľadom na klimatické zmeny.

LITERATÚRA

- 1 ANGELOVIČ, M. – JOBBÁGY, J. 2010. Mechanizácia rastlinnej výroby. SPU: Nitra, 2010, ISBN 978-80-552-0453-6.
- 2 FINDURA, P. – JOBBÁGY, J. 2013. Stroje pre rastlinnú výrobu, ISBN 978-80-552-124-4
- 3 JOBBÁGY, J. – SIMONIK, J. 2009. Zavalžovanie pásovými zavlažovačmi v systéme presného poľnohospodárstva, 2009, ISBN 978-80-552-0201-3
- 4 JOBBÁGY, J. 2011. Hodnotenie závlahovej techniky z hľadiska rovnomernosti závlahy postrekom. ES SPU: Nitra, 2011, ISBN 978-80-552-0617-2
- 5 JOBBÁGY, J. – KOLOMAN, K. – BÁREK, V. 2017. Meliorácie v poľnohospodárstve. SPU: Nitra, 2017, ISBN 978-80-552-1676-8
- 6 LÁTEČKA, Mikuláš. 1999. Rovnomernosť postreku širokozáberových postrekovačov. In: *Hydromeliorácie Slovenska na prahu 21. storočia*. Bratislava: Semisoft, Výskumný ústav meliorácií a krajinného inžinierstva, 1999. s 233-236, ISBN 80-85755-08-4.
- 7 MISTRÍK, T. 2011. Kvalita práce širokozáberových zavlažovačov v manažmente zavlažovania. In: Diplomová práca, SPU v Nitre, TF, 2011.
- 8 NIELSEN, D. - ROBERTS, T.L. 1996. Potassium fertigation of high density apple orchards. In: *Better Crops with Plant Food*, 1996, r. 80, č.4, s.12, ISSN 0006-0089
- 9 OTECH [online] [cit. 18-3-2019]. Dostupné na: <http://www.otechirrigation.com.au/centre-pivot/>
- 10 PAOLI, N. (1997): What does fertigation have to offer? *Obstbau-Weinbau*, 1997, r.34, č.1, s.10-13
- 11 REHÁK, Š. – BÁREK, V. – JURÍK, Ľ. 2015. Zavlažovanie poľných plodín, zeleniny a ovocných sádov. Bratislava, 2015, ISBN 978-80-224-1429-6
- 12 SEVRUK, B. 1967. Závlaha postrekom za vetra. In: *ÚVTI-Zemědělká technika*, Praha, 1967, č.2.

Contact address: prof. Ing. Ján Jobbágy, P.hD. Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Department of Machines and Production systems, Tr. A. Hlinku 2, Nitra 949 76, Slovak Republic
phone: : + 421 37 641 4796, e-mail: Jan.Jobbagy@uniag.sk

ZHODNOTENIE KVALITY PRÁCE PIVOTOVÉHO ZAVLAŽOVAČA VALLEY

JÁN JOBBÁGY¹, ZSOLT SZABO¹

¹Ústav poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky, TF, SPU v Nitre

²Ústav ekonomiky a manažmentu, FEM, SPU v Nitre

Abstract: Cieľom príspevku bolo stanoviť koeficient rovnomernosti postreku pivotového širokozaberového zavlažovača, u ktorého sa koeficient rovnomernosti CuH stanovil podľa Heermanna a Heina. Merania sa uskutočnili na pozemku, ktorý patrí Vysokoškolskému poľnohospodárskemu podniku VPP s.r.o. Koliňany so sídlom v Oponiciach. Pestovanou plodinou na pozemku, na ktorej sa uskutočnili merania bol ovos. Na meranie sa použili zrážkomerné nádoby umiestnené na stojanoch. Počet zrážkomerných nádob bol 54. Rýchlosť vetra dosahovala počas nášho merania maximálne 1 m.s⁻¹. Z nameraných hodnôt vyplýva, že pri prvom meraní bola dosiahnutá rovnomernosť 90,94 %, a pri druhom meraní sa dosiahla rovnomernosť 91,23 %. Merania boli uskutočnené za rovnakých podmienok. Čo sa týka hodnotenia jednotlivých podvozkov, najlepšie výsledky CuH boli dosiahnuté pri prvom meraní na sekcii 5, kedy bola dosiahnutá hodnota 93,27%. Pri druhom meraní sa najlepšie výsledky dosiahli taktiež na sekcii 5 a to s hodnotou 95,10%. Na základe meraní a následných výsledkov je možné konštatovať, že sledovaný zavlažovač dosiahol normou požadované hodnoty.

Kľúčové slová: rovnomernosť postreku, pivot

Abstract: The goal of the article was to establish the constant regularity of spraying of the pivot irrigation machine. It is a Valley named irrigator, in which the constant regularity was set according to Heermann and Hein's CuH. The measuring were carried out on the parcel of the premises belonging to the University agricultural company VPP s.r.o. Koliňany seated in Oponice. Arable crop, on the parcel premises on which the measuring were taken, was oat. The precipitation-gage containers on stands were used for the measuring's. The number of measured containers was 54. The wind speed during the measuring was 1 m.s⁻¹. It resulted from the measuring that during the first measuring the regularity of 90.94 % was reached and during the second 91.23 % was reached. Measuring were taken under the same conditions. Based on the evaluation of the separate chasses, the best results of CuH were achieved during the first measuring on the section 5, where the measured value was 93.27 %. During the second measuring the best results were achieved on the section 5 with the value of 95,10%. Based on the measuring and resulting findings it is possible to state that the observed irrigator functioned with a high level of regularity. From the technical point of view the irrigator is reliable and is suitable for everyday use.

Keywords: irrigation uniformity, pivot

ÚVOD

Voda je veľmi dôležitou zložkou životného prostredia a významnou časťou prírodného bohatstva Zeme. Voda pokrýva asi 2/3 zemského povrchu, vo forme vodnej pary sa vždy vyskytuje i v zemskej atmosfére. Voda je podstatnou zložkou biosféry a popri pôde ma prvoradý význam pre zabezpečenie výživy ľuďstva. Voda ako vynikajúce rozpúšťadlo rozmanitých látok sa zúčastňuje na ich transporte v neživej prírode a spolupôsobí pri prijímaní, premene a rozvážaní živín a produktov látkového metabolizmu v živých organizmoch (Antal, Špánik, 2004). Z hľadiska biologických vlastností je dôležitý fakt, aby voda nepoškodzovala zdravotný stav pôdy a rastliny. Voda v žiadnom prípade však nesmie obsahovať semená burín, jedovaté látky, choroboplodné zárodky a oleje, ktoré by znemožňovali vsakovanie vody do pôdy (Jobbágy a kol. 2017). Každá voda obsiahnutá v pôde v skupenstve kvapalnom, plynnom i pevnom sa označuje pojmom pôdna voda. Niekedy sa používa synonymum termín pôdna vlaha, ktorá je zdôraznená tesná spojitosť systému pôda-voda-vegetácia. Najúčinnějšía a najvýznamnějšía je pôdna voda kvapalná (Zaujec a kol., 2002). Pôdna voda je jediným reálnym zdrojom vody pre hospodárske plodiny a ako taká nemá pre produkčný proces alternatívu (DEMO a kol., 2000).

Pod závlahou v poľnohospodárstve rozumieme melioračné opatrenie, ktorým sa uskutočňuje navlaženie pôdy, porastu, alebo prízemnej vrstvy vzduchu, aby sa dosiahla optimalizácia reprodukčného systému pri získaní vysokých a stálych hektárových úrod v rastlinnej výrobe. Potreba a aj účinok závlah sa menia a sú rôzne v závislosti od klimatických, topografických, pôdných a ďalších podmienok (Jobbágy, Simoník, 2009).

Cieľom výskumných prác a príspevku bolo posúdenie kvality práce moderného širokozáberevého zavlažovača Valley. Poľné merania prebiehali na vybranom poľnohospodárskom podniku.

MATERIÁL a METÓDY

Z dostupných materiálov VPP SPU Koliňany, závod Oponice sme spracovali charakteristiku o podniku, kde sme sa zamerali na pestované plodiny, rozlohy pod závlahovou a používanú techniku pre zavlažovanie. Na obr. 1 sme si znázornili záujmové územie na ktorom v danom podniku prebieha počas sezóny závlaha.



Obrázok 1 Mapa záujmového územia, zrážkomerná nádoba, meranie

Vysokoškolský poľnohospodársky podnik Slovenskej poľnohospodárskej univerzity s.r.o. Koliňany (ďalej VPP SPU, s.r.o. Koliňany) vznikol 1.7.2003. Jediným spoločníkom a jeho vlastníkom je Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre (ďalej SPU). Hlavným zameraním podniku, okrem podnikania na pôde je vytváranie podmienok a poskytovanie služieb v oblasti praktickej výučby, výskumu, vývoja a realizácie odborných praxí študentov SPU v Nitre, s cieľom komplexnej prípravy absolventov pre ich úspešné uplatnenie na trhu práce.

V rastlinnej výrobe sa spoločnosť orientuje na pestovanie hustosiatych obilovín, kukurice, cukrovej repy, repky olejnej, horčice, maku, tekvice olejnej bezšupkovej a krmovín. V živočíšnej výrobe sa spoločnosť orientuje na chov kráv s produkciou mlieka, mladého dobytku, teliat, plemenný chov ošípaných, plemenný chov oviec a formou vzorkovníc chov koní, hydiny, drobnej pernatej zveri, bažantov a rýb. VPP SPU, s.r.o. Koliňany sa skladá z troch závodov sídliačich v obciach Koliňany, Oponice, Žirany.

Zo získaných materiálov sa spracoval základný prehľad o použitej závlahovej technike. Zamerali sme sa na nasledovné parametre: funkcia, počet veží, dĺžka systému a možné varianty prevedenia. Napájanie zavlažovača bolo z hydrantu (obr. 2).

Pre hodnotenie kvality práce širokozáberevej závlahovej techniky sa použila metodika uvádzaná v norme STN EN ISO 11545, (2010). Metodika je rozpracovaná aj v iných publikáciách, kde sa pre hodnotenie kvality práce závlahovej techniky širokozáberevej uplatňuje výpočet rovnomernosti postreku podľa Heermanna a Heina (Jobbágy, 2011; Rehák a kol., 2015; Findura a kol., 2013; Angelovič a kol., 2015).

$$CuH = 100 \cdot \left[1 - \frac{\sum_{i=m}^n Si \cdot |Vi - \bar{V}|}{\sum_{i=m}^n Vi \cdot Si} \right], \quad \% \quad (1)$$

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=m}^n Vi \cdot Si}{\sum_{i=m}^n Si}, \quad \text{mm} \quad (2)$$

kde:

CuH - koeficient rovnomernosti postreku podľa Heermanna a Heina, %,

n - počet zrážkomerných nádob, ks,

i - číslo určené pre identifikáciu určitej zrážkomernej nádoby so začiatkom $i = 1$ pre nádobu, ktorá je najbližšie pri pivote a končiace $i = n$ pre zrážkomernú nádobu, umiestnenú najďalej od pivota,

V_i - závlahová dávka v i -tej zrážkomernej nádobe, mm,

S_i - vzdialenosť i -tej zrážkomernej nádoby od pivota, m,

\bar{V} - priemerná závlahová dávka, mm,

$|V_i - \bar{V}|$ - absolútna hodnota odchýliek od priemernej dávky.

Ak sa vo výpočte použijú hodnoty od všetkých zrážkomerných nádob $m = 1$. Pri vylúčení údajov 20 % z dĺžky od pivota, sa $m = p$, kde p je najbližšie celé číslo pre $0,20 \cdot n$. Meranie rovnomernosti postreku pri závlaha si vyžaduje najmä z dôvodov medzinárodnej štandardizácie a normalizácie postupovať podľa medzinárodnej normy ISO.



Obrázok 2 Napájací hydrant a centrálna jednotka Valley

VÝSLEDKY a DISKUSIA

Ako už bolo uvedené, merania sa uskutočnili na vybranom pozemku. Výmera poľnohospodárskej pôdy (závod Oponice) je 880 ha z toho 865,5 ha orná pôda a 14,5 ha predstavuje vinograd. Pestované plodiny sú ozimná pšenica 200 ha, jarný jačmeň 110 - 140 ha, repka 120 ha, cukrová repa 60 ha, kukurica na osivo 80 - 100 ha, sója 35 - 60 ha, krmoviny lucerna 80 ha, silážna kukurica 80 ha. Pod závlahou sa pestujú plodiny najmä sója, osivová kukurica, ale aj ovos a jačmeň.. Sklon terénu je do 3 %. Podnik disponoval v roku 2018 závlahovými zariadeniami:

- pivotový zavlažovač Valley 270 m - 1 ks,
- lineárny zavlažovač 265 m - 1 ks,
- pivotové zavlažovače Fregat 155 m - 5 ks,
- pásový zavlažovač Hron - 4ks.

Na praktické meranie sa použil premiestniteľný pivotový zavlažovač Valley s elektromotormi. Závlahový stroj je stavebnicovej konštrukcie, tvorený centrálnym prívodom vody prostredníctvom pivota. Prenosný pivotový zavlažovač je vybavený kolesovým podvozkom, pri ktorom sa pivot počas práce zafixuje reťazami. Tento zavlažovač umožňuje zavlažovať do kruhu. Na závlahu plodín používa čistú vodu z podzemnej rúrovej siete. Pohyb podvozku je zabezpečený elektromotormi umiestnenými na jednotlivých podvozkoch. Svetlá výška pod sekciou je 2,9 metra a stroj umožňuje zavlažovať aj vysoko - stebelnaté plodiny. Počet podvozkov je 4. Dĺžka stroja je 270 m. Dĺžka jednotlivých sekcií je 60,63 m a dĺžka previsu činí 25,08 m. Jednotlivé sekcie sú spojené kĺbmi, ktoré umožňujú vodorovný aj vertikálny ohyb medzi nimi. Dodávku vody zabezpečujú rozstrekače uchytené cez flexibilné vysiacie hadice z hlavnej rozvodnej rúry vody na závlahovom zariadení. Najdôležitejšia vlastnosťou pivotového zavlažovača je dodržať rovnomerné dávkovanie vody na celej ploche. S narastajúcou vzdialenosťou od pivota sa veľkosť dýz zväčšuje. Na konci systému sú dýzy najväčšie, keďže tie pokrývajú najväčšiu plochu. Rýchlosť pohybu zavlažovača súvisí so závlahovou dávkou. Pohyb zavlažovača je závislý od pohybu poslednej veže. Vzhľadom na poslednú vežu sa ostatné sekcie dorovnávajú pod správny uhol. Krakorec je na konci zavlažovača vybavený ďalekopráčovým postrekovačom. Narovnávanie zavlažovača je plne automatické. Posledná veža je riadiaca. K pohybu poslednej veže sa prispôbujú ostatné, aby tvorili správny uhol. Na zabezpečenie elektrickej energie pre celý zavlažovací stroj, slúži dieselový generátor umiestnený na konštrukcii pivota.

Terénne merania

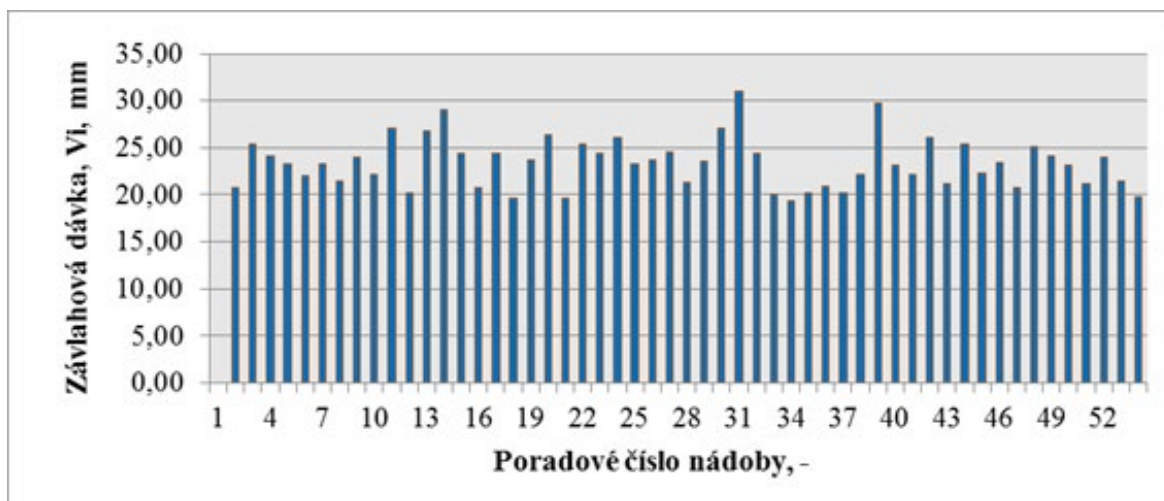
Pred samotným začiatkom merania sa overila situácia zavlažovania s daným zavlažovačom t.j. smer pohybu atď. Následne sa prichystali zrážkomerné nádoby s 54 stojanmi a rozmiestnili sa pozdĺž celej dĺžky zavlažovania. Použili sme zrážkomerné nádoby z plastovej hmoty kruhového tvaru. Dĺžka meraného úseku bola 270 m. Rozstup nádob pozdĺž zavlažovača bol 5 m. Počet rozmiestnených nádob bol 54 ks. Po príprave zrážkomerného profilu, ktorý sa umiestnil mimo dostreku postrekovacích dýz, sme začali prvé meranie a ukončilo sa po preukázateľnom ukončení prechodu zavlažovača cez zrážkomerný profil, a to vtedy, keď už zavlažovacie dýzy nedostrekli do zrážkomerných nádob. Potom sme odmerali objem vody z jednotlivých zrážkomerných nádob kalibračnými valcami a výsledky sme si zapísali do tabuľky. O pár minút na to sme meranie zopakovali a výsledky zapísali znova do tabuľky. Teplota vzduchu sa pohybovala okolo 26 °C. Rýchlosť nárazového vetra bola do 2 m.s⁻¹.

Štatistické zhodnotenie rovnomernosti pravého a ľavého lúča sa uviedlo v tabuľke 1. Variačný koeficient dosiahol hodnotu 18,00 %. Maximálna závlahová dávka v nádobe bola 31,03 mm a minimálna hodnota bola 0 mm. Pri meraniach ľavého lúča dosiahol variačný koeficient hodnotu 17,92 %. Maximálna hodnota vody v nádobe bola 31,55 mm a minimálna hodnota bola 0 mm.

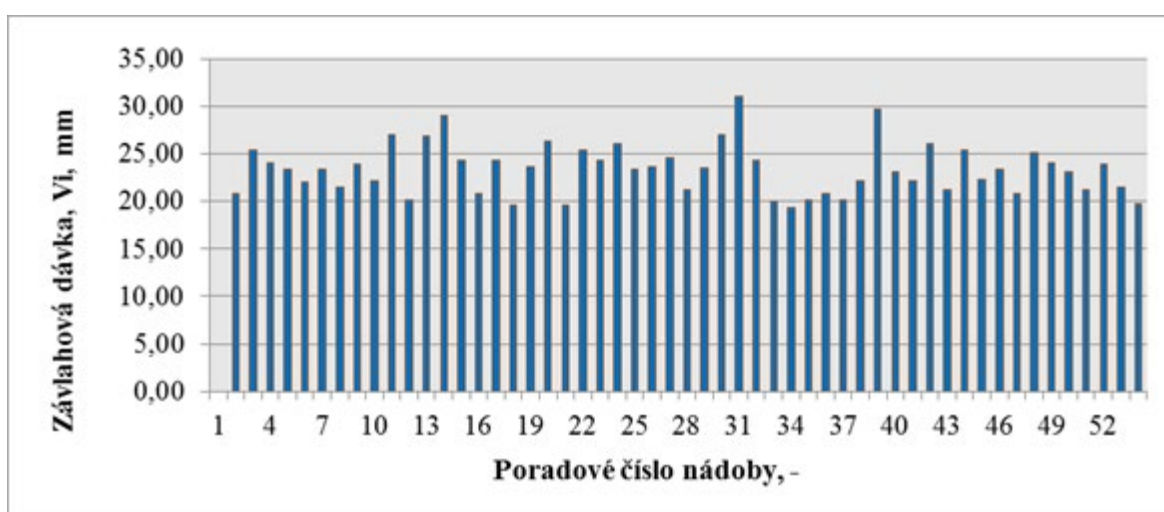
Rovnomernosť postreku a jej hodnotenie patrí medzi základné vlastnosti kvality zavlažovania (Simoník, 1997; Klementová a kol., 2003A). Metódy merania rovnomernosti postreku sa delia podľa toho, či ide o závlahu postrekovačmi umiestnenými pozične v sponoch, závlahu pivotovými širokozaberovými zavlažovačmi alebo závlahu pásovými zavlažovačmi (Látečka, 2000). Presnosť merania je negatívne ovplyvnená pôsobením vetra, výkyvmi tlaku v rozvodnom potrubí a pod. (Růžička, 1996).

Tabuľka 1 Popisná štatistika, rovnomernosť postreku

Parameter	Ľavý lúč	Pravý lúč
Stredná hodnota	23,73	22,95
Chyba strednej hodnoty	0,58	0,56
Medián	23,81	23,35
Modus	21,41	24,38
Smerodajná odchýlka	4,25	4,13
Rozdiel Max - Min	31,55	31,03
Minimum	0	0
Maximum	31,55	31,03
Súčet	1281,31	1239,42
Počet	54	54
Variačný koeficient %	17,92	18,00



Obrázok 3 Rovnomernosť postreku zavlažovača Valley, pravý lúč



Obrázok 4 Rovnomernosť postreku zavlažovača Valley, ľavý lúč

Tabuľka 2 Porovnanie koeficientov rovnomernosti CuH (%) pravého a ľavého lúča

Podvozok	1	2	3	4	krakorec
Pravý lúč Koeficient rovnomernosti CuH(%)	91,23	89,54	88,97	91,57	93,27
Ľavý lúč Koeficient rovnomernosti CuH (%)	91,49	89,50	94,06	94,67	95,10

Vlhkosť pôdy je veľmi dôležitá veličina s významom pre vlastnosti pôdy, ale i pre produkčnú schopnosť pôd. Sezónne má premenlivý vývoj s limitujúcim dopadom na úrodu (DEMO, M. a kol., 2000). V súčasnosti je na Slovensku 22 % ornej pôdy zabezpečené závlahovými systémami. Odber vody pre závlahy dosahoval ešte v roku 1990 280 mil. m³ vody pričom do roku 2005 toto množstvo kleslo len na 3,6 mil. m³. Kritickým zásahom v rámci využívania úpravy vodného režimu poľnohospodárskych pôd na Slovensku bola likvidácia Štátnej melioračnej správy (Konceptia RHS, 2014).

ZÁVER

V predkladanej diplomovej práci sme zhodnotili rovnomernosť postreku pivotového širokozáberevého zavlažovača s rozstrekačmi Valley. Základnou charakteristikou zavlažovania bola rovnomernosť celého zavlažovača, ale aj rovnomernosť jednotlivých sekcií. Z nameraných hodnôt, ktoré sme si zapísali do tabuliek, sme vypočítali koeficienty rovnomernosti a zostrojili ich grafické vyjadrenia. Z nameraných výsledkov diplomovej práce vyplýva, že rovnomernosť pivotového

širokozáberového zavlažovača Valley je vyhovujúca, pretože koeficienty rovnomernosti CuH sú nad 90%.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol s finančnou podporou v rámci projektu VEGA-1/0102/21: Znižovanie chemického zaťaženia a degradácie poľnohospodárskych a lesných pôd voľbou vhodných agrotechnológií s ohľadom na klimatické zmeny.

LITERATÚRA

1. ANGELOVIČ, Marek - JOBBÁGY, Ján - FINDURA, Pavol. *Technika v biosystémoch*. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2015. 203 s. ISBN 978-80-552-1391-0.
2. ANTAL, Jaroslav –ŠPÁNIK, František. 2004. Hydrológia poľnohospodárskej krajiny. 2. nezmen. vyd. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2004. ISBN 80-8069-428-1
3. DEMO, Milan – BIELIK, Pavol a kol. 2000. Regulačné technológie v produkčnom procese poľnohospodárskych plodín. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre: 2000. 667s. ISBN 80-7137-732-5.
4. FINDURA, Pavol - JOBBÁGY, Ján - VOZÁROVÁ, Vlasta - BOŽIKOVÁ, Monika - KOVALYŠYN, Stepan Josyfovyč. *Stroje pre rastlinnú výrobu : technika pre chemickú ochranu rastlín a zavlažovanie*. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2013. 113 s. ISBN 978-80-552-1124-4.
5. JOBBÁGY, Ján. Hodnotenie závlahovej techniky z hľadiska rovnomernosti závlahy postrekom : vedecká monografia. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2011. 123 s. ISBN 978-80-552-0617-2.
6. JOBBÁGY, Ján - KRIŠTOF, Koloman - BÁREK, Viliam. 2017. Meliorácie v poľnohospodárstve : vlastnosti pôdy, odvodňovanie a zavlažovanie. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2017. 253 s. ISBN 978-80-552-1676-8.
7. KLEMENTOVÁ, E. – LÁTEČKA, M. – SIMONÍK, J. 2003. Kvalita závlahy pásovými zavlažovačmi. In Acta horticulturae et regiotecturae. ISSN 1335-2563. Roč. 6, č. mimoriadne (2003), s. 29-31.
8. KONCEPCIA RHS. [online] [s.a.] [2023-05-10] Dostupné na: https://biomasaker.wolf.sk/files/1_Koncepcia_revitalizacie_hydromeliioracnych_sustav_na_Slovensku_2014.pdf
9. LÁTEČKA, M. 2000. Rovnomernosť postreku pri závlahy otáčavými postrekovačmi. In: Monografia. Nitra, 2000. 58 s. ISBN 80-7137-678
10. REHÁK, Štefan - BÁREK, Viliam - JURÍK, Ľuboš - ČISTÝ, Milan - IGAZ, Dušan - ADAM, Štefan - LAPIN, Milan - SKALOVÁ, Jana - ALENA, Ján - FEKETE, Václav - ŠÚTOR, Július - JOBBÁGY, Ján. Zavlažovanie poľných plodín, zeleniny a ovocných sádov. 1. vyd. Bratislava : Veda, 2015. 640 s. ISBN 978-80-224-1429-6.
11. RŮŽIČKA, M. 1996. Technika a kvalita zavlažování: Studijní informace ÚZPI. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1996. 50 s. ISSN 0862-3562.
12. SIMONÍK, J. 1997. Hodnotenie kvality práce zavlažovačov Fregat po viacročnej prevádzke. In: Acta technol. Agric., 38. - Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. s. 145-155. ISBN 80-7137-392-3.
13. ZAUJEC, Anton - CHLPÍK, Juraj – BALONTAYOVÁ, Erika – POLLÁKOVÁ, Nora..2002. Pedológia. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2002. ISBN 80-8069-090-1.

Contact address: prof. Ing. Ján Jobbágy, P.hD. Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Department of Machines and Production systems, Tr. A. Hlinku 2, Nitra 949 76, Slovak Republic phone: : + 421 37 641 4796, e-mail: Jan.Jobbagy@uniag.sk

ANALYSIS OF THE ROLLING RESISTANCE OF THE TIRES OF AGROFORESTRY MACHINERY ON A REINFORCED BASE

JÁN KOVÁČ

Technical University in Zvolen, Faculty of Technology, Department of Environmental and Forestry Machinery

Abstract: The main goal of the article is the analysis of the measurement of the rolling resistance of tires for agroforestry machines and equipment on a reinforced base, to compare different combinations of rolling resistance under different loads with tires with different inflation pressures. It is achieved by measuring the traction force on the device which is stored in the computer using software. The measured values are processed in the Excel and Statistica programs, which are used for tabular and graphic evaluation of the data and formulation of the conclusion.

Key words: agricultural tyres, tyre rolling, rolling resistance,

INTRODUCTION

The majority of used agro-forestry machines have a wheel chassis, as these chassis mostly correspond to the soil conditions in our area. In agro-forestry machines, these tires are subject to great strain, resulting from the growing performance of agro-forestry machinery. By choosing the right tire and inflation pressure, we can reduce rolling resistance, reducing wear and tear, reducing time to work and, in particular, reducing fuel consumption. An important advantage is the reduction of soil compaction, which is a very important factor in the use of heavy energy vehicles carried and towed. (Beneš P., 2009)

At present, the deformation properties of the entire tire are investigated by finite element method calculations. The predictive ability of the calculation results can only be verified by a real tire test. In addition, according to the test results, the calculation can be adjusted to allow calculations to be made more precise with regard to the input of material and other inputs. That is why it is very important for the tires to be tested. The endeavor is for the tests to be as close as possible to the actual load during operation and to make the results comparable to each other. (Bauer F. et al., 2013)

Rolling Resistance Coefficient

The rolling resistance coefficient f is affected by several factors. The most important is the road surface. Other factors affecting the rolling resistance coefficient include deformation and wheel speed of the vehicle. For a tire with a low inflation pressure, deformation occurs to a greater extent than when the tire is inflated to a higher pressure. As the tire pressure decreases, the rolling resistance increases. This is due to a higher value of deformation and damping work. The last factor is the wheel speed of the vehicle. (Dočkal V., Kovanda J. and Hrubec F., 1998)

Experimental rolling resistance measurement

Measurement of tire rolling resistance is relatively simple. For this purpose, we use a guiding frame with side guides. The measurement is based on the drawing of the pulling force required to traverse the main and auxiliary guide frame of the wheel by means of the brake reel. The main sensed physical magnitude is in this case the pulling force required to pull the wheel and guide frame. This is captured by the HBM S9M sensor. (Helexa, 2012)

MATERIAL and METHODOLOGY

The basis of our test facility is to guide the subframe. Its length is 9,000 mm, which can be extended to the required value by connecting other welded steel beams. The support rails are also

fastened to the concrete floor of the laboratory by means of threaded anchors. This ensures its stable position and capture, in particular, the lateral and vertical forces acting on the subframe. The auxiliary frame (or lateral guide) serves to longitudinally guide the subframe, the main purpose of which is to guide the main support frame of the test wheel (s) in the straight line. The guide frame and the main frame with the wheel are connected together by means of four square bars. The main support frame of the wheel includes a wheel drive mechanism and also carries additional weights through which the wheel's vertical load can be changed. The main frame of the wheel itself has a weight of 222 kg, with the additional weight being increased up to 734 kg. The drive of the test wheel is provided by the Siemens 1LA7 133-4AA electric motor of 7.5 kW. The Siemens 1LA7 113-4AA winding electric motor with a power of 4 kW serves for the backward movement of the entire steering and wheel drive mechanism. A picture . (Helexa, 2012)

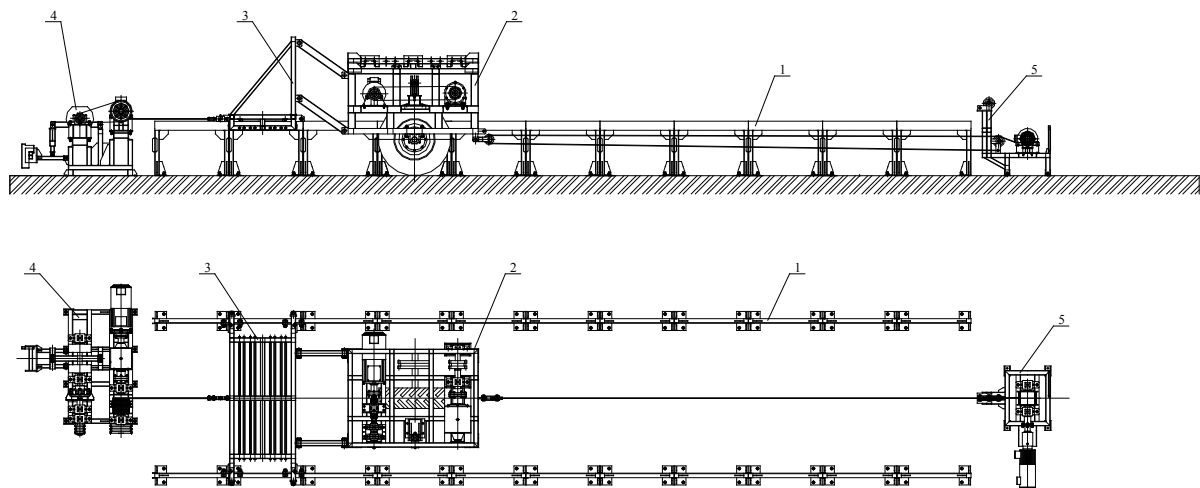


Figure 1 Soil Testing Channel (Measurement on Concrete Floor)

1. Side guides, 2. Main wheel support frame with drive, 3. Guiding frame, 4. Braking device, 5. Reversing winch [Helexa, 2012]

Used tyres

Tires to carry out the measurement were selected by Mitas. Specific type of TS tread for agroforestry machines. From this series we used two models to measure. Specifically TS-04 (table 1). We chose them mainly because of their availability and similarity because they are from the same manufacturer of the same type. Further, they have been selected for their appropriate dimensions for the device used and their parameters that are suitable for measurement.

Table 1 Technical data of Mitas TS-04 tires

Casing size	6.00 – 16	Load Index / Speed Index	79/91 A8
PR	6 PR	Frame / Frame (allowed)	4.00Ex16/4.50Ex16
Profile Width (mm)	-	Outer diameter (mm)	735
Static radius (mm)	345	Effective circuit (mm)	2160
Weight (kg)	10	Load (kg)	-
Hose pressure (bar)	2,8	Tubeless (TL) / Tubetype (TT)	TT
Inner tube / Inserts	6.00 - 16	EAN code	8590341017314

RESULTS and DISCUSSION

We used the Catman program from DAQ Software, which belongs to HBM, from which we also used the QuantumX MX840A signal strength and signal amplifier to guarantee compatibility and accuracy of measurement.

The accuracy of the measurement is given by the manufacturer of the silomer HBM S9N, namely 0.02%. So, in this case, we need to take into account the measurement deviation because it represents a negligible part of the result. We've set the scanning frequency from the sensor to 5Hz, so every second we get 5 values, which is enough because the main frame goes through the entire usable path of the device in about 40 seconds.

Measurement procedure

Put the selected tire on the main frame of the measuring device without using the drive and, after it has been inflated to the required pressure, weigh the main frame of the measuring device by weighing the necessary weight. We move the main and auxiliary frames using a winch to the starting position where the winch is disconnected and the rope is attached from the main winch, which is tensioned manually to reduce the vibrations of the trolley. On the computer, we run the measurement record and run the main reel until the trolley reaches the final position where the reel stops. We stop recording the measurement that we store and prepare for further measurement with other loads or other tire pressures (table 2).

Measuring parameters

Table 2 Mitas TS-04 tire input parameters

Tire inflation pressure [kPa]	Tire Load Size [kg]
100	222
150	350
200	478
250	542
300	606
	670

Calculation of measured data

For each measurement, we received approximately 200 values, and after reviewing, we found that the measured values had a scattering which is the smallest in 2 areas. This scattering can be caused by several factors. We can divide the values into 2 regions, namely A and B, and from each region we chose a 10 second section in which the values were the least scattered to maintain the highest accuracy and consistency of the measurement. As an example for the enclosed graph, we chose Range A for Area A between 16 and 26 seconds, and Area B ranges between 38 and 48 seconds.

Subsequently, we added values from each area to Statsoft's Statistica, which allowed us to calculate, for example, the mean and the standard deviation of the measured values. We used the values of the mean in the resulting graphs and we used the standard deviation values as a check. If the standard deviation value was too large, we did not match that measurement into a graphical representation. This situation can be considered a measurement error that is mainly due to the instability of the device's lateral guidance and non-repeat measurement. Finally, we used an area that had a smaller measurement error.

As a result, however, we only got the total resistance when pulling the trolley. To determine the magnitude of the rolling resistance, we still had to calculate all other resistances in the device and deduce them from the total resistance.

To calculate the resistance of the trolley, we proceeded as in the total resistance measurement. The only difference was that no tire was mounted on the main frame and was unloaded onto the guiding frame in order not to rush on the ground.

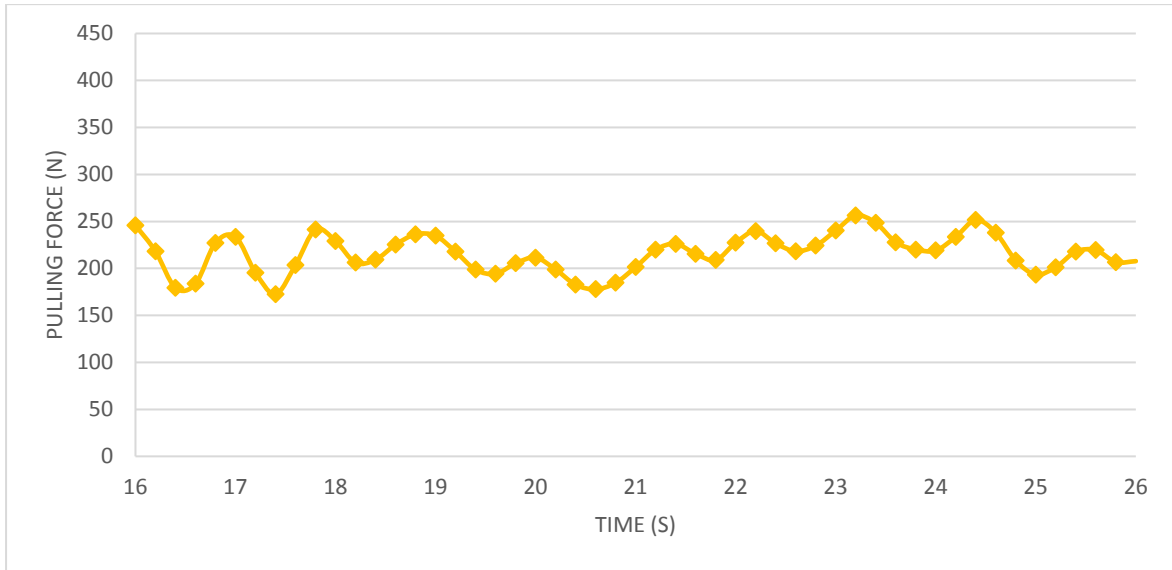


Figure 2 Approximate values from area A, Mitas TS04 6,00-16 6PR $p = 150$ kPa, $m = 478$ kg

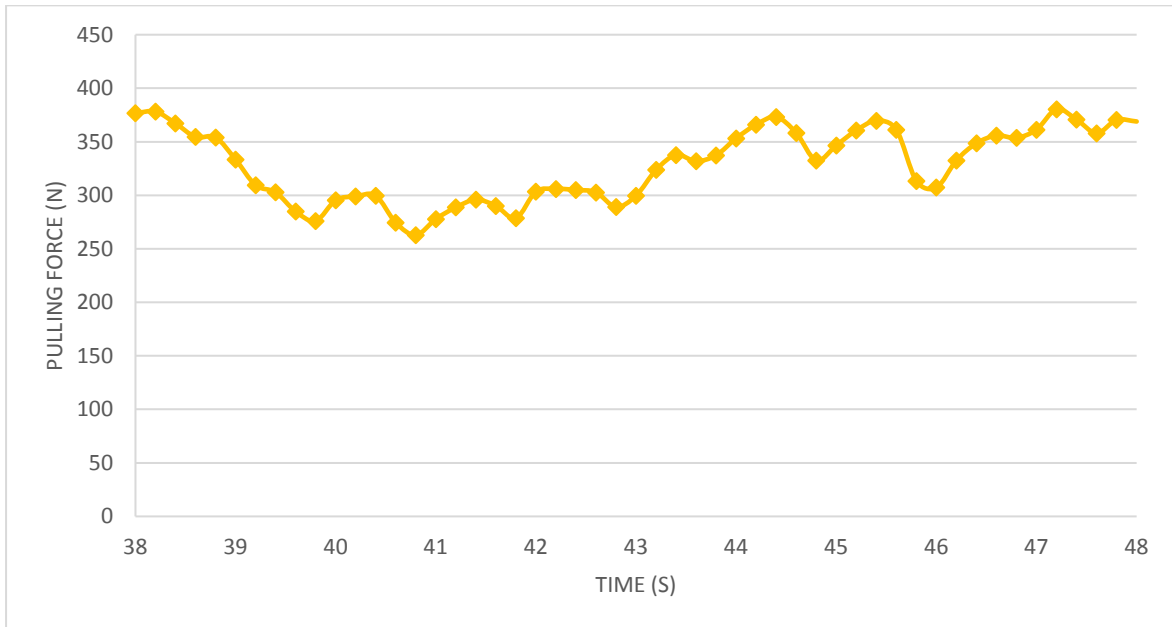


Figure 3 Approximate values from area B, Mitas TS04 6,00-16 6PR $p = 150$ kPa, $m = 478$ kg

Evaluation of measurement results

We calculated the resulting calculated values visually into graphs for better interpretation. For the most appropriate evaluation of the results, we have chosen three types of dependencies that best show the dependence of the rolling resistors. To view the example, we chose the Mitas TS04.

Example 1

In the first example of the dependence of rolling resistance on wheel load at different inflation pressures, we should see a linear dependence on theoretical knowledge, where the roller resistance should also increase when increasing the load on the wheel. Along with the increasing inflation pressure, the resistance of the vane should decrease.

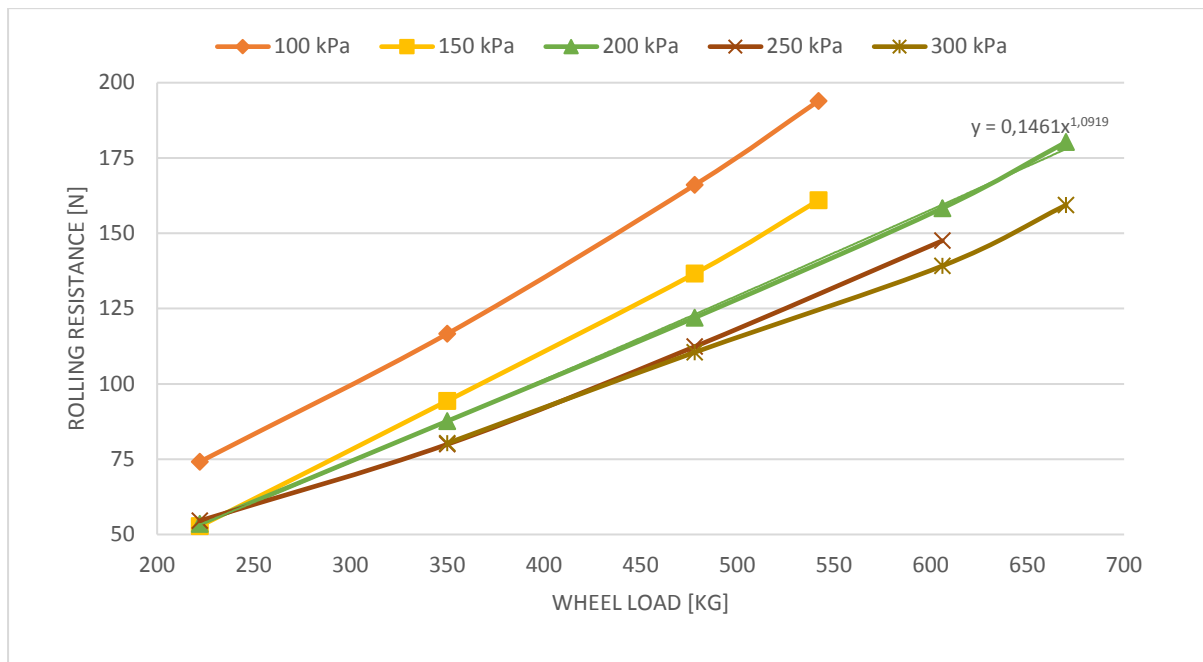


Figure 4 Dependence of rolling resistance on wheel load, Mitas TS04 6,00-16 6PR A

As we can see in Chart 3, the measurement has confirmed the theory and therefore, with increasing tire load, the rolling resistance is almost linear, and the rolling resistance decreases with the increasing inflation pressure. At the lowest tire pressure measured, the tire pressure is considerably higher at the lowest pressure, but at all other inflation pressures the rolling resistance does not change. This is due to the fact that, at low inflation pressures, most of the load is transmitted to the sidewall of the tire which in this case can not handle even a low load and its deformation results in an increase in rolling resistance. At higher inflation pressures, the sidewall is relieved to the extent that the increase in inflation pressure no longer reduces rolling resistance, as with higher loads. When measuring with a tire that has a stronger sidewall already this trend at a low load we can not see what we can confirm on chart 3.

At the same time, the function of dependence on the pressure value of 200 kPa is still described in the graph, since it is the mean value of the pressure and should describe this dependence as accurately as possible.

$$y = 0,1461x^{1,0919} \quad (1)$$

Example 2

In the second example, the dependence of the rolling resistance on the tire inflation pressure. Here, according to theoretical knowledge, we should see the decreasing tendency of rolling resistance with increasing tire inflation pressure. At the same time with the increasing load, the rolling resistance should also increase.

Figure 4 shows the confirmation of the theoretical part. Rolling resistance has a decreasing tendency with increasing tire inflation pressure. We can also see that, at lower loads, the inflation pressure value begins to stagnate from a certain inflation pressure value. This means that the tire is sufficiently infiltrated and has sufficient strength to prevent further deformation, and further pressure increases no longer affect the rolling resistance.

Also, a dependency function for a load of 478kg is described in the graph, since it is the average load value and should describe this dependence as accurately as possible.

$$y = 945,64x^{-0,383} \quad (2)$$

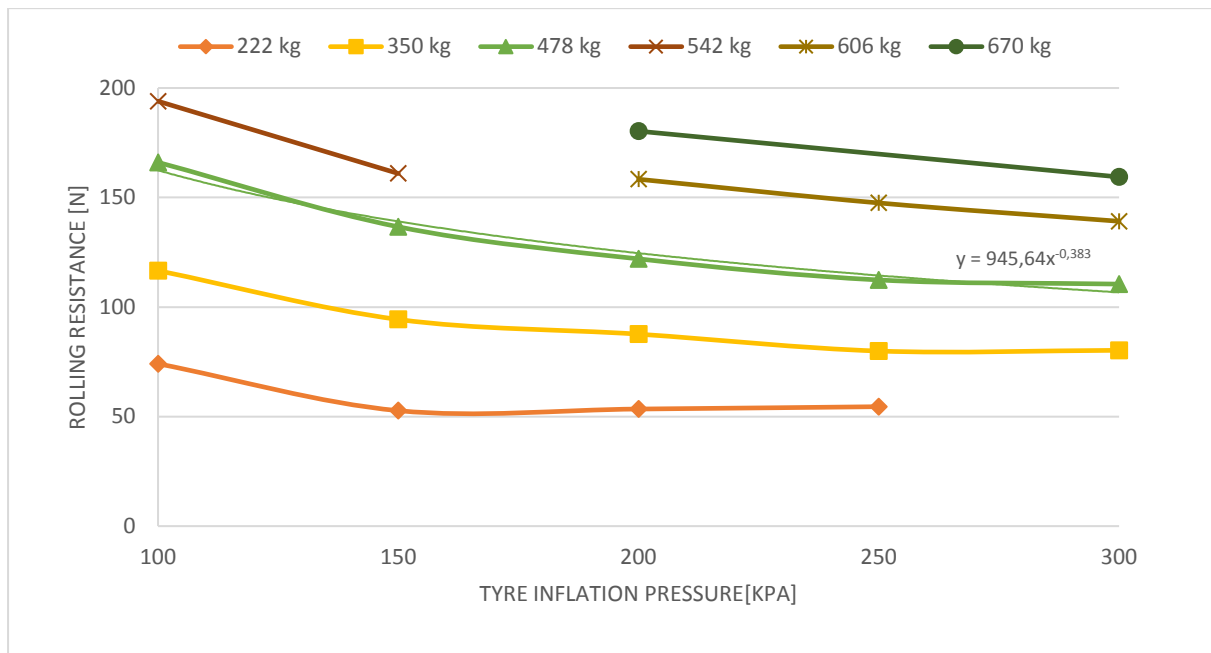


Figure 5 Dependence of rolling resistance on tire pressure, Mitas TS04 6,00-16 6PR A

Example 3

In the latter example, we have the dependence of the rolling resistance coefficient on the inflation pressure of the tire, which is essentially the same as in the previous example, except that the rolling resistance is calculated on the tire load unit. According to theoretical knowledge, we should see the same dependence as in the previous example, namely the decreasing tendency of the rolling resistance coefficient with the gradually increasing tire inflation pressure. The roller resistance coefficient should remain the same with varying load.

As we can see in Figure 6, the theoretical part is mostly confirmed and we see a very similar dependence as in the previous example. Values are scattered but not too large. This scattering may be due to less stability of the lateral guidance of the device when increasing the tire load. We can also see the measurement uncertainty at a load of 222kg. This inaccuracy is probably caused by the imperfectly flat surface of the laboratory on which the measurements were made, as the error occurred at a low load and in the previous example of dependence the error did not appear.

As in the previous example, the chart depicts a dependence function for a load of 478kg, since it is the average load value and should describe this dependence as accurately as possible.

$$y = 0,2023x^{-0,383} \quad (3)$$

Measurement errors

As with each measurement, this measurement also had measurement errors. Errors may have been caused mainly by the imperfections of the construction of the equipment and of the laboratory environment where the measurement was carried out. Errors have been attempted to remove the best of measurement by using the measured values averages and using the data from the two most steady areas of measurement.

CONCLUSION

Based on the theoretical knowledge obtained in the first part, we could only evaluate and compare the measured and calculated measured data with the theoretical values based on the calculations. All measured and calculated results were confirmed in all three cases.

In the first example, we confirmed that the rolling resistance of the tire increases almost linearly with increasing load, but we can partially reduce it by increasing the inflation pressure in the tire.

The second example confirmed that rolling resistance decreases with increasing compression pressure. However, at a certain value of the inflation pressure, the rolling resistance stops decreasing and begins to stagnate. This inflation pressure value increases with increasing load.

In the third example, we reached the same conclusion as in the second example. The only difference in these examples is the use of the rolling resistance coefficient instead of the direct rolling resistance. This change should eliminate the load on the tire and the resulting coefficient values should be the same.

Measuring readings and collecting the seemingly best ranges of values was not enough. The incompleteness of the laboratory environment and especially the solid substrate contributed to inaccuracies and measurement errors. Another important factor in accuracy is the number of repeated measurements.

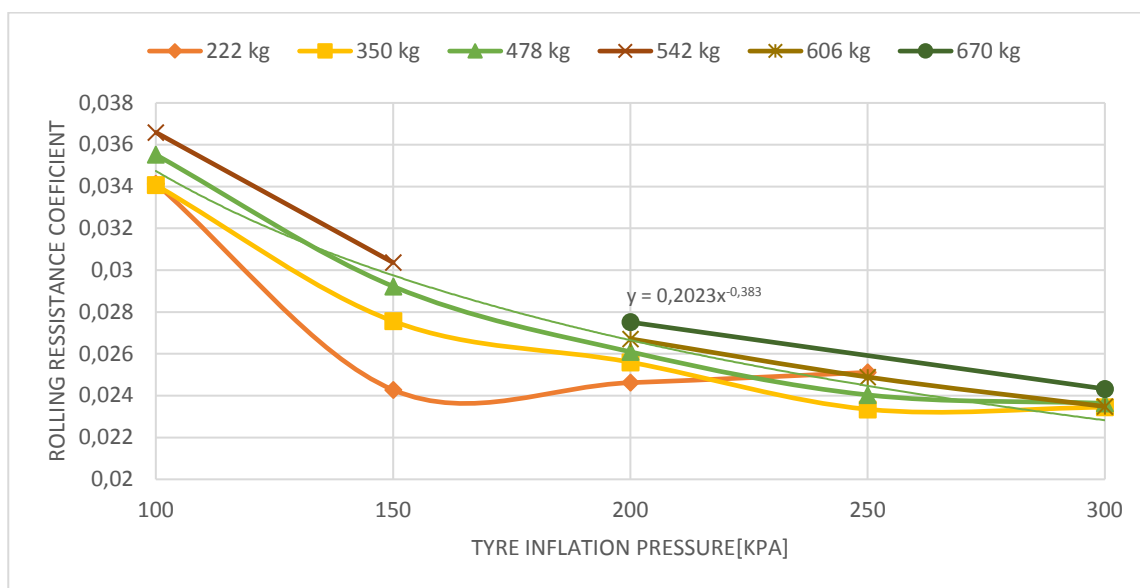


Figure 6 Dependence Rolling resistance coefficient of tire inflation pressure, Mitas TS04 6,00-16 6PR A

Acknowledgements

This paper was created with financial support of the grant project VEGA no. 1/0102/21 - Reducing chemical loads and degradation of agricultural and forestry soils by selecting appropriate agri-technology with regard to climate change.

References:

- BAUER F. (ed.), 2013, Traktory a jejich využití. 2. vyd. Praha: Profi Press, 223s. ISBN 978-80-86726-52-6
- BÁLIMT TÓTH J., 2011, A gumibroncs lelke a légnyomás, Agrárágazat, 2011/Prosinec, 62-66 s.
- BEKKER M.G., 1955, Theory of land locomotion [online]. Michigan: University of Michigan Press. Available at: <http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015000986904;view=1up;seq=87>
- BENEŠ P., 2009, Přínos změny tlaku v pneumatikách [online]. [cit. 2018-04-23]. Available at: <http://zemedelec.cz/prinos-zmeny-tlaku-v-pneumatikach/>
- BLOŽON b., 2008: Testovanie kvality v gumárenskom priemysle. [online] [cit. 2017-06-02]. Available at: http://www.atpjournal.sk/rubriky/aplikacie/testovanie-kvality-v-gumarenskom-priemysle.html?page_id=7243

DELANNE, Y. (1994). The influence of pavement unevenness and macrotexture on fuel consumption. American Society for Testing and Materials, 1225: 240-247.

DOČKAL V., KOVANDA J. & HRUBEC F., 1998: Pneumatiky. Vydavatelství ČVUT, Praha, 71 s. ISBN 80-01-01882-2

Firemný materiál, 2013, Mitas, Zemědělské pneumatiky, [online]. Available at: http://www.bestdrive.cz/cs/download/52-mitas_agri_databook_cz_12th.pdf

GRAPPE, F.; CANDAU, R.; BARBIER, B.; HOFFMAN, M.D.; BELLI, A. & ROUILLON, J.D. (1999.) Influence of tyre pressure and vertical load on coefficient of rolling resistance, 42(10): 1361–1371.

HELEXA, M.: Metodika merania valivých odporov pneumatikových kolies v pôdnom skúšobnom kanály. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2012

HELEXA, M.: Návrh pôdneho skúšobného kanála pre skúšky pojazdových ústrojenstiev . Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2012

HUANG, J. (2011). “Tech feature: The work of wheel energy.” Available at: [<http://www.cyclingnews.com/features/tech-feature-the-work-of-wheel-energy>].

LAJB L., Antos G., A korszerű traktor gumibroncsokról, Agrárágazat, 2007/Březen, 70-73 s.

Rolling Resistance Tire Tester. [online] [cit. 2018-06-30]. Available at: http://www.polinggroup.com/testing_end_rrt-tb.php

SCHWALBE (2011). “Rolling resistance.” Available at: [http://www.schwalbetyres.com/tech_info/rolling_resistance]. Retrieved on 19 March 2012.

Contact address:

doc. Ing. Ján Kováč, PhD., Department of Environmental and Forestry Machinery, Faculty of Technology, Technical University in Zvolen, T.G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovakia, e-mail: xgregor@is.tuzvo.sk, kovac@tuzvo.sk.

STRESS ANALYSIS OF UNDERCUT BLADE FOR SINGLE ROW SEEDLING

JOZEF KRILEK¹, MIROSLAV PRÍSTAVKA², PAVOL FINDURA³

¹Technical University in Zvolen, Faculty of Technology, Department of Environmental and Forestry Machinery

²Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Institute of Design and Engineering Technologies

³Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering Institute of Agricultural Engineering, Transport and Bioenergetics

Abstract: The aim of the article is the structural design of an undercut blade for a single-row seedling lifter. The following chapter provides a brief overview of seedling lifting. The result of the work is a structural design of an undercut blade with a maximum cutting force of 5,000 N. A stress and deformation analysis were performed on the undercut blade. The maximum deformation of the undercut blade is 2.711 mm.

Keywords: Undercut blade, seedling lifter, cultivation, single row seedling

ÚVOD

Zakladanie lesa ako neoddeliteľná súčasť pestovateľskej činnosti predstavuje jeden z hlavných článkov lesného hospodárstva, ktorý rozhoduje o celkovej produkcii drevnej hmoty, ale aj o účinných mimopestovateľských funkciách lesa. Produkcia lesných porastov v budúcnosti, zvyšovanie kvality a stability lesných ekosystémov závisí od stavu využívania súčasných genetických zdrojov. Lesné škôlkárstvo vytvára predpoklady pre plynulú obnovu lesa, zalesňovanie nelesných pôd a iné účelové výsadby. Jeho hlavnou úlohou je zabezpečiť dostatočné množstvo sadbového materiálu jednotlivých druhov lesných drevín potrebnej kvality s ohľadom na charakter zalesňovaných plôch. Zber je poslednou fázou výroby semenáčikov a sadeníc v lesných škôlkach od vyzdvihnutia až po ich dopravu na miesto výsadby (presadenie alebo škôlkovanie) (Wiesik et al., 2011). V druhej časti prvého vegetačného obdobia sa výsevné lôžka podrezávajú horizontálnou čepelou, aby sa narušili dominantné koreňové korene a podporil sa vláknitejší koreňový systém. Wrenching je špeciálny typ podrezávania, ktorý využíva šikmú čepel na rozbitie pôdneho profilu a zvyšuje priepustnosť pôdy a prevzdušňovanie. Stláčanie tiež vyvoláva dočasný stres sadeníc z vlhkosti, ktorý možno použiť na spomalenie rastu výhonkov a na vyvolanie pokoja. Môžeme sa stretnúť s názvom strojov ako vyzdvihovače alebo vyorávače sadeníc.

Vyzdvihovanie sadbového materiálu

Vyzdvihovaním sa nazýva uvoľňovanie a vlastné vyberanie sadeníc z pôdy (Šmelková, 2001, Šmelková, 2003). Časovo je táto operácia viazaná na jar a jesenné obdobie. Hĺbka vyzdvihovania závisí od veku rastlín a tvaru koreňovej sústavy (Kantor, 1975). Semenáčiky ihličnanov a listnáčov určené pre škôlkovanie sa vyzdvihujú v hĺbke 15 cm. Pri sadeniciach s kolovými koreňmi nesmie byť hĺbka podrezávania menšia ako 20 cm.

Spôsoby vyzdvihovania sadeníc

Vyzdvihovanie sadeníc môžeme uskutočňovať tromi spôsobmi:

- ručné vyzdvihovanie,
- polomechanizované vyzdvihovanie,
- mechanizované vyzdvihovanie (Kováč et al., 2017).

Časovo je táto operácia viazaná na jar a jesenné obdobie. Technológia zberu sadeníc pomocou vyorávačov a vyzdvihovačov sa uplatňuje vo väčšine lesných škôlok.



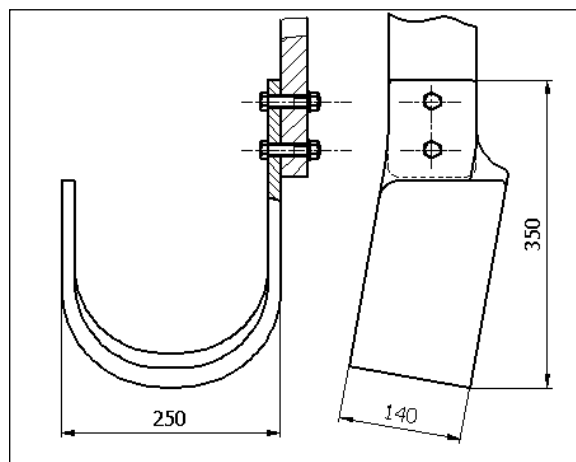
Obrázok 1 Jednoriadkový vyzdvihovač Fobro Ag Oscillator Side (<http://www.baertschi.com>)

DESIGN AND CALCULATION OF THE CUTTING RESISTANCE OF THE UNDERCUT BLADE

Cieľom článku je analýza rezných síl na podrezávacom noži, pričom sa bude jednať o analýzu zaťaženia na jednom noži. Zvolíme si materiál, a na základe materiálu a ostatných potrebných parametrov bude vypočítaná rezná sila (rezný odpor), ktorou bude nôž zaťažený (Obr. 5, 6). Analýza bude vykonaná v CAD systéme Creo Parametric pomocou metódy konečných prvkov. Vo všeobecnosti je veľkosť rezného odporu daná šírkou podrezávacieho noža, hĺbkou podrezávania koreňovej sústavy a merným rezným odporom pôdy.

Výpočtové rozmery podrezávacieho noža (obr. 2):

- šírka podrezávacieho noža: $b = 250 \text{ mm}$
- maximálna hĺbka podrezávania sadeníc: $h_{\max} = 250 \text{ mm}$



Obrázok 2 Výpočtové rozmery podrezávacieho noža

Merný rezný odpor pôdy k

Merný rezný odpor pôdy „k“ vyvíja pôda pri krájaní, zdvihu, drobení a obracaní priečneho rezu odvalu. Merný rezný odpor pôdy veľmi úzko súvisí so základnými fyzikálnymi a technologickými vlastnosťami pôdy. Charakterizuje súdržnosť pôdy a nie je závislý len na zložení pôdy, ale aj na tvare nástroja, ktorým sa pôda spracúva. Pre jednotlivé druhy pôd sú v tabuľke 1 uvedené hodnoty merného rezného odporu.

Tabuľka 1 Merný rezný odpor pôdy (Semetko et al., 1986)

Druh pôdy	Merný rezný odpor pôdy k [Pa]
Lahké pôdy	$(2-3) \cdot 10^4$
Stredne ťažké pôdy	$(3-5) \cdot 10^4$
Ťažké pôdy	$(5-8) \cdot 10^4$
Veľmi ťažké pôdy	$(8-10) \cdot 10^4$

Navrhovaný jednoriadkový vyzdvihovač sadeníc je určený pre prácu v lesných škôlkach. Lesné škôlky sú zakladané prevažne na lesných pôdach, ktoré sú stredne ťažké až ťažké. Volíme merný rezný odpor pôdy $k = 8 \cdot 10^4 \text{ Pa}$.

Pri výpočte rezného odporu podrezávacieho noža uvažujem s maximálnou hĺbkou podrezávania koreňovej sústavy sadeníc 250 mm.

Rezný odpor podrezávacieho noža je daný vzťahom:

$$F_R = k \cdot b \cdot h_{max} \quad (1)$$

$$F_R = 8 \cdot 10^4 \cdot 0,25 \cdot 0,25$$

$$F_R = 5\,000 \text{ N}$$

kde: k - merný rezný odpor pôdy [Pa]
 b - šírka podrezávacieho noža [m]
 h_{max} - maximálna hĺbka podrezávania [m]

Návrh regulácie hĺbky podrezávania

Regulácia hĺbky podrezávania koreňovej sústavy sadeníc sa nastavuje priamočiarym hydromotorom, pôsobením ktorého sa mení poloha podrezávacieho noža v závislosti od veku a druhu vyzdvihovaných sadeníc.

Návrh klzného vedenia podrezávacieho noža

Podrezávací nôž je prichytený k držiaku podrezávacieho noža dvomi skrutkami. Nôž spolu s držiakom sa pohybuje v klznom vedení, ktoré je privarené na pohyblivý rám. K hornej strane držiaka noža sú privarené platičky pre upevnenie oka hydromotora

Rozbor síl pôsobiacich v klznom vedení

Pri rozbere síl uvažujem so zjednodušením klzného vedenia na nosník na dvoch podperách (obr. 3).

Rozmery: $a = 150 \text{ mm}$
 $b = 600 \text{ mm}$

Aby bola sústava síl v rovnováhe musí platiť:

$$\sum F_x = 0 : F_R - R_A + R_B = 0 \quad (2)$$

$$\sum M_A = 0 : F_R \cdot (a + b) - R_A \cdot a = 0 \quad (3)$$

Výpočet reakcie klzného vedenia R_A :

Reakciu R_A určíme z momentovej podmienky k bodu A.

$$R_A = \frac{F_R \cdot (a + b)}{a} \quad (4)$$

$$R_A = \frac{5000 \cdot (0,15 + 0,6)}{0,15}$$

$$R_A = 25000N$$

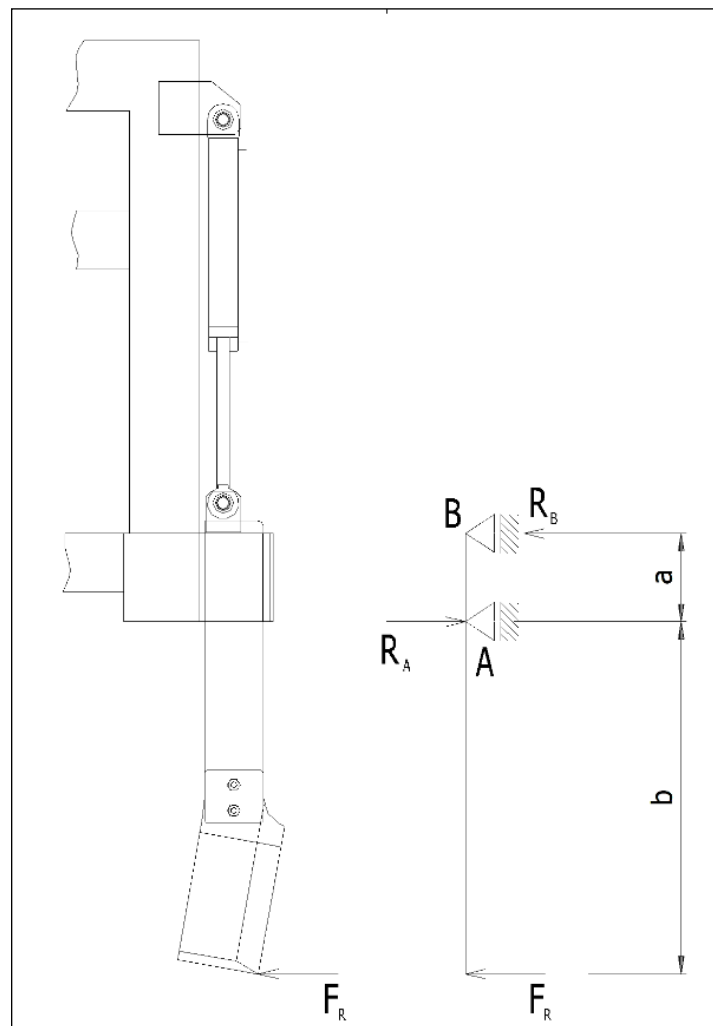
Výpočet reakcie klzného vedenia R_B :

Reakciu R_B určíme zo súčtu všetkých síl v smere osi x.

$$R_B = R_A - F_R \quad (5)$$

$$R_B = 25000 - 5000$$

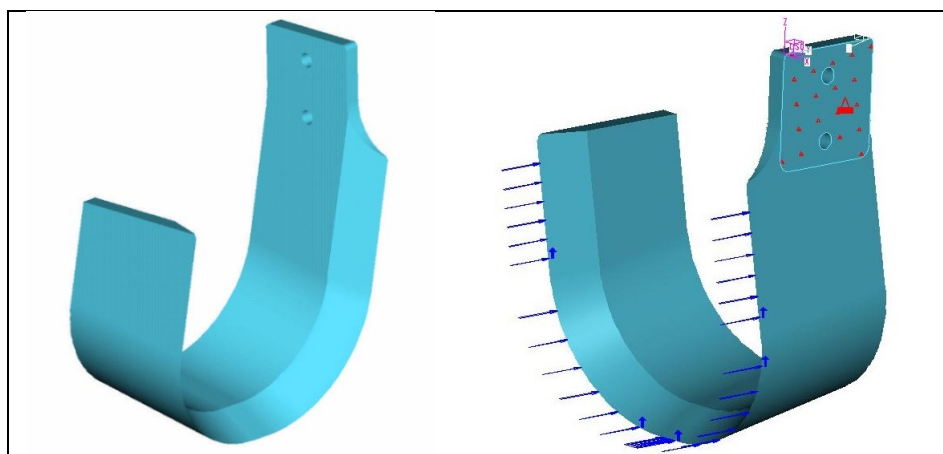
$$R_B = 20\,000N$$



Obrázok 3 Schéma klzného vedenia

RESULTS

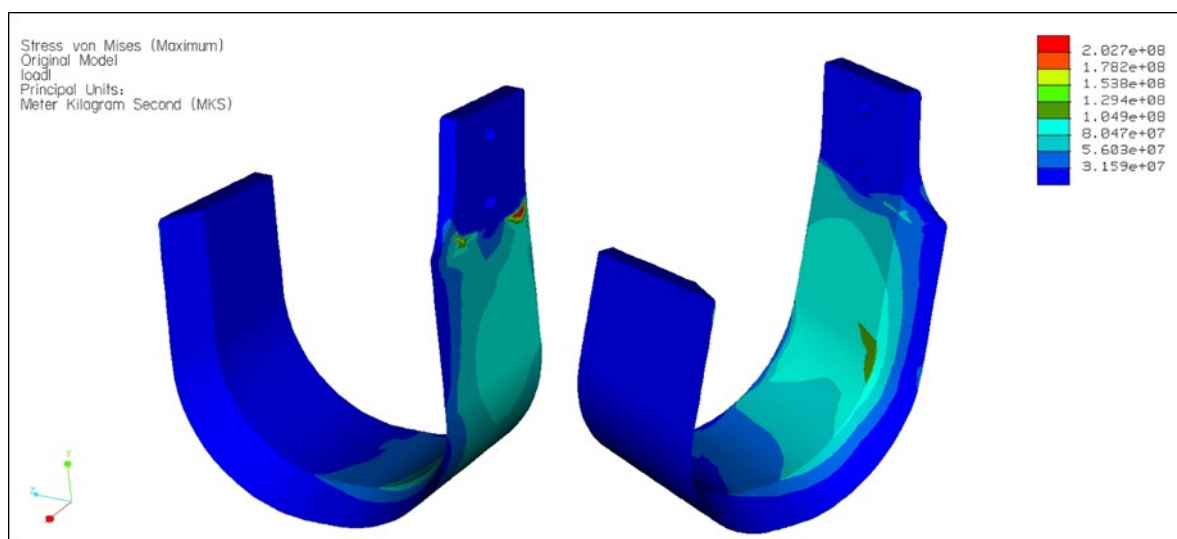
Podrezávací nôž je zaťažený od rezného odporu pôdy. Pri tomto riešení je potrebné skontrolovať napätie v mieste uchytenia podrezávacieho noža na držiak. Pre výpočet podrezávacieho noža sme zvolili riešenie metódou konečných prvkov. Výpočet bol vykonaný v programe Creo. Výhodou programu je, že umožňuje zobrazenie napätia a deformácií v ľubovoľnom mieste konštrukcie a to buď v grafickej alebo písomnej forme. Postup je interpretovaný pomocou obrázkov.



Obrázok 4 vľavo - Model podrezávacieho noža, vpravo - Uchytenie a zaťaženie podrezávacieho noža

Na obr. 4 vpravo je znázornený spôsob uchytenia a zaťaženie podrezávacieho noža. Prvým krokom pre správne výsledky v napät'ovej analýze je zvoliť materiál. Po vybraní materiálu si určíme pevné body celej konštrukcie (Kotšmíd et al. 2018). Červenými značkami je znázornené uchytenie podrezávacieho noža na držiak. Na ploche ohraničenej svetlo modrými čiarami sú odobrané všetky stupne voľnosti. Modrou farbou je znázornené zaťaženie podrezávacieho noža. Podrezávací nôž je zaťažený silou, rezným odporom podrezávacieho noža pri maximálnej hĺbke podrezávania koreňov sadeníc.

V ďalšom kroku sme zvolili spôsob výpočtu (Multi pass adaptive), s presnosťou 5%. Výpočet vzhľadom k jednoduchosti konštrukcie podrezávacieho noža netrval dlho. Na nasledujúcich obrázkoch sú zobrazené priebehy napätí a veľkosti deformácií podrezávacieho noža. Na obrázku 5 sú farebne znázornené napät'ové zóny podrezávacieho noža.



Obrázok 5 Napät'ové zóny na podrezvácom noži

Hodnoty napätí na obrázku 5 sú uvedené v Pa. Vypočítané maximálne napätie na podrezvácom noži je $\sigma_{vyp} = 202,7MPa$ (červená farba). Maximálne napätie je sústredené v mieste uchytenia podrezávacieho noža na držiak.

Maximálne dovolené napätie pre materiál podrezávacieho noža, ocel' 11 700.1 (Černocho, 1977, Vávra et al., 1983):

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} \quad (6)$$

$$\sigma_D = \frac{350}{1,5}$$

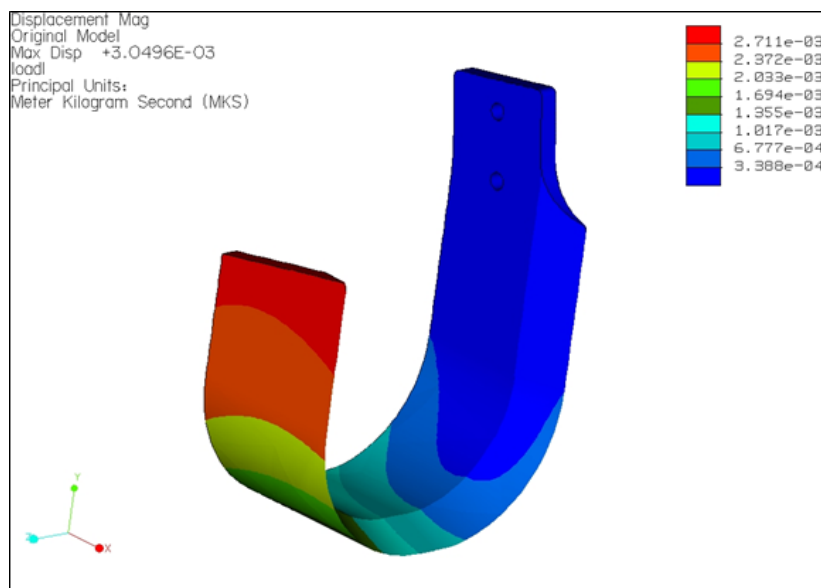
$$\sigma_D = 233,3 \text{ MPa}$$

Maximálne napätie na podrezávacom noži je nižšie ako dovolené napätie, podrezávací nôž vyhovuje pre danú prevádzku.

$$\sigma_D \geq \sigma_{vyp} \quad (7)$$

$$233,3 \text{ MPa} > 202,7 \text{ MPa} \text{ – vyhovuje podmienke}$$

Na obrázku 6 sú zobrazené deformácie podrezávacieho noža pri podrezávaní koreňov sadeníc v maximálnej hĺbke 250 mm. Maximálna deformácia je na voľnej strane podrezávacieho noža (červená farba) a jej hodnota je 2,711 mm.



Obrázok 6 Deformačné zóny na podrezávacom noži

Uvedené napäťové a deformačné zóny na podrezávacom noži dávajú jasný prehľad o miestach s maximálnym napätím a deformáciou.

CONCLUSION AND DISCUSSION

Zber sadbového materiálu je poslednou fázou pestovania sadeníc v lesných škôlkach. Je to dôležitá fáza prípravy sadbového materiálu pre ďalšie použitie. Pri zbere je nutné dbať na to, aby nedochádzalo k poškodzovaniu koreňového systému, odieraniu a polámaniu sadeníc. Vyzdvihovanie sa môže vykonávať ručne alebo s použitím vhodnej mechanizácie, aj keď je vonkajšia výroba sadeníc celkom dobre mechanizovaná, a to hlavne pomocou lesných škôlkarských strojov (Neruda, Walczyk 2009, Kierunki rozwoju 2008, Walczyk 2010, Walczyk 2009, Walczyk 2007). Navrhnutý podrezávací nôž je vhodný pre jednoriadkový vyzdvihovač sadeníc a môže sa použiť pri polomechanizovanom zbere sadbového materiálu. Regulácia hĺbky podrezávania sadeníc sa vykonáva podľa druhu a veľkosti sadbového materiálu.

Hlavnou časťou článku bol návrh podrezávacieho noža s potrebnými vypočtami pre napäťovú analýzu v programe Creo Parametric. Na základe stanovených parametrov sa nám potvrdil tvar a materiál podrezávacieho noža ako vhodný a vyhovuje stanoveným podmienkam. Hĺbka podrezávania koreňov sadeníc sa môže nastavovať priamočiarom hydromotorom, ktorý posúva držiak spolu s podrezávacím nožom v klznom vedení. Podrezávací nôž je k držiaku pripevnený skrutkovým spojom, čo umožňuje jeho jednoduchú výmenu v prípade poškodenia v prevádzke. Toto riešenie zaručuje spoľahlivú činnosť regulácie hĺbky podrezávania sadeníc.

References

1. ČERNOCH, S., Strojně technická příručka 1, 2, SNTL Praha 1977.
2. KANTOR, J. a kol.: *Zakladani lesů a šlechtění lesních dřevin*, SZN Praha, 1975, s.
3. KIERUNKI ROZWOJU 2008. Kierunki rozwoju szkółkarstwa w Lasach Państwowych na lata 2009 – 2015. Załącznik do zarządzenia nr 27 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych w sprawie realizacji programu pt.: „Kierunki rozwoju szkółkarstwa w Lasach Państwowych na lata 2009 – 2015”, Warszawa 2008. file:///C:/Users/J%C3%B3zef%20Walczyk/Downloads/zarz27program.pdf
4. KOVÁČ, J., KRILEK, J., JOBBÁGY, J., DVORÁK, J., *Technika a mechanizácia v lesníctve: vysokoškolská učebnica*. 1. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2017. 354s. ISBN 978-80-228-3021-8 .KEGA 019TU Z-4/2015.
5. KOTŠMÍD, S., MATEJ, J., BEŇO, P., *Inžinierske výpočty v CAE*. 1. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2018. 155s. ISBN 978-80-228-3104-8 .KEGA 001TU Z-4/2017.
6. NERUDA J., WALCZYK J. *Progrsivní směry technického rozvoje v lesních školkách. Sdružení lesních školkařů české republiky*. Trinun EU, 7-23 s., ISBN 978-80-7399-849-3.
7. SEMETKO, J., DRABANT, Š., MATĚJKA, J., PICK, E., ŠMICR, V., ŽIKLA, A., *Mobilné energetické prostriedky 3- Traktory a automobily*, 2. vyd. Bratislava : Príroda , Praha : Státní zemědělské nakladatelství , 1986. - 453 s.
8. ŠMELKOVÁ, L. a kol., *Lesné škôlky*. Zvolen : Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov LVH SR, 2001. 275 s. ISBN 80-88677-83-1.
9. ŠMELKOVÁ, L. *Pestovanie Lesa*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2003. 257 s. ISBN 80-228-1238-2.
10. VÁVRA, P. a kol. *Strojnicke tabulky pre SPŠ strojnicke*, SNTL Praha, 1983.
11. WALCZYK J., *Mechanizacja siewu w szkółkach leśnych Rozdział w monografii „Szkółkarstwo Leśne od A-Z“*, 170 – 180 s., CILP ISBN 978-83-89744-81-4 Warszawa.
12. WALCZYK J., *Mechanizacja prac w nowoczesnym szkółkarstwie i nasiennictwie leśnym*. Rozdział w monografii „Użytkowanie maszyn rolniczych i leśnych, tom II. Prace Komisji Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych, PAU Kraków, 193 – 186 s., ISSN 1733-5183.
13. WALCZYK J., *Siew punktowy nowym rozwiązaniem technologicznym w szkółkach leśnych*. Rozdział w monografii „Ektomikoryzy, nowe technologie w polskim szkółkarstwie leśnym”, CILP Warszawa, 217 – 234s., ISBN 978-83-89744-35-7.
14. WIESIK, J., ANISZEEWSKA, M.,: *Urządzenia techniczne w produkcji lesnej, Tom 1*, Urządzenia do hodowli i ochrony lasu, SGGW Warsawa, 2011, ISBN 978-83-7583-219-8, 380s.
15. Baertschi, dostępne na internete <http://www.baertschi.com> [cit. 2021-07-28].

Contact address:

prof. Ing. Jozef Krilek, PhD. Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 01 Zvolen, jkrilek@gmail.com

IMPACT OF TECHNOLOGY ON CHANGING SOIL PROPERTIES

MIROSLAV PRÍSTAVKA¹, PAVOL FINDURA², JOZEF RÉDL¹, ZUZANA BAJUSOVÁ³, JOZEF KRILEK⁴, JÁN KOVÁČ⁴, EUGEN MIZERÁK¹, ERIK LAVRÍK¹

¹Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Institute of Design and Engineering Technologies

²Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering Institute of Agricultural Engineering, Transport and Bioenergetics

³Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Economics and Management, Institute of Economics and Management

⁴Technical University in Zvolen, Faculty of Technology, Department of Environmental and Forestry Machinery

Abstract: The erosion and compaction soil is biggest problem in our country. The erosion threatens agricultural and non-agricultural soil. Development of agricultural machinery is associated with increasing working width. Modern tractors have great weight. The weight causes compaction of soil. The objective of this thesis is evaluation of Soil tillage and agriculture machinery influence on soil compaction.

Keywords: soil, technology, machinery soil,

INTRODUCTION

The best way to protect our entire planet is the prevention of the occurrence of damages that should not occur at all. A worse alternative is dealing with already occurred damages and trying to reduce them at least partially once irreversible damage to nature and its balance has occurred.

Currently, the biggest problem with soil is erosion and compaction. This is a process that has already affected a large part of all agricultural land, often appearing in non-agricultural areas as well. It occurs in every country and causes larger or smaller problems with management, life near agricultural land, etc. The most common cause of erosion on land is improper land management, exposure of unsuitable land, and the like. Recently, the consequence of inappropriate human actions with the soil is increasingly appearing, whether it be landslides, subsidence of large areas, or the collapse of inhabited areas.

The results of the action of erosive factors cause us many problems, both at the site of occurrence (impoverishment of agriculturally used land of the most valuable part of the topsoil, followed by the drainage of organic matter, nutrients, plant damage, loss of organic matter, lack of fertilizers added to the soil by humans, etc.). This also applies to areas with sedimentation of soil particles in eroded soils (sediments in rivers and lowlands, pollution of rivers and water sources by bound substances, and so on).

MATERIAL and METHODOLOGY

The aim of the article is to assess the impact of technology on the change in the physical properties of the soil. In experimental measurements, we used two types of tractors on one plot, utilizing tracked and wheeled propulsion systems.

The land was divided into three sections, with passes repeated on two of them, while the third was unaffected by technology.

For measurements, we used a tractor (Fig. 1) synonymous with maximum productivity, reliability, comfort, and performance – the four-track tractor CASE QUADTRAC 620. The new generation of tractors is equipped with HI-eSCR technology, ensuring maximum performance with reduced fuel consumption. It is the most powerful tractor on the market, with an unparalleled tracked chassis, the largest cabin on the market with four-point suspension and low noise level, easy machine control thanks to the Multicontroller, working LED lighting, and many other features.

The tractor's engine enables high performance, which is guaranteed by the six-cylinder engines from the sister company FPT with a displacement of 12.9 liters and a power of 497 kW with two-stage

turbocharging, a high-pressure Common Rail injection system, and a newly designed cooling system. Thanks to the utilization of HI-eSCR technology, the engines excel in high efficiency, productivity, and meet the strict emission standard STAGE IV. The combination of a highly efficient transmission, a powerful hydraulic system, and an unparalleled tracked chassis can effectively transfer the high engine power to the soil.



Figure 1 Tractor Case QuadTrac 620

The MAGNUM 220 tractors (Fig. 2) are powered by a 6-cylinder engine with 24 valves, featuring a displacement of 8.7 liters and a Common Rail high-pressure injection system from the sister company FPT Industrial. The MAGNUM series is available with power ranging from 220 to 435 horsepower, and it's the maximum power of 435 horsepower that makes the MAGNUM 380 tractor the most powerful agricultural tractor in the world. It is worth noting that all tractors meet the stringent emission standard STAGE IV, thanks to the use of patented High-Efficiency Selective Catalytic Reduction (HI-ESCR) technology. This technology simultaneously maximizes engine performance while minimizing fuel consumption.

The MAGNUM models with the continuous CVX transmission also offer the option of using the Automatic Productivity Management System (APMT) and ECO Drive, which can significantly reduce fuel consumption costs. The tractor's weight is 11,090 kg.



Figure 2 Tractor Case Magnum 220

RESULTS and DISCUSSION

The agricultural enterprise typically cultivates the soil conventionally, but for selected crops, it replaces plowing with harrowing. In our case, we prepared the soil in the fall with a 5-furrow reversible plow from Kverneland, and in the spring, we performed harrowing and complete pre-sowing soil preparation, compacting the soil with two passes of a compactor. The predominant soil conditions are fluvic gleysol, with a soil type ranging from clay loam to silty clay, exhibiting intense capillary rise. The soil is moderately challenging to work, hence we demand a perfectly prepared seedbed. The experimental plot was prepared for annual sunflower cultivation.

Table 1 Measured values of density

	depth of soil sampling	reduced volumetric weight, g.cm ⁻³	volumetric weight unreduced, g.cm ⁻³	specific gravity
Case Magnum	0-10 cm	1.2456	1.5175	2.53
	10-20 cm	1.3612	1.6495	2.60
	20-30 cm	1.5253	1.8612	2.52
Case Quadtrac	0-10 cm	1.2623	1.5528	2.56
	10-20 cm	1.3646	1.7632	2.60
	20-30 cm	1.4984	1.891	2.53

The measured data (Tab. 1) we can conclude that bulk density increases directly with the depth of the soil horizon, considering a critical value at the threshold of 1.4 g.cm⁻³. It is noticeable that, on average, the wheeled tractor caused greater soil loading compared to the tracked tractor.

The maximum value of the reduced bulk density reached 1.52 cm⁻³, and for the unreduced bulk density, it was 1.89 cm⁻³.

The degree of bulk density depends on the percentage ratio of capillary and non-capillary pores in the soil.

Table 2 Measured porosity values

	depth of soil sampling	porosity	non-capillary pores	semi capillary pores	capillary pores
Case Magnum	0-10 cm	50.7668	15.6168	8.1	27.05
	10-20 cm	47.64615	13.26615	7.08	27.3
	20-30 cm	39.47222	2.08222	5.01	32.38
Case Quadtrac	0-10 cm	50.69141	10.95141	7.56	32.18
	10-20 cm	47.51538	3.77538	6.57	37.17
	20-30 cm	40.7747	2.454704	3.23	35.09

According to experts in the field of pedology, non-capillary pores are of the greatest importance for water infiltration into the soil. In our case, the highest content was achieved at a depth of 0-100 mm with the Case Magnum tractor, reaching 15.61%. It can be stated that, in terms of soil porosity, there were negligible differences between the experiments.

Table 3 - Measured soil moisture values

	depth of soil sampling	soil moisture
Case Magnum	0-10 cm	10.245
	10-20 cm	12.232
	20-30 cm	13.879
Case Quadtrac	0-10 cm	8.989
	10-20 cm	11.346
	20-30 cm	13.447

If the water regime in the soil is undisturbed, soil moisture increases with depth according to climatic conditions. The maximum measured moisture value in the 200-300 mm horizon was recorded at 13.88%. The minimum moisture value was found after drying the samples, at 8.98%.

Soil moisture can vary during pre-sowing soil preparation, depending on the tools used. Tines on compactors cause intensive soil mixing in layers up to 120 mm. In a dry spring when it is necessary to conserve soil moisture, minimizing passes over the field is recommended. Two to three passes are considered optimum for pre-sowing preparation. Each pass beyond this optimum reduces the field emergence of cultivated crops.

During soil processing, the technique causes soil compaction, which is sometimes positive from the point of view of germination and emergence of plants.

In our case, the soil was after autumn soil preparation and was being prepared for annual sunflower sowing. When preparing the land, the company followed the conventional method of cultivating the land. This means that the soil cultivated in this way is more prone to its suppression.

Protecting soils for future generations is not an easy task, technology manufacturers solve this problem only partially. However, it is often associated with higher investments, which farmers do not always have at their disposal. It should be emphasized that the development of the situation in the field of preserving the natural fertility of the soil is not at all flattering and any radical turn in this direction can hardly be expected in the foreseeable future.

Another huge problem is soil erosion, which in Slovak conditions is up to 30%. Accelerated soil erosion has been a serious global problem for a long time, at least since man began to cultivate the Earth, the landscape, cultivate and use agricultural land. However, the approach to its understanding and evaluation methods is still (and perhaps even more so) inconsistent, the views of geologists, geomorphologists, pedologists, farmers, foresters, water managers, environmentalists, ecologists and economists are significantly differentiated, in rare cases perhaps completely different.

The negative effects of mobile technology on the soil have been known practically since the beginning of the mechanization of agriculture. However, the concrete consequences caused by the high degree of soil compaction with all the accompanying signs were fully manifested only after several decades of intensive use of mechanization means, with the interaction of other negative factors.

CONCLUSION

As a result of our experimental measurements and the result of the comparison of two tractors with different technical chassis solutions, we came to the following conclusions: • From the measured data, we can conclude that the volume weight increases in direct proportion to the depth of the soil horizon, we consider the critical value to be 1.4 g.cm⁻³. While we can see that the wheeled tractor on average caused a greater load on the soil than the tracked one tractor.

The maximum value of the reduced bulk density reached a value of 1.52 cm⁻³ and for the non-reduced bulk density it was 1.89 cm⁻³. The bulk density measure depends on the percentage of capillary and non-capillary pores in the soil.

Acknowledgements

This paper was created with financial support of the grant project VEGA no. 1/0102/21 - Reducing chemical loads and degradation of agricultural and forestry soils by selecting appropriate agri-technology with regard to climate change.

References:

1. BEDRNA, Z. A KOL., 1989: Pôdne režimy. Bratislava, Veda, 1989, 224s.
2. BIČÍK, I., 2009. Půda v České republice. Editor Ivo Hauptman, Zdeněk Kukul, Karel Pošmourný. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2009, 255 s. ISBN 80-903482-4-6
3. BRADY, N.C. -WEIL, R.R., 2002. The nature and properties of soil. New Jersey: Upper Saddle River. 13 th edition, 2002, s. 214-219
4. JANEČEK, M., 2005. Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV nakladatelství. Praha. 2. vydání, Nr. 1, s. 18-28
5. JAVŮREK, L. - VACH, M., 2008. Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2008, ISBN 978-80-87011-57-7
6. JŮVA K.- CÁBLÍK J., 1954. Protierosní ochrana půdy, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 1954. 102 s. ISBN 978-80-87051-65-3
7. FINDURA, P. 2005. Kvalita rozmiestnenia osiva pri sejbe cukrovej repy. In: Dizertačná práca, SPU, 182 s.
8. KAMENÍČKOVÁ, I., 2005. Vodní hospodářství krajiny I-M02 Pedologie: Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia.VUTB, 2005, s.67-89

9. KOMARKOVÁ, M. 2015. Účinky obhospodarovania pudy na fyzikálnu kvalitu vrstvy pudy. In: Bakalárska práca. Vysoké učenie tevnické v Brne, 2015, s. 45-62 16. LOVÁS, P. 2010. Utláčanie pôdy mobilnou technikou. In: Diplomová práca, SPU, 64 s.
10. MIKO, L. 2009. Příroda a krajina České republiky. Zpráva o stavu (2009), 1. vydání. Praha. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2009. 102 s. ISBN 978-80-87051-70-2 19. MORGAN, R.P.C., 2005. Soil erosion and conservation. Blackwell Science Ltd. 3rd edition s.54
11. SIX, J.- ELLIOT E.T.-PAUSTIAN, K., 2000. Soil Structure and Soil Organic Matter: II. A Normalized Stability Index and the Effect of Mineralogy. Soil Science Society of American Journal, 64, 1042-1049 STERN, A. 2015. Vplyv prejazdov poľnohospodárskej techniky na stav pôdy. In Bakalárska práca. Vyd. SPU v Nitre, 2015, s.41
12. STERN, A. 2017. Vplyv technológie a techniky na zmenu vlastností pôdy. In Diplomová práca. SPU v Nitre, 2017, s.67

Contact address:

prof.h.c. Ing. Miroslav Prístavka, PhD.

Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Institute of Design and Engineering Technologies, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovakia, miroslav.pristavka@uniag.sk

IMPROOVING AGRICULTURAL SCIENCE AND PRODUCTION BY UTILIZING THE ONLINE TOOLS

JOZEF RÉDL¹, PAVOL FINDURA², MIROSLAV PRÍSTAVKA¹

¹Faculty of Engineering, Institute of Design and Engineering technologies

²Faculty of Engineering, Institute of Agricultural Engineering, Transport and Bioenergetics
Slovak university of Agriculture in Nitra

Abstract: In this article we are dealing with analysis of available online tools which offer customers scientific computing and solutions of their problems especially in the field of soil compaction prevention. Agricultural production is based on ongoing scientific research. The research areas are focused mainly on the areas of the weather forecasting, plant protections against the diseases, fertilizer, and humus range in soil, updating database of approved plant protection products for various vegetable crops. Also, the information system to assess the risk of Fusarium infection and DON contamination in wheat. Finally, the tool for calculating the working-time requirement of work and production processes on the farm is necessary application for economical approach of business. Minimizing the risk of soil compactions and optimalisation of the weight of agricultural machinery and proposing the optimal tires is also could be solved by available online tools which are also available as an Excel worksheet solver.

Keywords: soil cultivation, plant protection, online apps, soil compaction

INTRODUCTION

The European states governments support their agricultural production with many tools and financial funds. Also, the European Union Commission, as described in EC, in their Common Agricultural Policy (CAP) anchored that the farmers receive direct payments under the European Agricultural Guarantee Fund (EAGF). This fund primarily finances direct payments and measures regulating or supporting agricultural markets. The European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD) finances the EU's contribution to rural development programs. The funding belongs also to research and innovation activities. Farmers may also benefit from support in the Horizon Europe cluster of Food, Bioeconomy, Natural Resources, Agriculture and Environment. Funding opportunities are listed on the Funding & tender opportunities portal. On the other hand, the governments support the third-party partners for developing and implementing online tools which are available via internet. As is described, the AGORA program, set up by the Food and Agriculture Organization of the UN (FAO) together with major publishers, enables developing countries to gain access to an outstanding digital library collection in the fields of food, agriculture, environmental science and related social sciences. AGORA provides a collection of up to 15,500 key journals and up to 48,000 books in more than 115 countries. AGORA is designed to enhance the scholarship of the many thousands of students, faculty and researchers in agriculture and life sciences in the developing world. AGORA is one of the five programs that make up Research4Life: AGORA, HINARI, OARE, ARDI and GOALI. (Agora, 2023) The unique set of online tools is provided by Swiss Confederation named AGROSCOPE. Agroscope is the Swiss Confederation's center of excellence for research in the agriculture and food sector and is affiliated with the Federal Office for Agriculture (FOAG). Agroscope makes an important contribution to a sustainable agriculture and food sector as well as to an intact environment, thereby contributing to an improved quality of life. Agroscope research along the entire value chain of agriculture and the food sector. Its goals are a competitive and multifunctional agricultural sector, high-quality food for a healthy diet, and an intact environment. In pursuing these aims, the research institute gears itself to the needs of its service recipients. Agroscope has outlined six priorities for the research and development activities from 2022 to 2025. Agroscope deals with issues in the following spheres:

- Plant Breeding, Plant Production, Plant Protection and Plant Products,
- Livestock, Feed and Products of Animal Origin,

- Food and Nutrition,
- Cropping Systems, Protection of Natural Resources, Agricultural Economics and Agricultural Engineering. (Agroscope)

The development of the online tools which aimed to help the agricultural stakeholders in the field of weather and climate information outside the EU area, mainly in USA is analyzed by Ju et.al. (2021). Authors in their research mentioned that the agricultural decision support tools (DSTs) with weather or climate information can provide useful information to help stakeholders make operational farming decisions and adapt to increasingly variable weather or climate in the context of climate change. However, many of these DSTs are still not fully utilized. Understanding the use of DSTs can help identify strategies to promote their usage to more end-users. The global wide world online tools named “EOS Data Analytic” help the agricultural production companies with data which obtaining from earth monitoring from space and data are processed with AI. As published IAF, the EOS Data Analytics (EOSDA) is a global provider of AI-powered satellite imagery analytics founded by Dr. Max Polyakov. The company operates worldwide, partnering with governmental, commercial, and scientific organizations. The company provides Earth observation solutions for smart decision-making in 22+ industries, with the focus on agriculture and forestry. EOS combines data retrieved from satellite imagery with AI technologies and proprietary algorithms to analyze the state of crops within farms and trees growing in forest stands to drive businesses and implement sustainable practices globally. The EOSDA’s mission is to preserve the Planet by equipping the decision-makers with the tools for tackling today’s most urgent challenges. EOSDA’s main product in the agriculture industry is EOS Crop Monitoring, an online satellite field monitoring service that collects all the important information about the state of crops in one tool.

MATERIAL and METHODOLOGY

Model object

For our simulation we used the tractor implements combination. The combination is set up with tractor Fendt 824 and mounted reversible plough Pöttinger Servo 6.50 Plus. To degrees the contact area the soil with mouldboard shares the slat mouldboard was chosen. For this type of semi-heavy soil is the best option. The tractor implements are depicted in figure 1. The tractor tires and flotation tire of plough properties are in table 1. The table parameters are in the unit with respect to the excel sheet tool for calculation.



Figure 1 Full mounted 2x6 mouldboard plough with 182kW 4WD tractor

Table 1 Tires parameters

Tire type	width, cm	diameter, cm	load, kg	Pressure, bar
BKT Flotation 500/45 R 22.5, flotation (plough)	45	51	2735	2,1
Continental 540/63 R30, front, tractor	63	146	3875	2,4
Continental 650/65 R42, rear, tractor	65	195	5410	2,4

Calculation background

The methodology of basic calculation of tire and ground relationship is published by Diserens et.al (2014). The normal stress function under the tire is solved by eq.1 as follows:

$$\sigma_z = \frac{2 \cdot q \cdot \sigma_m}{\pi} \cdot \left[a \tan\left(\frac{a \cdot b}{R \cdot z}\right) + \frac{a \cdot b \cdot z}{R} \cdot \left(\frac{1}{a^2 + z^2} + \frac{1}{b^2 + z^2}\right) \right], \quad (1)$$

where $R^2 = a^2 + b^2 + z^2$ and variables are:

σ_z - normal stress at depth z , σ_m - mean contact pressure, q - concentration factor of the soil, depending on the hardness of the topsoil, a - horizontal coordinate of the contact area (x-direction), b - horizontal coordinate of the contact area (y-direction), z - corresponding soil depth, R - soil resistance (reaction). Solving the soil bulk density is calculate by eq.2 as follows:

$$BD_{eff} = BD_d + 0.009 \cdot C, \quad \text{where} \quad (2)$$

BD_{eff} - effective bulk density, BD_d - dry bulk density, C - clay content.

Solving the shear stress which is rising between soil and tire contact area has been solved by eq.3 as follows:

$$\tau_{max} = c + \sigma \cdot \tan(\varphi), \quad \text{where} \quad (3)$$

τ_{max} - shear soil strength, c - soil cohesion, φ - angle of soil shear resistance (angle of internal friction).

Calculation tools

The equations 1,2,3 with input parameters is implemented into the solving algorithm which is available on the internet as an online tool. This tool is available in two versions, light, and expert. The application name is Terranimo® and the view of both versions are depicted in the figure 2,3 (<https://ch.terrannimo.world/>)



Figure 2 Terranimo® light

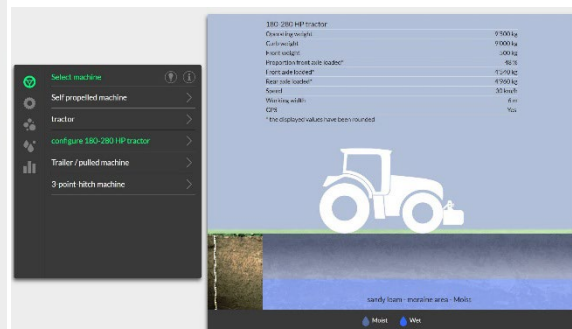


Figure 3 Terranimo® Expert

Schjøning and Lamandé (2020) published the TASC manual where the application is defined as an easy-to-use Excel application for decision support in connection with the design, equipping and use of large machinery and implements for farming. Soil stress caused by tires and tracks can be assessed according to running gear parameters (dimensions, load, inflation pressure) and soil properties (texture, stability of topsoil), with reference to numerical and graphical output. The aim is to minimize the risk of soil compaction in agricultural and forestry production according to the prevention principle. The potential risk of soil compaction in areas not reached by tilling implements is indicated. Technical data on the tires most used in forestry and agriculture are stored in the application. TASC is divided into a small number of clearly arranged sections. The underlying mathematics are based on findings from soil physics and soil mechanics, on the one hand, while the other hand, algorithms from several field trials have been worked out and integrated into the application to come as close as possible to individual conditions in practice. The evaluation of the soil compaction risk is based primarily on the standard value for effective bulk density. The application permits:

- Calculation and display of pressure distribution in the soil for a particular load according to the stability of the topsoil.
- Calculation and display of pressure distribution according to the tire/track dimensions, tire/track load and tire inflation pressure for a particular soil.
- Evaluation of the risk of soil compaction in the subsoil (below the maximum tilling depth) according to soil type, stability of topsoil and load.
- Calculation of compressive stress at any point in the soil profile.
- Determination of the traffic area share with multiple passes for one or more machines during one or more working operations.
- Access to technical data for over 1180 types of tires used in agriculture and forestry. The data for any type of tire of the user's choice can be incorporated directly into the application.
- Maximum permissible wheel load to be determined according to tire inflation pressure, speed of travel and type of work.

The Excel worksheet is depicted in figure 4 and it is freely downloaded from <https://www.tasc-application.ch/en/tasc-downloads/>. In the worksheet the eq.1,2,3 are also implemented.

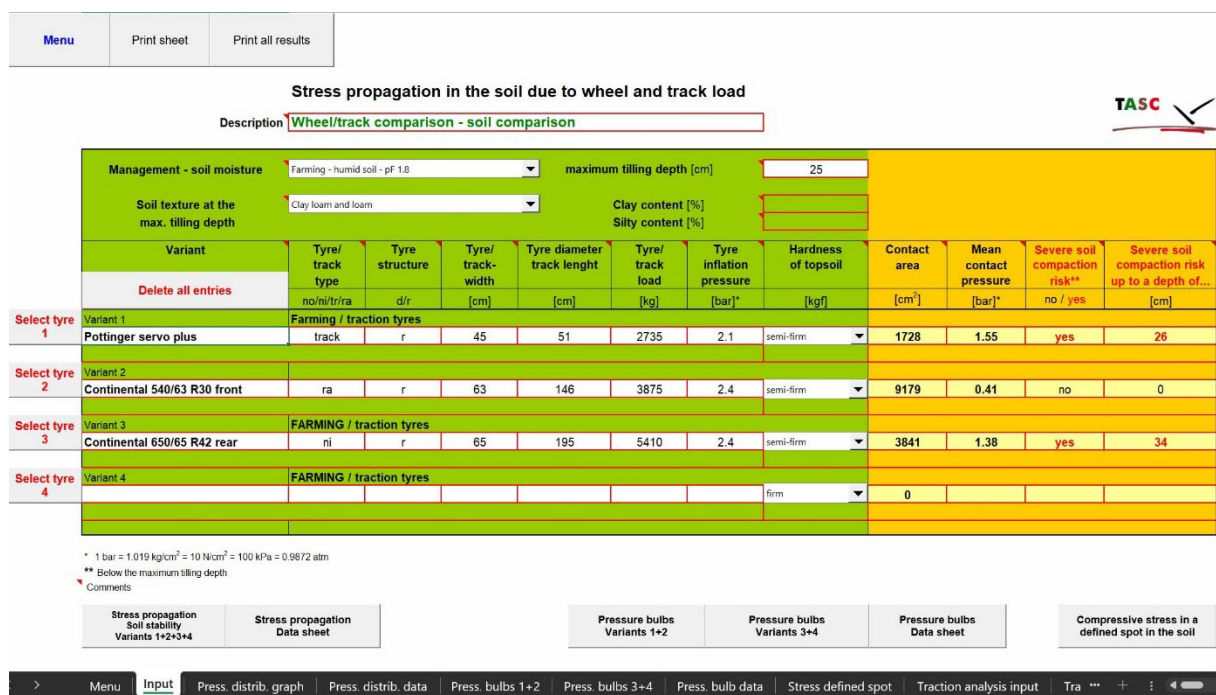


Figure 4 TASC Excel worksheet application

RESULTS and DISCUSSION

For simulation purposes we used the real experiment data. The real experiment with different aim were realized in location of Nitra city county approximately 20km in west direction in the village Veľké Zálužie. The soil type was clay loam soil and agrotechnical operation was the middle ploughing. The tractor implements combination parameters were mentioned above as well as the tires parameters. The soil properties were used from web page www.podnemapy.sk. The simulation output contains a few charts with additional valued results. These graphical results are depicted in figures 5,6,7. The soil compaction stress was calculated with respect to the applied tires properties. The probability of soil compaction was calculated with soil depth of compaction. For the better visualization of stress ranges the bulbed graphs were generated. From these graphs the user is able detect the critical point of his applied technology weak points.

Stress propagation and soil stability
Wheel/track comparison - soil comparison

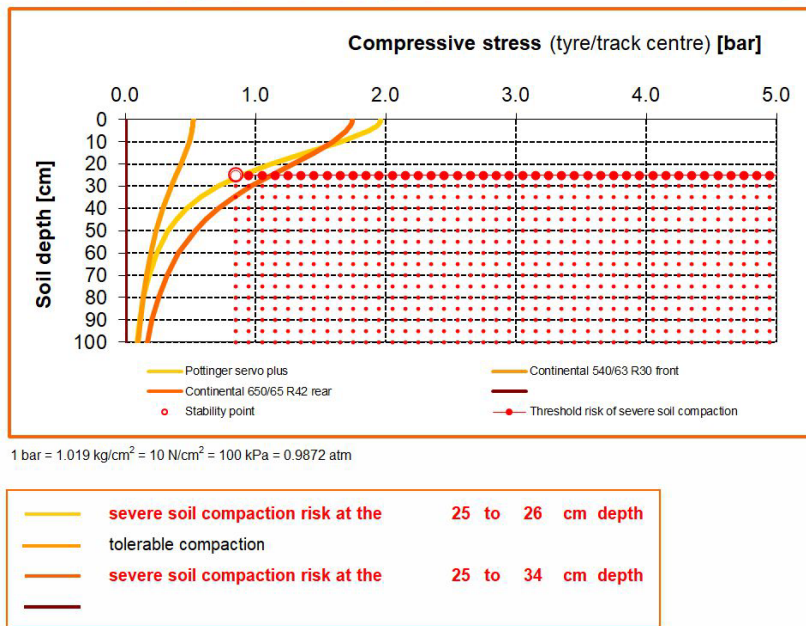
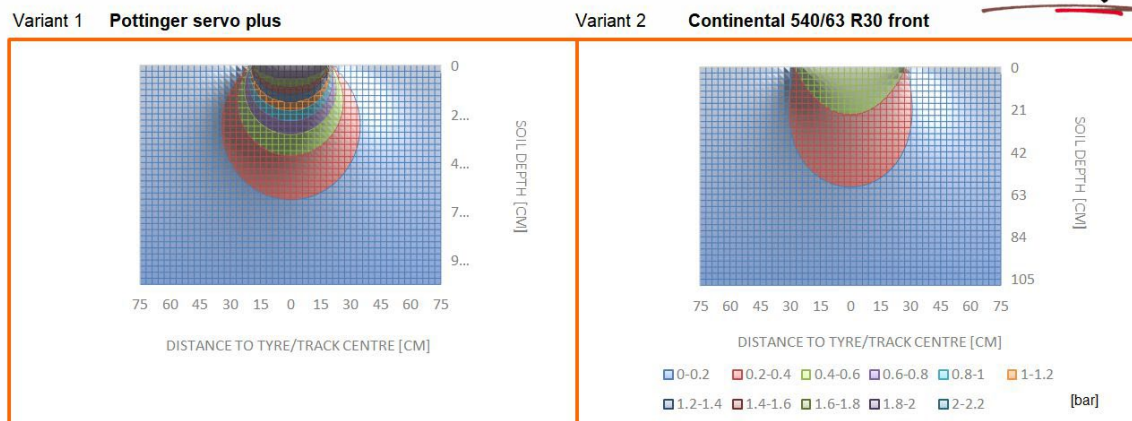


Figure 5 Stress propagation and soil stability

In figure 5 is depicted the dependency of compressive stress on soil depth. The application allows us to analyze the four wheels of agricultural machines. We used the application for analyzing the front and rear wheels of tractor in pair as one wheel and the third wheel which belongs to mounted plough. For this reason, the last possibility is not fulfilled (below the chart). From the analysis we could conclude that the plough wheel and tractor rear wheel cause the high-risk possibility of soil compaction.

Pressure bulbs in the soil
Wheel/track comparison - soil comparison



Variant 1	severe soil compaction risk to	26	cm depth
Variant 2	no severe soil compaction risk		

Figure 6 Pressure bulbs in the soil, front tire and flotation tire

The stress distribution under the tires is depicted in figures 6,7. The clay soil type stress distribution is comparable with elastic medium subject, meanwhile the soil has plastic deformation. We must emphasize that the stress distribution is independent on the modulus of elasticity of the material, and

this is just a function of the applied load. The stress distribution under the contact area with tire and ground could be calculated as stress distribution under the contact point. The calculation method is based on the premise of existence of infinite, homogeneous, isotropic elastic medium subject to a vertical point load applied on the ground surface.

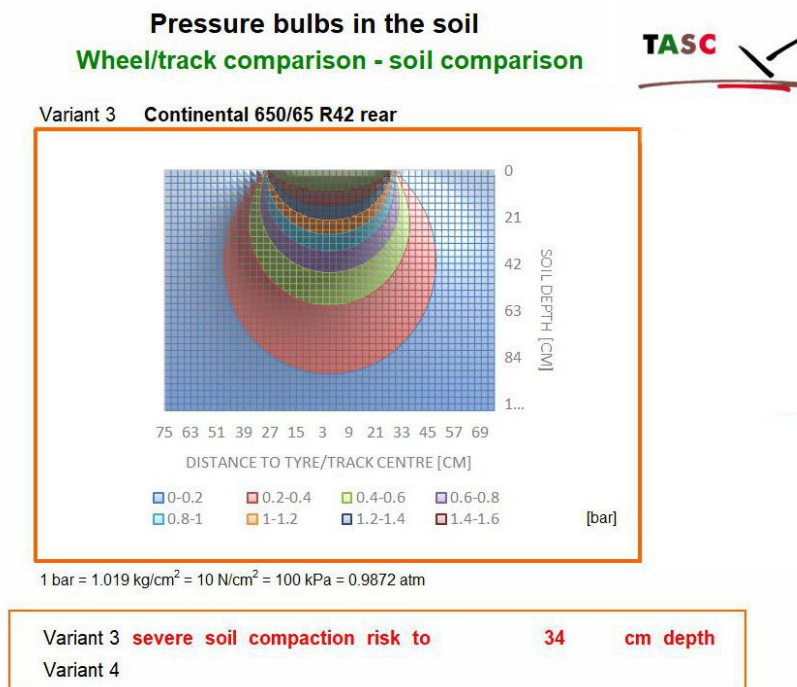


Figure 7 – Pressure bulbs in the soil, front tire, and flotation tire

CONCLUSION

In this article we are dealing with a short review about the available online tools designed for support of agricultural science and production. The risk of soil compaction has been calculated by TASC Excel worksheet tool. The application is designed for Tires/Tracks and Soil Compaction calculation. We finished the calculation of the risk of soil compaction of tractor implements combination which were the tractor Fendt 824 with implemented reversal plough Pöttinger Servo 6.50 Plus. Their tires technical parameters were used for calculation. In the part of stress propagation and soil stability for the flotation tire of plough we reached the result when the severe compaction of soil risk to the 25-26cm raising. Tolerable soil compaction is obtained for the front-end wheel (tire). For the rear wheel the severe compaction of soil risk to the 25-34cm raising. The pressure bulbs in the soil are depicted for each analyzed tire in figures 6,7. Final recommendations for the users are based on the premises that they can simulate the stress distribution which are depending on the chosen tire types and they properties. Optimisation of the tire parameters helps to protect the soil from the high compaction and then reduces the technology expenses and protects the soil at last.

ACKNOWLEDGEMENTS

This paper was created with financial support of the grant project VEGA no. 1/0102/21 - Reducing chemical loads and degradation of agricultural and forestry soils by selecting appropriate agri-technology with regard to climate change.

References:

AGORA, [viewed 29.11.2023] Available from: <https://agora.research4life.org/>
 AGROSCOPE, [viewed 29.11.2023] Available from: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/>
 BATTIATO, A.- DISERENS, E.- SARTORI L. (2013) Traction Performance Simulation for MFWD Tractors: Towards a Practical Computer Tool. In Journal of Agricultural Engineering 2013; volume XLIV(s2):e67, p.338-343

DISERENS, E. - BATTIATO, A. - SARTORI, L. (2014) Soil Compaction, Soil Shearing and Fuel Consumption: TASC V3.0 – A Practical Tool for Decision-Making in Farming. In International Conference of Agricultural Engineering. 2014.

EC. Funding opportunities for farmers. [viewed 29.11.2023] Available from:

https://commission.europa.eu/funding-tenders/how-apply/eligibility-who-can-get-funding/funding-opportunities-farmers_en

IAF, EOS Data Analytics. [viewed 29.11.2023] Available from:

<https://www.iafastro.org/membership/all-members/eos-data-analytics-inc.html>

LU, J. - SINGH, J. A. - KOUNDINYA, V. - RANJAN, P. - HAIGH, T. – GETSON, J. M. - KLINK, J. - PROKOPY, L. S. (2021) Explaining the use of online agricultural decision support tools with weather or climate information in the Midwestern United States, In Journal of Environmental Management, Volume 279, 2021, 111758, ISSN 0301-4797,

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111758>. [viewed 29.11.2023] Available

from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720316832>

PÔDNE MAPY. [viewed 29.11.2023] Available from: www.podnemapy.sk.

SCHJØNNING, P.- LAMANDÉ, M. (2020). An introduction to Terranimo® (www.terranimodk.dk).

Unpublished note, Aarhus University, Dept. Agroecology, January 2020. [viewed 29.11.2023]

Available from: [https://www.terranimodk.dk/Pages/pdf.aspx?filename=An-introduction-to-Terranimo_January2020_UK&directory=1#:~:text=Terranimo%C2%AE%20\(Terramechanical%20model\)%20is,compaction%20for%20realistic%20operating%20conditions](https://www.terranimodk.dk/Pages/pdf.aspx?filename=An-introduction-to-Terranimo_January2020_UK&directory=1#:~:text=Terranimo%C2%AE%20(Terramechanical%20model)%20is,compaction%20for%20realistic%20operating%20conditions)

TASC, Tyres / Tracks and Soil Compaction. TASC Manual. © Agroscope ART 2010 / TASC V2.0.xls TASC-2021-english.xlsm. [viewed 29.11.2023] Available from: <https://www.tasc-application.ch/en/tasc-downloads/>

TERRANIMO®. [viewed 29.11.2023] Available from <https://ch.terranimodk.world/light>

Contact address: doc. Ing. Jozef Rédl, PhD. Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra

THE INFLUENCE OF THE ANNEALING TIME OF THE SAW BAND WELD ON ITS HARDNESS

MIROSLAVA ŤAVODOVÁ, JOZEF KRILEK

Department of production technologies and quality management
Department of Environmental and Forest Technology
Faculty of Technology, Technical University in Zvolen

Abstract: The article deals with the evaluation of the influence of the annealing time on the weld joint of the saw band as well as the heat-affected area and the base material in connection with the change in its hardness. Three samples of welded joints of spring steel, used for the production of saw bands, were evaluated. Experimental measurements of Rockwell hardness (HRC) were conducted from the weld axis through the heat-affected zone (HAZ) to the base material, which had a hardness value of 42 HRC. Sample no. 1 was not heat treated, the other two samples were annealed, but each for a different time. Sample no. 2 for 1.5 minutes and sample no. 3 for 3 minutes. The goal was to determine the influence of the annealing time on the course of hardness as well as the total resulting hardness in individual areas of the weld joint. From the results written in the table as well as the graphic hardness curve, it is recommended to include local annealing for 1.5 minutes after welding.

Keywords: saw band, annealing, hardness, wood mass, safety

INTRODUCTION

Tools are part of machine tools. Their quality is closely related to the entire material processing process, whether metal-based or for wood processing. High demands are placed on tool steel. They are not always explicitly tool steels, but spring steels are often used for wood processing due to their excellent toughness. It is thanks to the nickel content, which guarantees this mechanical property to steels. In addition to this, steels must have high hardness and strength [FREMUNT, P. et al., HRIVŇÁK, I.]. The finished tool, ready for sawing wood, is only when the strip is welded. And it is precisely the correct execution and subsequent adjustment of the weld that gives the entire tool its final, satisfactory properties. Tearing of the saw band in the process of cutting wood can have fatal consequences not only for the machine itself but especially for the operator of this machine. The importance of heat treatment, stress-relief annealing - relaxation annealing in weld joints is indisputable. It is important to choose the right annealing length, at the right annealing temperature. Welds made in this way can be checked by several methods, either destructive - microscopic or tests of mechanical properties, or non-destructive, which also includes the measurement of the hardness of the welds from the axis to the base material [HRIVŇÁK, I., ŽUBOR, P. et al.]. It can be the Vickers hardness measurement method or the Rockwell method.

MATERIAL and METHODOLOGY

Manufacturing deciduous and coniferous lumbers on a frame or band saw is essentially a longitudinal division of the trunk into blanks of the same or similar dimensions (Fig. 1a). Cutting of raw wood is a serial production of sawmill semi-finished products - raw lumber and sleepers. Band saws belong to woodworking tools. A spring steel strip is used as a semi-finished product, which is adjusted by cutting and grinding the teeth to the required profile. By welding the ends of the saw band, an endless saw band is created (Fig. 1b), which is usually stretched between two wheels of the machine [BALAEV E.Y. - LITVINOV A.E., BARCÍK, Š. et al., KMINIAK, R. – SIKLIENKA, M.]. In general, the purpose of welding is to make a solid weld joint that should have the required properties. They are a certain strength and toughness, as well as resistance to degradation processes and also resistance to sudden breakage, that is, safety, mostly expressed by integrity and fracture toughness [BRZIAK, P. et al. UZUNALI, U.Y. - CUVALCI, H.]. Welded joints are created by joining the melted base material and, in most cases, additional material. Three basic areas are defined for welded joints: weld metal, HAZ and base material. Weld metal and HAZ has its own characteristic properties and

microstructure. The high temperature during canning changes the structure and thus also the mechanical properties of the HAZ from the properties of the base material (Fig. 2).



Figure 1 Work in the sawmill on a log saw (a.); saw bands (b.)

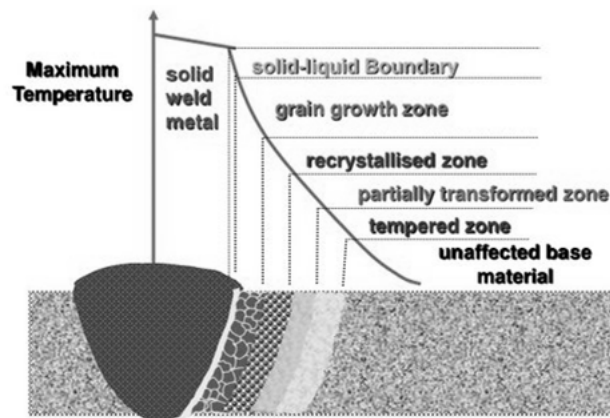


Figure 2 Changing the structure of the weld joint from the axis to the base material

Therefore, it is necessary to carry out a suitable heat treatment after welding. Its purpose is to equalize the structure and eliminate or at least reduce internal tensions. In general, it can be said that the internal stresses are reduced and disappear due to spontaneous plastic deformation in the annealed steel, induced by the initial stresses that existed in the steel before annealing. Among other things, the heat treatment of welded joints is supposed to ensure the improvement of the properties of the welded joint, especially the structure, mechanical properties, hardness, etc. [KUBIT A. et. Al, ŽÚBOR, P. et. al., BRZIAK, P. et al., TOTAL MATERIA]. Welding tool steels is different from welding ordinary steels. This is due to their specific chemical composition. In principle, however, it is necessary to observe the basic conditions for making a quality joint and to observe the correct annealing regime after welding [FREMUNT, P. et al., ŽÚBOR, P. et. al.].

The 75Ni8 and C75 steels are most often used for wood processing tools, specifically for saw bands. Spring steel 75Ni8 is steel with high nickel content to ensure high tool toughness. It is mainly used for saw bands for wood. It is also suitable for the production of flexible and stressed knife blades. Due to its high nickel content and very good weldability, 75Ni8 steel is also excellent as a second, bright component for Damascus steel. C75 steel is a spring, oil-hardenable carbon steel. It is also used to make knives. It is cheaper than steel 75Ni8, which has a high proportion of nickel compared to C75. Author [KALINCOVÁ, D.] performed the experiment on the samples material DIN C75 have been welded and evaluated in the states prior and after welding and annealing. The purpose of the experiment was to analyse the influence of different annealing temperatures on structural and mechanical properties and based on the analysis to propose optimal heating temperature that

guarantees reliable operation of the band-saw blades. The results of hardness measurement and microstructure evaluation confirmed the need of annealing after welding of band-saw blades.

Three samples of saw bands made of spring steel 75Ni8 (1.5634) were used for the experiment. It is a steel with a higher nickel content to ensure high toughness. It is intended primarily for saw bands for wood. Hardening temperature of steel is $T_H=850 - 880^\circ\text{C}$, tempering from temperatures $T_T=180^\circ - 200^\circ\text{C}$, to ensure hardness of 58 - 60 HRC. The hardness after heat treatment is adjusted to values of 45 - 46 HRC. The chemical composition of the steel is shown in Table 1.

Table 1 - Chemical composition of spring steel 75Ni8 [Lexikon kovů 2.7]

Element	C	Si	Mn	Ni	P	S	Cr	Mo	Fe
wt %	0.72 – 0.78	0.15 – 0.35	0.3 – 0.5	1.8 – 2.1	max. 0.025	max. 0.025	max. 0.15	max. 0.1	balance

The samples had dimensions of 400mmx140mmx1.2mm. They were welded by the MIG method (butt weld), with preheating $T=250^\circ\text{C}$ on a copper plate, on an IDEAL BLS 320 welding machine. Böhler DMO-IG, EN ISO 14341/21952-A, G MoSi welding wire was used as additional material. The chemical composition is in Table 2.

Table 2 - Chemical composition of welding wire [BÖHLER DMO-IG]

Element	C	Si	Mn	Mo	Fe
wt %	0.1	0.6	1.1	0.5	balance

The welds on the samples were ground from both sides. Local annealing with a gas burner (propane-butane) took place on a special single-purpose machine that was made specifically for this purpose. It was performed with the help of nozzles located along the entire width of the weld with a spacing of 20 mm. The annealing temperature was $T_A = 480^\circ\text{C}$ and was inspected by thermal chalk. After the weld has cooled, the jaws on the machine are released, which are supposed to prevent flatness deformations during annealing.

The measurement was carried out on three samples of saw bands:

- Sample No. 1 - without heat treatment, annealing to remove internal stresses after welding;
- Sample No. 2 - annealed for 1.5 minutes;
- Sample No. 3 – annealed for 3 minutes.

Figure 3a shows a sample of a saw band with the measurement points indicated. The hardness measurement was carried out in two lines, in a zig-zag manner, to ensure the condition of a distance of min. 2 mm, so that the deformation of individual indents does not affect the hardness value. Hardness was measured using the Rockwell HRC method according to ISO 6508-1:2016 on an analogue hardness tester Škoda (Fig. 3b).

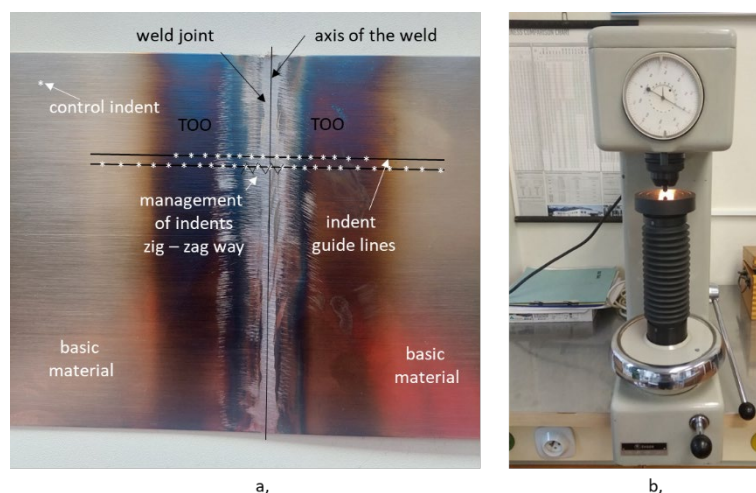


Figure 3 Saw band with indicated HRC hardness measurement points (a.); analogue Rockwell hardness tester (b.)

RESULTS and DISCUSSION

Before measuring the hardness of individual saw bands, the hardness in the base material was first checked. It had a value of 42HRC. To evaluate the hardness from the weld axis to the base material, 21 hardness measurements were performed. The first 9 were in a zig-zag shape up to a distance of 9 mm by one millimeter, the next 8 by two millimeters and the last 4 in one line by five millimeters. Table 3 shows the measured HRC hardness values for all three samples.

Table 3 - Measured hardness values of the tested samples

Serial number of the indent	Distance from the axis of the weld (mm)	HRC		
		Sample no 1	Sample no 2	Sample no 3
1	0	55	32	37
2	1	50	40	32
3	2	53	42	41
4	3	66	41	40
5	4	57	45	34
6	5	31	39	34
7	6	38	42	39
8	7	39	43	40
9	8	41	41	40
10	9	41	42	42
11	11	44	43	40
12	13	44	44	39
13	15	44	43	41
14	17	43	43	40
15	19	43	43	44
16	21	41	44	44
17	23	42	40	44
18	25	41	41	45
19	29	42	41	47
20	34	44	41	43
21	39	41	40	46

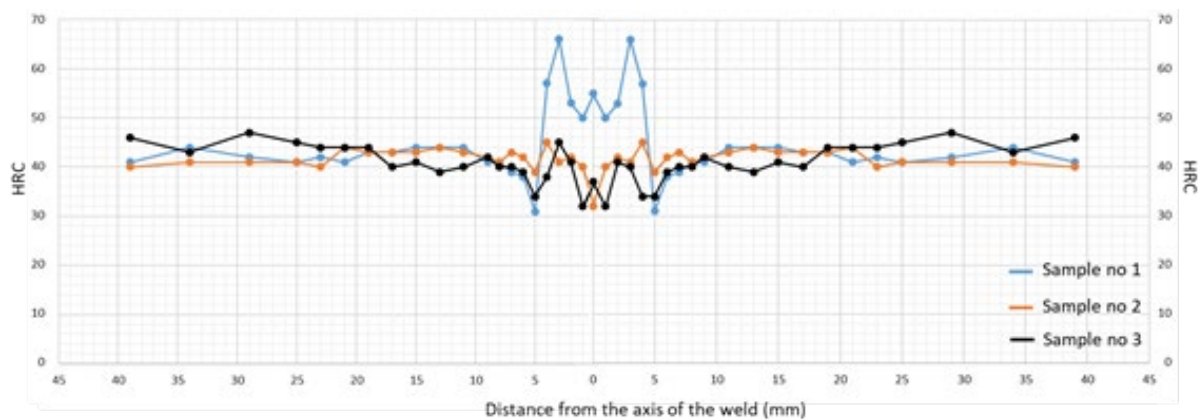


Figure 4 Curves of the hardness from the axis to the base material of all three samples

Figure 4 shows a graph showing the hardness curves of the saw blades from the axis of the weld to the base material on both sides of the weld of all three samples. The measurement was taken on one side

of the samples and mirrored to the other side. It is assumed that both sides should be identical in terms of weld formation and subsequent annealing, in terms of structure and consequently hardness.

As some authors write in their works [HRIVŇÁK, I., ŽÚBOR, P. et. al., SANDVIK STEEL], welding negatively affects the material properties of the saw band. The result is a structure in HAZ consisting of unhardened martensite, pearlite and bainite on the weld side. Unhardened martensite in the weld is very brittle, as it is a cast structure. One way to reduce the hardness of steel is to heat the saw blade to about 400°C after welding. However, there is a risk that cracks may appear before annealing. This is why it is recommended to anneal immediately after welding the strip. A better way is to heat the edges of the strip to a temperature of 400 °C during the entire welding process. The weld does not cool down so quickly that e.g. pearlite and bainite in the weld and in HAZ. It is important to control the annealing times and annealing temperature well so that the weld becomes neither too hard nor too soft [SANDVIK STEEL, UZUNALI, U.Y., - CUVALCI, H.].

As can be seen from the graph in Figure 4, the necessity of annealing the weld joint has been confirmed. The difference in hardness in the area of the weld joint as well as in the HAZ is significant between the non-annealed and the annealed joint. For sample no. 2, annealed for 1.5 minutes, the decrease in hardness in the first 5 impressions is 30%, and for sample no. 3, annealed for 3 minutes, it is 35%. Even though the difference between the decrease in hardness of the weld of sample no. 2 and 3 is not significant, we can state that the hardness distribution from the axis of the weld to the base material is more uniform in sample no. 2. This confirmed the practice-proven fact that annealing for 1.5 minutes would be sufficient to equalize the internal stresses in the weld and thereby ensure the quality of the weld joint. This will ultimately ensure safety when processing wood on band saws. High demands are placed on the saw band in terms of production quality and preventive maintenance [SYSALA T. et al.]. As the authors [KREIDL, M. – ŠMÍD, R., VALENČÍK, Š. – STEJSKAL, T.] state, by diagnosing a welded and correctly heat-treated joint, we can prevent undesirable events, not only during wood processing in sawmills.

CONCLUSION

The quality of tools for processing wood is closely related to the entire process of processing the material, and therefore high demands are placed on them. Spring steels are used for wood processing due to their excellent toughness. The importance of heat treatment of weld joints is indisputable. Experiments have proven, that although the difference between the decrease in weld hardness of sample no. 2, annealed for 1.5 minutes, and sample no. 3, annealed for 3 minutes is not significant, we can conclude that the hardness distribution from the axis of the weld to the base material is more uniform in sample no. 2.

Annealing saw blades for 1.5 minutes for wood processing will significantly improve their uniform hardness from the weld axis to the base material. The results of the hardness measurement confirmed the need for annealing after welding the saw bands. In this way, a more balanced structure is obtained in the critical area of the weld joint and the HAZ, and it approaches the state in which the base material is. This is of great practical importance in terms of tool life and safety when working on band saws.

Acknowledgment

The article was created with the support of the KEGA agency project 007TU Z-4/2023 Innovation and educational support of subjects in the field of technical diagnostics of agricultural and forestry technology with a focus on practice and VEGA 1/0609/20 project Research of cutting tools in the processing of dendromass from agricultural and forestry production.

References:

- 1 BALAEV E.Y., LITVINOV A.E. 2018. Analysis of modern technologies for improving performance characteristics of cutting band saws. In: *Adv. Eng. Res.* 2018; 158:259–263.
- 2 BARCÍK, Š. et al. 2013. *Dřevoobráběcí nástroje - údržba a provozování*, Praha, pp 355. ISBN 978-80-8741580-1.
- 3 BÖHLER DMO-IG, Welding material, cited: 21.11.2023, Available: Chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.alruqee.com/Userfiles/Product/TablePdf/29102015000000B_Boehler%20DMO-IG_tr.pdf.

- 4 BRZIAK, P. et al. 2014. *Materiály a ich správanie sa pri zváraní*, Prvá zväračská, Bratislava, pp 121 ISBN 978-80-8942108-4.
- 5 FREMUNT, P. et al. 1994. *Nástrojové oceli*, Dům techniky Brno, 1994.
- 6 HRIVŇÁK, I. 2013 *Zváranie a zvariteľnosť materiálov*, Citadela, Bratislava, pp 496, ISBN 978-80-8962818-6
- 7 ISO 6508-1:2016 Metallic materials Rockwell hardness test Part 1: Test method.
- 8 KALINCOVÁ D. 2013 Analysis of welded joint of band-saw blade – influence of annealing process on joint microstructure and mechanical properties. In: *Manufacturing technology*, December 2012, Vol. 12, No. 13, ISSN 1213–2489
- 9 KMINIAK, R., SIKLIENKA, M. 2013 *Delenie a obrábanie dreva*, Technická univerzita vo Zvolene, pp 200, ISBN 978-80-2282618-1.
- 10 KREIDL, M., ŠMÍD, R. 2006 *Technická diagnostika*, Praha, BEN, pp 406, ISBN 8073001586.
- 11 KUBIT A., LENART Ł., TRZEPIECIŃSKI T., KRZYSIAK A., ŁABUŃSKI W. 2021 Effect of Sandblasting on Static and Fatigue Strength of Flash Butt Welded 75Cr4 Bandsaw Blades. In: *Materials* (Basel). 2021 Nov 12;14(22):6831. doi: 10.3390/ma14226831
- 12 LEXIKON KOVŮ 2.7, Verlag Dashöher, Praha, 2019.
- 13 SANDVIK STEEL 1999. *The Handbook. Production, use and maintenance, of wood bandsaw blades. A manual from Sandvik steel.*
- 14 SYSALA T., STUHLIK, K., NEUMANN, P. 2019. System for Automatic Inspection of Bandsaw Blades, In: *WSEAS TRANSACTIONS on ENVIRONMENT and DEVELOPMENT*, Volume 15, 2019 E-ISSN 2224-3496.
- 15 TOTAL MATERIA 2006. *Welding of Tool Steels*, cited 21.11.2023, Available: <https://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=CheckArticle&site=kts&NM=183>.
- 16 UZUNALI, U.Y., CUVALCI, H. 2015 The effects of post weld heat treatment on the mechanical properties of tempered martensite and high strength steel welded joints. In *Proceedings of the 2015 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM15)*, Incheon, Korea, 25–29 August 2015.
- 17 VALENČÍK, Š., STEJSKAL, T. 2015 *Údržba, diagnostika a opravy strojov*, TU v Košiciach, pp. 230, ISBN 978-80-5532249-0.

Contact address: doc. Ing. Miroslava Ťavodová, PhD., prof. Ing. Jozef Krilek, PhD.,
Faculty of Technology, Technical University in Zvolen Študentská 26, 960 01 Zvolen, Slovakia

**Znižovanie chemického zaťažovania a degradácie poľnohospodárskych
a lesných pôd voľbou vhodných agrotechnológií s ohľadom na klimatické
zmeny**

Recenzovaný zborník vedeckých prác

Autori:	Jobbágy Ján, Findura Pavol a kolektív
Vydavateľ:	Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Vydanie	prvé
Počet strán	91
Forma vydania:	online
Rok vydania	2023

Neprešlo redakčnou úpravou vo Vydavateľstve SPU v Nitre.
Za obsah a jazykovú správnosť príspevkov zodpovedajú autori.

ISBN 978-80-552-2698-9

DOI: <https://doi.org/10.15414/2023.9788055226989>