

**A  
F  
T**

**ACTA  
FACULTATIS  
TECHNICAE**



---

**TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE**

**2**

**ROČNÍK: XXI**

**ZVOLEN 2016**

## **Medzinárodný poradný zbor / International Advisory Editorial Board**

**Vitaly. V. Amalickij (RU)**

Moscow State Forest University

**Pavol Božek (SK)**

Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Materials Science and Technology in Trnava

**Csanády Etele (HU)**

University of West Hungary

**Peter Demeč (SK)**

Technical University of Košice

**Jiří Fries (CZ)**

VŠB – Technical University of Ostrava

**Vlado Goglia (HR)**

University of Zagreb, Faculty of Forestry

**Faud Hadžikadunič (BiH)**

University of Zenica

**Vladimír Jurča (CZ)**

Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Engineering

**Radomír Klvač (CZ)**

Mendel University in Brno, Faculty of Forestry and Wood Technology

**Dražan Kožak (HR)**

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Mechanical Engineering Faculty

**Stanisław Legutko (PL)**

Poznan University of Technology

**Aleksandar Makedonski (BG)**

Technical University of Sofia

**Nataša Náprstková (CZ)**

UJEP in Ustí nad Labem, Faculty of Production Technology and Management

**Marián Peciar (SK)**

Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Mechanical Engineering

**Evgeny Razumov (RU)**

Volga State University of Technology

**Pavel V. Rudak (BY)**

Belarusian State Technological University

**Ruslan Safin (RU)**

Kazan National Research Technological University

**Marian Šušniar (HR)**

University of Zagreb, Faculty of Forestry

**Zdenko Tkáč (SK)**

Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering

## **Medzinárodný zbor recenzentov / International Reviewers Board**

### **Alexander A. Bartashevich (BY)**

Belarusian State Technological University

### **Neucho Delijski (BG)**

University of Forestry in Sofia, Faculty of Forestry Industry

### **Jiří Dvořák (CZ)**

Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences

### **Ladislav Dzurenda (SK)**

Technical University in Zvolen, Faculty of Wood Sciences and Technology

### **Milan Gaff (CZ)**

Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences

### **Karel Janák (CZ)**

Mendel University in Brno, Faculty of Forestry and Wood Technology

### **Radek Knoflíček (CZ)**

Brno University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering)

### **Ružica Baljo Lučić (HR)**

University of Zagreb, Faculty of Forestry

### **Milan Malcho (SK)**

University of Žilina, The Faculty of Mechanical Engineering

### **Stanislav Marcheuský (SK)**

Technical University of Košice, Faculty of Electrical Engineering and Informatics

### **Ján Mihalík (SK)**

Technical University of Košice, Faculty of Electrical Engineering and Informatics

### **Jindřich Neruda (CZ)**

Mendel University in Brno, Faculty of Forestry and Wood Technology

### **Kazimír Orłowski (PL)**

Gdansk University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering

### **Miroslav Rousek (CZ)**

Mendel University in Brno, Faculty of Forestry and Wood Technology

### **Juraj Ružbarský (SK)**

University of Žilina, Faculty of Mechanical Engineering

### **Sergej V. Shetko (BY)**

Belarusian State Technological University

### **Vladimír Štollmann (SK)**

Technical University in Zvolen, Faculty of Forestry



## OBSAH

### VEDECKÉ ČLÁNKY

<b>SUBJEKTÍVNA MULTIKRITERIÁLNA ANALÝZA PRACOVNÉHO PROSTREDIA SÚSTRUŽNÍCKEJ DIELNE</b> SUBJECTIVE MULTICRITERIAL ANALYSIS OF WORK ENVIRONMENT OF TURNING WORKPLACE <b>Richard Hnilica, Miroslav Dado</b> .....	9
<b>VÝVOJ NADSTAVIEB PRE HASENIE LESNÝCH POŽIAROV ADAPTOVANÝCH NA TERÉNNÝCH OSOBNÝCH AUTOMOBILOCH</b> DESIGN OF BODIES SYSTEMS FOR FIRE-FIGHTING OF FOREST FIRES ADAPTED TO OFF-ROADERS <b>Michaela Hnilicová<sup>1</sup>, Ivan Chromek<sup>2</sup>, Richard Hnilica<sup>3</sup>, Valéria Messingerová<sup>1</sup></b> .....	17
<b>CONSERVATION AGRICULTURE AS SUSTAINABLE FARMING PRACTICE</b> <b>Elena Horská<sup>1</sup>, Alim Pulatov<sup>2</sup>, Khabibullo Pirmatov<sup>3</sup></b> .....	29
<b>ANALÝZA TESTOVANIA JAZDY FORWARDRA LVS 720 NA TERÉNNOM POLYGÓNE</b> ANALYSIS OF FORWARDER LVS 720 DRIVING TEST ON TERRAIN POLYGON <b>Milan Marušiak</b> .....	37
<b>VPLYV TLAKU MÉDIA NA PROCESS TEPELNÉHO ROZKLADU DREVA</b> IMPACT OF MEDIUM PRESSURE ON THE PROCESS OF THERMAL DECOMPOSITION OF WOOD <b>Safin R.R.<sup>1</sup>, Razumov E.Y.<sup>2</sup>, Safina A.V.<sup>1</sup></b> .....	49



## **VEDECKÉ ČLÁNKY**





# SUBJEKTÍVNA MULTIKRITERIÁLNA ANALÝZA PRACOVNÉHO PROSTREDIA SÚSTRUŽNÍCKEJ DIELNE

## SUBJECTIVE MULTICRITERIAL ANALYSIS OF WORK ENVIRONMENT OF TURNING WORKPLACE

**Richard Hnilica, Miroslav Dado**

*Katedra výrobnjej techniky a manažmentu kvality, Fakulta výrobnjej a environmentálnej techniky, Technická univerzita vo Zvolen, Zvolen, SR, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, hnilica@tuzvo.sk, dado@tuzvo.sk*

**ABSTRACT:** Paper focuses to use multicriterial analysis in the assessment of risk factors in the work environment. A complex assessment of the work environment we have made with quantitative method of the pairwise comparison of criterions using the software package MCA7. Input data for analysis were got for accomplishment the order of significance of risk factors in a selected group of people. Through the use of multicriterial analysis with the use of Fuller's methods was calculated final weight of individual risk factors. Based on results we consider the individual risk factors at the work environment, and according to selected request we determined the order of their importance.

**Key words:** work environment, risk, multicriterial analysis, Fuller method, subjective assessment

**ABSTRAKT:** Príspevok sa venuje využitiu multikriteriálnej analýzy pri hodnotení rizikových faktorov v pracovnom prostredí. Komplexné hodnotenie pracovného prostredia sme vykonali pomocou metódy kvantitatívneho párového porovnania kritérií s využitím softvérového balíka MCA7. Vstupné dáta pre analýzu boli získané na základe vyplnenia poradia významnosti rizikových faktorov vybranými skupinami ľudí. Pomocou multikriteriálnej analýzy pri využití Fullerovej metódy boli vypočítané výsledné váhy jednotlivých rizikových faktorov. Na základe takto získaných výsledkov sme posúdili jednotlivé rizikové faktory v danom pracovnom prostredí, a podľa zvolených kritérií sme určili poradie ich významnosti.

**Kľúčové slová:** pracovné prostredie, riziko, multikriteriálna analýza, Fullerova metóda, subjektívne hodnotenie

### ÚVOD

Pre zabezpečenie maximálneho výkonu človeka vo výrobnom procese, je potrebné zabezpečiť a vytvoriť čo najvhodnejšie pracovné prostredie. Úroveň pracovného prostredia je stanovená najmä stavebným, objemovým a dispozičným riešením objektov a pracovísk,

fyzikálnymi faktormi a napokon bezpečnostnou úrovňou technológií, strojov a zariadení, použitým druhom materiálov a látok.

V zásade existujú dva základné prístupy pri hodnotení rizikových faktorov pracovného prostredia: parciálny a komplexný (Sablik 1990; Lumnitzer a Románová 2004; Lumnitzer et al. 2015; Hnilica 2011; Hnilica et al. 2013; Piňosová et al. 2014, Hricová et al. 2015, Andrejiová et al. 2012). Z uvedených prístupov hodnotenia v súčasnej dobe hlavne prevláda parciálny prístup, v ktorom sa účinok každého pôsobiaceho rizikového faktora na organizmus človeka hodnotí individuálne. Samotné hodnotenie môže byť na základe objektivizácie (merania) faktorov alebo na základe zisťovania subjektívnej odozvy človeka. Komplexné hodnotenie patrí k neprebádaným oblastiam posudzovania pracovného prostredia u nás ako aj vo svete. Vo všeobecnosti môžeme povedať, že jednotlivé rizikové faktory pracovného prostredia môžu významne ovplyvniť ľudské správanie. Stanovenie výsledných hodnôt rizikových faktorov pracovného prostredia sa určí výpočtom, meraním resp. odborným odhadom.

Hodnotenie súčasného pôsobenia viacerých faktorov sa dá pri súčasnej úrovni poznania realizovať iba niekoľkými spôsobmi, konkrétne podľa Lumnitzer a Goga Bodnárovej (2014) posudzované hodnoty faktorov pracovného prostredia možno určiť výpočtom, porovnaním, meraním alebo v niektorých prípadoch kvalifikovaným odhadom.

Spokojnosť zamestnanca súvisí v pracovnom prostredí do značnej miery od veľkosti pracovného zaťaženia, s čím je spojený pracovný komfort človeka. Čiže ako už bolo vyššie spomenuté, pri posudzovaní pracovného zaťaženia človeka, je vhodné zohľadniť vzájomné spolupôsobenie všetkých pôsobiacich rizikových faktorov pracovného procesu a nie len ich samostatné vyhodnotenie. (Hnilica 2015)

## MATERIÁL A METÓDY

Pri riešení predloženej problematiky sme postupovali podľa zvolenej metodiky práce, ktorá pozostávala z nasledujúcich čiastkových cieľov, konkrétne:

- určenia vybraných rizikových faktorov,
- výberu príslušných skupín odborníkov,
- stanovenia poradia rizikových faktorov každou skupinou odborníkov,
- určenia výslednej váhy jednotlivých rizikových faktorov,
- stanovenia poradia významnosti jednotlivých rizikových faktorov.

Najčastejšie rizikové faktory pri práci v sústružníckej dielni sú: hluk, vibrácie, prašnosť, fyzická záťaž, psychická záťaž, mikroklima, osvetlenie, biologické faktory, faktor BOZP, aerosóly a ergonómia.

Skupinu odborníkov tvorili bezpečnostní technici, zdravotná pracovná služba, pracovníci v danom obore – sústružníci, majstri a tímlídri zo strojárскеj firmy, lekári a zdravotníci a študenti technicky zameraných vysokých škôl. Každú skupinu tvorilo päť odborníkov.

Odborníkom sa predložili k posúdeniu jednotlivé kritéria pričom výsledkom bude súbor vektorov váh od rôznych osôb, ktoré je možné štatisticky ďalej spracovať a získať tak jediný vektor váh, ktorý sa dá použiť ako vstup pre program MCA7. V tabuľke 1 sú uvedené vybrané vektory váh rizikových faktorov, ktoré stanovili jednotlivé osoby príslušnej skupiny.

Tabuľka 1. Vybrané poradie významnosti rizikových faktorov  
Table 1. Selected order of significance of risk factors

KRITÉRIA <sup>7</sup>	BT <sup>1</sup>		S <sup>3</sup>	MaT <sup>4</sup>	LaZ <sup>4</sup>	Š <sup>6</sup>
	poradie od 1 – 11 (od najviac po najmenej rizikové) <sup>8</sup>					
K <sub>1</sub> hluk <sup>9</sup>	5	3	1	2	3	3
K <sub>2</sub> vibrácie <sup>10</sup>	6	7	6	6	4	5
K <sub>3</sub> prašnosť <sup>11</sup>	7	6	3	9	10	4
K <sub>4</sub> fyzická záťaž <sup>12</sup>	3	11	4	8	2	2
K <sub>5</sub> psychická záťaž <sup>13</sup>	1	1	2	7	1	7
K <sub>6</sub> mikroklima <sup>14</sup>	11	8	8	10	9	10
K <sub>7</sub> osvetlenie <sup>15</sup>	8	10	7	3	5	6
K <sub>8</sub> biologické faktory <sup>16</sup>	4	9	10	4	8	8
K <sub>9</sub> faktor BOZP <sup>17</sup>	2	2	5	1	11	1
K <sub>10</sub> aerosóly <sup>18</sup>	10	4	11	11	7	9
K <sub>11</sub> ergonómia <sup>19</sup>	9	5	9	5	6	11

<sup>1)</sup> bezpečnostný technik – safety engineer, <sup>2)</sup> zdravotná pracovná služba – health work service, <sup>3)</sup> sústružník – lathe operator, <sup>4)</sup> majster a tímlíder – foreman and team leader, <sup>5)</sup> lekár a zdravotník – doctor and medic, <sup>6)</sup> študent - student, <sup>7)</sup> criteria, <sup>8)</sup> sequence of 1 – 11 (from the most to the least risk), <sup>9)</sup> noise, <sup>10)</sup> vibration, <sup>11)</sup> dustiness, <sup>12)</sup> physical load, <sup>13)</sup> mental stress, <sup>14)</sup> microclimate, <sup>15)</sup> lighting, <sup>16)</sup> biological factors, <sup>17)</sup> factor OHS, <sup>18)</sup> aerosols, <sup>19)</sup> ergonomics

Konečné určenie výsledných váh a stanovenie poradie sme spracovali pomocou softvérového balíka MCA7 (Multicriterion Analysis), ktorý pracuje na princípe metód párového porovnávania. Pre naše hodnotenie sme využili metódu Fulleroz trojuholník.

Výhodou tejto metódy je jednoduchosť vyžadovanej informácie od rozhodovateľa. Po vykonaní procesu porovnávania sa pri každom faktore zistí počet prípadov, v ktorých sa hodnotil daný faktor ako dôležitejší. Ak nebolo možné jednoznačné rozhodnutie, obidvom faktorom sa priradí početnosť 0,5. Súčet početností všetkých faktorov sa musí rovnať počtu dvojíc. Zostavením faktorov podľa ich výslednej početnosti v poradí od najvyššej k najnižšej dostaneme poradie ich dôležitosti. (Korviny 2011)

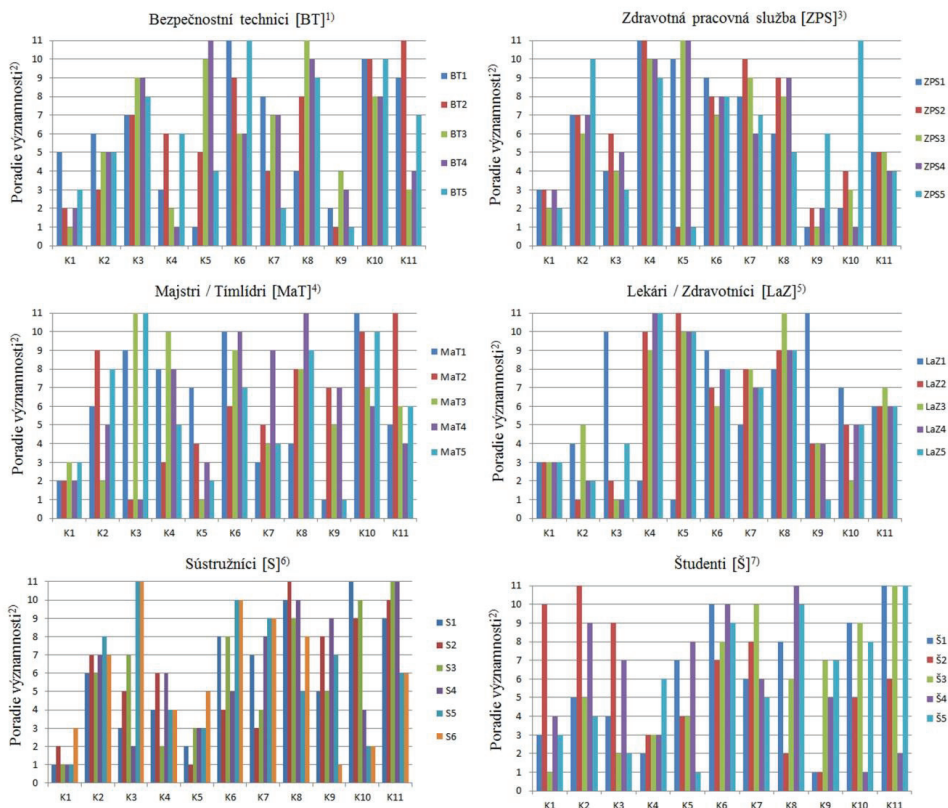
V druhom kroku možno faktory hierarchizovať pomocou metódy párového porovnávania. Vo Fullerozom trojuholníku označujeme vždy významnejší faktor z hodnotenej dvojice. V ďalšom, poslednom bode zostrojíme tabuľku hierarchizácie faktorov, kde uvedieme číslo a váhu faktorov. Podľa váhy faktorov určíme ich poradie. (Lumnitzer et al. 2007)

## VÝSLEDKY

Zhodnotenie poradie (Obr. 1) na základe vypočítaného priemeru poradie určeného príslušnými odborníkmi sme dospeli k záverom, že:

- bezpečnostní technici a zdravotná pracovná služba považovali za najviac rizikový faktor „faktor BOZP“ a za najmenej rizikový faktor bezpečnostní technici považovali „aerosóly“ a zdravotná pracovná služba považovala „fyzickú záťaž“,

- majstri a tímlídri za najviac rizikový faktor považovali „hluk“ a za najmenej rizikový faktor považovali „aerosóly“,
- lekári a zdravotníci za najviac rizikový faktor považovali „vibrácie“ a za najmenej rizikový faktor považovali „biologické faktory“,
- sústružníci za najviac rizikový faktor považovali „hluk“ a za najmenej rizikový považovali „biologické faktory“,
- študenti za najviac rizikový faktor považovali „fyzickú záťaž“ a za najmenej rizikový faktor považovali „mikroklimu“.



Obr. 1. Poradia významností rizikových faktorov

Fig. 1. Order of significance of risk factors

<sup>1</sup> safety engineer [BT], <sup>2</sup> order of significance, <sup>3</sup> health work service [ZPS], <sup>4</sup> foreman and team leader [MaT], <sup>5</sup> doctor and medic [LaZ], <sup>6</sup> lathe operator [S], <sup>7</sup> student [Š], K1 – noise, K2 – vibrations, K3 – dustiness, K4 – physical load, K5 – mental stress, K6 – microclimate, K7 – lighting, K8 – biological factors, K9 – factor OHS, K10 – aerosols, K11 – ergonomics

Poradia významnosti rizikových faktorov (varianty návrhov) na základe vypracovaných poradií 31 príslušnými odborníkmi nám čiastočne ukazujú výsledky mediánu jednotlivých variantov návrhov. Hodnota mediánu pre jednotlivé rizikové faktory sú: hluk (14,44), vibrácie (9,09), prašnosť (10,87), fyzická záťaž (9,09), psychická záťaž (12,66),

mikroklíma (5,53), osvetlenie (7,31), biologické faktory (3,74), faktor BOZP (12,66), aerosóly (7,31) a ergonómia (9,09).

Najvyššia hodnota vypočítaného mediánu bola pri hluku (14,44) a najnižšia pri biologických faktoroch (3,74). Medián alebo prostredná hodnota (znaku) alebo centrálna hodnota (znaku) je hodnota, ktorá rozdeľuje postupnosť podľa veľkosti zoradených výsledkov na dve rovnako početné polovice.

Výpočtom váh kritérií programom MC7 sme zistili, že najviac rizikovým faktorom je faktor „hluk“ s hodnotou 0,1520 a najmenej rizikovým faktorom sú „biologické faktory“ s výslednou hodnotou 0,0424 (Tab. 2).

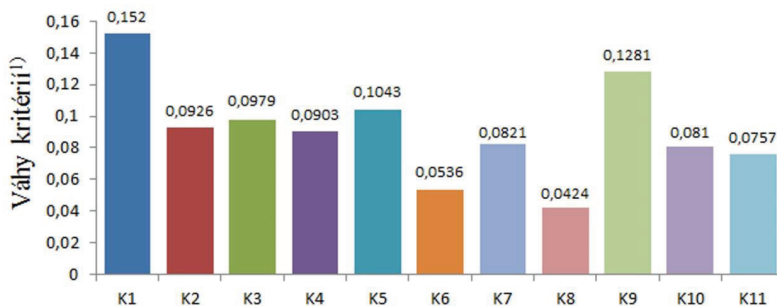
Tabuľka 2. Výsledné váhy kritérií (rizikových faktorov)

Table 2. The results weight of criteria (risk factors)

Počet kritérií <sup>1)</sup>	11	<i>Aplikovaná podmienka pre nenulové váhy kritérií pri prevode z poradia na percentá Fullerovou metódou.</i>									
Počet variant návrhov <sup>2)</sup>	31										
Poradie/Percentá <sup>3)</sup> = 1/0	1										
		<i>Súčet výsledných váh kritérií je rovný 100%, resp. 1.<sup>6)</sup></i>									
Kritéria <sup>4)</sup>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>	K <sub>9</sub>	K <sub>10</sub>	K <sub>11</sub>
Váhy určené z poradia <sup>5)</sup>	0,1520	0,0926	0,0979	0,0903	0,1043	0,0536	0,0821	0,0424	0,1281	0,0810	0,0757

<sup>1)</sup> number of criteria, <sup>2)</sup> number of proposition alternatives, <sup>3)</sup> order/percent, <sup>4)</sup> criteria, <sup>5)</sup> determine weight for order, <sup>6)</sup> Applied condition for the non-zero weight of the criteria for the transfer of the order to a percentage Fuller method. The sum of final weights of the criteria is equal to 100%, resp. 1, K1 – noise, K2 – vibrations, K3 – dustiness, K4 – physical load, K5 – mental stress, K6 – microclimate, K7 – lighting, K8 – biological factors, K9 – factor OHS, K10 – aerosols, K11 – ergonomics

Grafické znázornenie váh kritérií je znázornené na obrázku 2. Z obrázka 2 je možné vidieť výsledné poradie rizikivosti jednotlivých faktorov pôsobiacich na človeka v sústružníckej dielni.



Obr. 2. Hodnoty váh rizikových faktorov

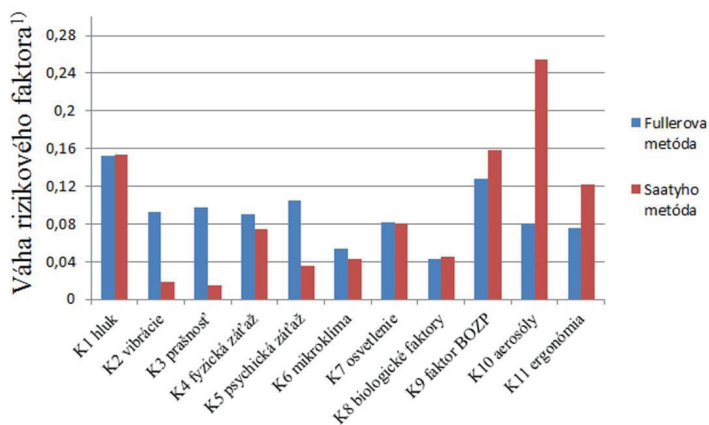
Fig. 2 The values of weights of risk factors

<sup>1)</sup>weight of criteria, K1 – noise, K2 – vibrations, K3 – dustiness, K4 – physical load, K5 – mental stress, K6 – microclimate, K7 – lighting, K8 – biological factors, K9 – factor OHS, K10 – aerosols, K11 – ergonomics

## DISKUSIA A ZÁVER

Organizácie sa v súčasnej dobe nemôžu spoliehať na fakt, že ich produkty dosiahnu udržateľný úspech a budú konkurencieschopné bez podpory všetkých organizačných súčastí. Na výrobu v súčasnosti vplyva nespočetné množstvo faktorov, ktoré ovplyvňujú kvalitu výrobného procesu, a tým samotného výsledného produktu. Pre zabezpečenie týchto podmienok je dôležité vytvoriť vhodné pracovné prostredie, ako kombinácie ľudských a fyzikálnych faktorov. Vhodné pracovné prostredie podporuje produktivitu, kreativitu a celkovú pohodu ľudí pri práci. Pracovné prostredie a jeho kvalita musí byť v súlade s aplikovateľnými požiadavkami zákonov a predpisov, z dôvodu zohľadnenia požiadaviek noriem.

Využitím multikriterálnej analýzy prostredníctvom Fullerovej metódy, sme dosiahli výsledky váh jednotlivých rizikových faktorov pôsobiacich na človeka v sústružnickej dielni. Vybrané hlavné kritéria boli v počte 11, pričom varianty návrhov v počte 31. Vychádzajúc z týchto výsledkov sme sa snažili ďalej ich porovnať s už existujúcou multikriteriálnou analýzou spracovanou autormi (Oslancová 2013; Hnilica 2015), ktorý tento výpočet realizovali použitím Saatyho metódy výpočtu váh kritérií (Obr. 3).



Obr. 3. Porovnanie výsledkov Fullerovej a Saatyho metódy

Fig. 3. Comparison of the results of Fuller and Saaty method

<sup>1)</sup> weight of risk factor, K1 – noise, K2 – vibrations, K3 – dustiness, K4 – physical load, K5 – mental stress, K6 – microclimate, K7 – lighting, K8 – biological factors, K9 – factor OHS, K10 – aerosols, K11 – ergonomics

Porovnaním výsledkov oboch metód multikriteriálnej analýzy a to Fullerovej a Saatyho metódy, sme zistili že pri Fullerovej analýze bol považovaný za najviac rizikový a s najväčšou významnosťou faktor hluk (0,1520) a druhý v poradí bol faktor BOZP (0,1281). Pri výsledkoch realizovaných pomocou Saatyho metódy, bol z najväčšou významnosťou považovaný faktor aerosóly (0,254) a druhý v poradí faktor BOZP (0,159). Vo výsledkoch našej analýzy, bol za najmenej významný a rizikový faktor určený biologický faktor (0,0424), na rozdiel od výsledkov Saatyho metódy, kde bol za najmenej

rizikový určený faktor prašnosť (0,015). Hodnota hluku bola pri oboch metódach skoro rovnaká pri Fullerovej metóde bola hodnota 0,152 a pri Saatyho metóde 0,154. Najväčší rozdiel medzi hodnotami jednotlivých metód je pri faktore aerosóly a to konkrétne pri Fullerovej metóde je hodnota menšia o 0,173.

Uvedené rozdiely vo výsledkoch môžeme pripísať subjektívite názorov jednotlivých posudzovateľov. Zároveň si však musíme z daných výsledkov uvedomiť dôležitosť prvotného informovania hodnotiteľov, ako majú pristupovať k hodnoteniu a tiež opísať presnú pracovnú činnosť. Nepresnosť v inštrukciách si môžeme ukázať na rizikovom faktore aerosóly, kde pri jednom hodnotení vyšiel ako najvýznamnejší a pri druhom naopak bol jedným z najmenej významných. Uvedený fakt sme si pri konečnom zhodnotení uvedomili z dôvodu sprostredkovaných informácií pri vyplňaní hodnotiacich formulárov. Tomuto je nutné sa v budúcnosti vyvarovať.

Na záver môžeme poznamenať, že predložený príspevok je prínosom pre zamestnávateľov a majiteľov firiem so zameraním na kovoobrábanie. Výsledky môžu slúžiť ako vstupné informácie pre zlepšenie pracovného prostredia zamestnancov v sústružníckych dielňach z dôvodu rozanalyzovania významnosti jednotlivých rizikových faktorov pôsobiacich na človeka.

## LITERATÚRA

- ANDREJIOVÁ, M., PIŇOSOVÁ, M., LUMNITZER, E., MORAVEC, M. 2012. Využitie AHP metódy pri určovaní váh vplyvu faktorov na kvalitu pracovného prostredia. In *Fyzikálne faktory prostredia*. Roč. 2, mimoriadne č. (2012), s. 103-106. ISSN 1338-3922.
- HNILICA, R. 2011. Návrh spôsobu hodnotenia kombinovaných účinkov rizikových faktorov. In *Acta facultatis technicae : vedecký časopis Fakulty environmentálnej a výrobnjej techniky*. - Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2011. ISSN 1336-4472, 2011, roč. 16, č. 2, s. 31-37. roč. 16, 2011, č. 2, s. 31-37.
- HNILICA, R. 2015. Komplexné hodnotenie účinkov výrobných systémov na človeka. Habilitačná práca, KVTMK FEVT TU Zvolen, 2015. - 119 s.
- HNILICA, R., JANKOVSKÝ, M., DADO, M., MESSINGEROVÁ, V. 2013. Experimental evaluation of combined effects of risk factors in work environment. In *Engineering for rural development : 12th international scientific conference*. - Jelgava : Latvia University of Agriculture, 2013. ISSN 1691-5976, p. 577-583.
- HRICOVÁ, B., LUMNITZER, E., PIŇOSOVÁ, M. 2015. Multi-criteria Method as a Tool of a Products Evaluation. In *Annals of Faculty Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering*. Vol. 13, no. 4 (2015), p. 171-174. ISSN 1584-2673.
- KORVINY, P. 2011. Teoretické základy vícekriteriálního rozhodování. [online]. [cit.2016-06-11]. Dostupné na internete: <[http://korviny.cz/mca7/soubory/teorie\\_mca.pdf](http://korviny.cz/mca7/soubory/teorie_mca.pdf)>
- LUMNITZER, E., GOGA BODNÁROVÁ, A. 2014. Fyzikálne faktory v obytnom prostredí. In *Fyzikálne faktory prostredia : časopis o problematike fyzikálnych faktorov prostredia*. ISSN 1338-3922, 2014, roč. 4, mimoriadne číslo, s. 58-65.
- LUMNITZER, E., BADIDA, M., ROMÁNOVÁ, M. 2007. Hodnotenie kvality prostredia. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2007. 277s. ISBN 978-80-8073-836-5.
- LUMNITZER, E., PIŇOSOVÁ, M., HRICOVÁ, B. 2015. Metodológia komplexného hodnotenia zdravotných rizík v priemysle 1. MUSKA sp. Z o.o., 2015. 240 s. ISBN 978-83-938890-0-6.
- LUMNITZER, E., ROMÁNOVÁ, M. 2004. Trendy v oblasti ochrany zdravia v pracovnom prostredí priemyselných prevádzok. In *Strojárstvo*. č. 4 (2004). s. 55. ISSN 1335-2938.

- OSLANCOVÁ, K. 2013. Komplexné posúdenie kvality pracovného prostredia. Diplomová práca. FEVT, TU vo Zvolene, s. 82. FEVT-5759-11103.
- PIŇOSOVÁ, M., ANDREJIOVÁ, M., HRICOVÁ, B., LIPTAI, P. 2014. Risk assessment in the environment. In 5th ICEEE-2014 International Conference : Global Environmental Change and Population Health : Progress and Challenges : Budapest, Hungary. : Óbuda University, 2014, ISBN 978-615-5460-26-5 p. 331-339.
- SABLIK, J. 1990. Ergonómia. Vydavateľstvo SVŠT, Bratislava: 1990. 213 s. ISBN 80-227-0299-4.

*Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia vedeckého grantového projektu KEGA 008TU Z-4/2016 „Nové formy a metódy výučby v oblasti bezpečnosti strojových zariadení“*

**Kontaktná osoba:**

doc. Ing. Richard Hnilica, PhD., tel.: +421 45 5206 596, e-mail:hnilica@tuzvo.sk



## VÝVOJ NADSTAVIEB PRE HASENIE LESNÝCH POŽIAROV ADAPTOVANÝCH NA TERÉNNÝCH OSOBNÝCH AUTOMOBILOCH

### DESIGN OF BODIES SYSTEMS FOR FIRE-FIGHTING OF FOREST FIRES ADAPTED TO OFF-ROADERS

Michaela Hnilicová<sup>1</sup>, Ivan Chromek<sup>2</sup>, Richard Hnilica<sup>3</sup>, Valéria Messingerová<sup>1</sup>

*1Katedra lesnej ťažby, logistiky a meliorácií, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, SR, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, michaela.hnilicova@gmail.com, messingerova@tuzvo.sk*

*2Katedra protipožiarnaей ochrany, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, SR, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, chromek@tuzvo.sk*

*3Katedra výrobnей techniky a manažmentu kvality, Fakulta výrobnей a environmentálnej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, SR, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, hnilica@tuzvo.sk*

**ABSTRACT:** An important role in manage the forest fires in difficult terrain is mobile fire equipment. In this time in such conditions is lack of representation techniques which meets its design technical and fire protection requirements to ensure sufficient fire-fighting of forest fires. For that reason we have focused on a technique that has widest representation in the Fire and Rescue Service of the Slovak Republic. The Fire and Rescue Service of the Slovak Republic as easy to use off-road vehicles Nissan Navara and Land Rover Defender. The result is the design and construction of the fire bodywork for those vehicles, thereby widening their usefulness for fire-fighting forest fires.

**Key words:** mobile fire equipment, off-roader, fire bodywork, difficult terrain, forest fires

**ABSTRAKT:** Dôležitú úlohu pri zdolávaní lesných požiarov v neprístupnom teréne zohráva mobilná hasičská technika, tzv. lesné špeciály. V súčasnej dobe je v takýchto podmienkach nedostatočné zastúpenie techniky, ktorá by spĺňala svojim prevedením lesotechnické a protipožiarna požiadavky na zabezpečenie dostatočného hasenia uvedených požiarov. Z tohto dôvodu sme sa zamerali na techniku, ktorá má najširšie zastúpenie v Hasičskom a záchrannom zbore SR. V Hasičskom a záchrannom zbore SR sa ako ľahké terénne automobily využívajú hlavne Nissan Navara a Land Rover Defender. Výsledkom je následne návrh hasičských nadstavieb pre uvedené automobily, čím sa rozšíri ich využiteľnosť aj na hasenie lesných požiarov.

**Kľúčové slová:** mobilná hasičská technika, terénny automobil, hasičská nadstavba, neprístupný terén, lesné požiare

## ÚVOD

Charakteristika požiaru je definovaná v legislatíve SR, Zákonom č. 314/2001 Z. z. o ochrane pred požiarimi a Vyhláškou MV SR č. 121/2002 Z. z. o požiarnej prevencii v aktuálnom znení od 01.09.20015. Podľa citovanej legislatívy sa za požiar považuje každé nežiaduce horenie, pri ktorom vznikajú škody na majetku, životnom prostredí, alebo ktorého následkom je usmrtená alebo zranená fyzická osoba alebo uhynuté zviera. Požiar je tiež nežiaduce horenie, pri ktorom sú ohrozené životy alebo zdravie fyzických osôb, zvieratá, majetok alebo životné prostredie.

Slovenská republika sa rozprestiera na ploche 49 035 km<sup>2</sup>. Zaraduje sa medzi európske krajiny s najvyššou lesnatosťou. Výmera lesných pozemkov v Slovenskej republike podľa lesného hospodárstva v roku 2014 bola 2 014 259 ha, z toho porastovej pôdy 1 941 992 ha, čiže lesnatosť dosiahla 41 %. V lesoch Slovenska prevládajú z hľadiska drevinovej skladby dreviny listnaté 61,85 %, dreviny ihličnaté tvoria 38,15 %. Najväčšie zastúpenie má buk (33 %), smrek (23,7 %), dub (10,6 %) a borovica (6,8 %). (Zelená správa 2015)

Z aspektu ochrany lesa lesný požiar predstavuje najdrastickejší spôsob ničenia lesov. Má obrovský dopad na celý lesný ekosystém, predovšetkým rastliny a živočíchy tu žijúce. Z technického hľadiska ide o náhlu, čiastočne alebo úplne neovládanú časovo a priestorovo ohraničenú mimoriadnu udalosť, ktorá má nepriaznivý dopad na všetky spoločenské funkcie lesa (produkčné i mimoprodukčné). Je to komplex fyzikálno-chemických javov, ktorých základom sú nestacionárne procesy (meniace sa v priestore a čase) horenia, výmeny plynov a prenosu tepla. (Hlaváč a Chromek 2015)

Vo všeobecnosti môžeme konštatovať, že príčinou vzniku lesného požiaru sú predovšetkým prírodné podmienky a samotný človek. V európskych štátoch sa ľudský faktor podieľa na vzniku požiarov od 80 – 98 %. Tieto najčastejšie vznikajú z nedbanlivosti, nedodržovania protipožiarneho opatrení, či podcenení požiarneho nebezpečenstva pri používaní otvoreného ohňa – vypaľovanie trávy, pálenie haluziny, kladenia ohňa, fajčenie a hra detí so zápalkami.

Vychádzajúc zo štatistiky (Štatistická ročenka 2013), v súčasnej dobe nedošlo k výraznému poklesu rizika vzniku lesných požiarov, čo je spôsobené hlavne týmito faktormi:

- nárastom lesných plôch postihnutých kalamitou spôsobenou podkôrnym hmyzom, ktorá presahuje dôsledky vetrovej kalamity z roku 2004,
- podcenením faktorov zistených v období do roku 2007,
- nedostatkom finančných prostriedkov pre dôsledný monitoring (letecký, pozemný), zameraný na včasné zistenie lesných požiarov v počiatočnom štádiu ich vzniku,
- nevybudovanie dostatočne hustej lesnej dopravnej siete v rizikových lokalitách z rôznych dôvodov,
- stálym nedostatkom pozemnej hasiacej techniky, určenej na lokalizáciu a likvidáciu lesných požiarov v nedostupných horských terénoch Slovenska.

Na základe uvedených výsledkov môžeme konštatovať, že hlavne posledné tri faktory majú zásadný vplyv na rozsah lesného požiaru, ktorý sa odvíja od neskorého zistenia vzniku lesného požiaru a problému dostupnosti terénu pre zásah hasičských jednotiek.

Treba si uvedomiť, že lesné požiare na Slovensku sa často vyskytujú na lokalitách neprístupných pre hasičskú techniku, s nedostatočnými resp. nevhodnými zdrojmi vody pre hasenie. Uvedené skutočnosti vychádzajú zo štatisticky spracovaných údajov požiarov

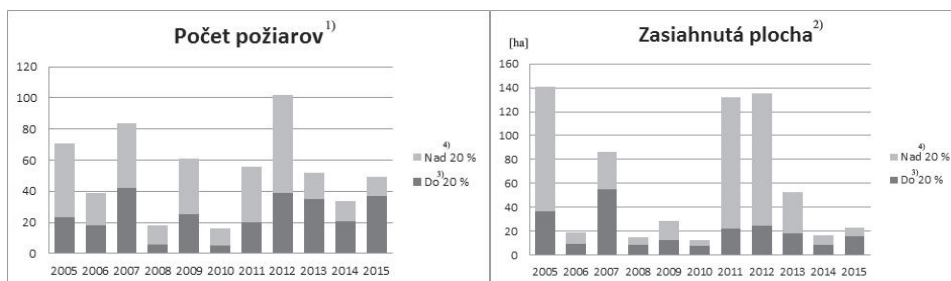
v štátnych lesoch SR za posledných 10 rokov. Výsledky sú prezentované na obrázku 1 a v tabuľke 1.

Tabuľka 1. Požiare v štátnych lesoch SR v rokoch 2005 až 2015

Table 1. Fires in state forests SR in the years 2005 to 2015

sklon terénu <sup>1</sup>	lesné požiare (2005 – 2015) <sup>2</sup>			
	počet <sup>3</sup>	čas požiaru (h) <sup>4</sup>	zasiahnutá plocha (ha) <sup>5</sup>	škoda na poraste (Eur) <sup>6</sup>
do <sup>7</sup> 20 (%)	271	1 572	221,134	470 941
nad <sup>8</sup> 20 (%)	311	5 764	439,822	2 423 294

<sup>1</sup>) angle of slope, <sup>2</sup>) forest fires, <sup>3</sup>) number, <sup>4</sup>) time of fire, <sup>5</sup>) affected area, <sup>6</sup>) damage to vegetation, <sup>7</sup>) into, <sup>8</sup>) over



Obr. 1. Požiare v štátnych lesoch SR v rokoch 2005 až 2015

Fig. 1. Fires in state forests SR in the years 2005 to 2015

<sup>1</sup>) the number of fires, <sup>2</sup>) affected area, <sup>3</sup>) into, <sup>4</sup>) over

K základným podmienkam úspešnej lokalizácie a likvidácie požiaru patrí nepretržitá dodávka hasiacej látky. Bez tejto podmienky sa nezaobíde ani hasenie jedných z najzložitejších požiarov, ku ktorým patria lesné požiare. Lesný požiar v sebe skrýva veľa neznámych veličín. Správne definovanie týchto veličín je na samotnom veliteľovi zásahu. Jednou takouto veličinou sú vodné zdroje a doprava vody na hasenie lesného požiaru. Z uvedeného vyplýva nutnosť hľadania možností zabezpečenia vody a jej dopravy v náročných podmienkach lesnej prevádzky, za pomoci dostupnej techniky pri jej vhodnej adaptácii na hasenie lesných požiarov.

Hasičský a záchranný zbor Slovenskej republiky (ďalej HaZZ SR) v súčasnej dobe používa ako lesné špeciály automobily značky Tatra 815-7, Mercedes Unimog a štvorkolky resp. šesťkolky značky Polaris Ranger. Pojem lesný špeciál je definovaný v Pokyne prezidenta HaZZ SR číslo 37/2004.

Jedným z hlavných prvkov hasičských automobilov je nádrž na vodu. Nádrže bývajú rôznych materiálov (plast, kov, kompozit) od čoho závisí aj jej hmotnosť. Z tohto dôvodu sa nám javil ako najvhodnejší materiál kompozit (sklolaminát).

Kompozity ako konštrukčné materiály nachádzajú uplatnenie nielen v letectve, ale aj v iných priemyselných odvetviach. K hlavným výhodám týchto materiálov patria nižšia hmotnosť a vyššia tuhosť štruktúry. Sú však citlivé na poškodenie nárazom, cudzím objek-

tom i na nadmerné zaťaženie. Z tohto dôvodu im treba venovať zvýšenú pozornosť, najmä z hľadiska životnosti a spoľahlivosti. (Dobáková a Kisely 2016)

Kompozitné materiály vznikajú kombináciou už existujúcich materiálov a využitím poznatkov fyzikálnej metalurgie. Skladajú sa z najmenej dvoch zložiek. Prvá spojité zložka – matrica – slúži ako spojivo, sekundárna nespojitá zložka (disperzné častice, vlákna alebo vrstvy) majú spevňujúcu funkciu. Majú výborné mechanické vlastnosti a preto sa začali aplikovať vo všetkých priemyselných odvetviach. Hlavnou nevýhodou kompozitov je ich vysoká cena a náročná výroba. (Kender 2013) Pre kompozity sú vyrábané vlákna sklenené, uhlíkové, polymérne, keramické a kovové (Macek 2003).

Kompozitné profily sa vyrábajú metódou pultrôzneho ťaženia zo živice a výstuže. Ako matrice sa pri výrobe najčastejšie používa polyesterová živica, pre špeciálnu aplikáciu sa používajú živice epoxidové, vinylesterové, fenolické a tiež polyuretán. Ako výstuž sa najčastejšie využívajú sklenené vlákna alebo v menšom množstve tiež uhlíkové. Podľa požadovaných výsledných vlastností profilu sa môžu použiť vlákna priame (tzv. rovingy), rôzne typy rohoží alebo tkanín, príp. ich vzájomná kombinácia.

Výhody kompozitných materiálov spočívajú spravidla hlavne v ich hmotnosti. Pri podiele pevnosti a hustoty kompozit predbehne oceľ mnohonásobne. Dôležitou vlastnosťou kompozitov je anizotropia, tj. odlišné mechanické vlastnosti pre rôzne smery zaťaženia (Kořínek 2016). Pre zložitejšie zaťaženia sa používajú kompozity zložené z viacerých vrstiev s rôznou orientáciou vlákien alebo vystužené tkaninou.

Kompozitné materiály sa výraznejšie nedeformujú (ich hranica elasticity zodpovedá medzi pevnosti). Majú veľmi vysokú medzu únavy a sú stabilné a spoľahlivé. Okrem vynikajúcich mechanických a pevnostných charakteristík majú kompozitné materiály absolútnu odolnosť proti korózii aj v agresívnom prostredí, vrátane UV žiarenia a výborné tepelné izolačné vlastnosti (Kořínek 2016). Hlavnou nevýhodou kompozitných materiálov je veľakrát ich vysoká cena.

Cieľom práce je návrh ľahkých hasičských nadstavieb na existujúcu mobilnú techniku používanú v HaZZ SR, čím by sme chceli dosiahnuť zvýšenie zastúpenia hasičskej techniky pre hasenie lesných požiarov v neprístupných terénoch. Pri návrhoch budeme vychádzať z predpokladu, že zastúpenie takejto techniky je nízke. Hlavne chýba technika, ktorá by bola schopná v zložitých terénnych podmienkach lesa dopraviť vodu v objemoch 400 – 1000 l. Jednou z podmienok je využitie existujúcej mobilnej techniky HaZZ SR.

## MATERIÁL A METÓDY

HaZZ SR v dnešnej dobe disponuje ľahkými terénnymi osobnými automobilmi, ktorých výbava nadstavby nie je postačujúca pre podmienky hasenia lesných požiarov v neprístupných terénoch. Konkrétne sa jedná o automobily značiek Nissan Navara a Land Rover Defender 130 s ložnou plochou. Nissan Navara je v počte 45 kusov a Land Rover Defender 130 v počte 6 kusov. Tieto automobily majú veľmi vynikajúce využitie pri zásahoch a mimoriadnych udalostiach rôznych typov, vďaka výbornej priechodnosti náročným terénom. Ložná plocha, ktorá je na týchto automobiloch, sa využíva na prevoz rôzneho materiálu (vybavenie pre jazierkový systém hasenia lesných požiarov, horolezecký a speleologický materiál, materiál na zriadenie veliteľského štábu, protipovodňový materiál) na rozvoz stravy, priblíženie ranených osôb k sanitnému vozidlu a taktiež na vyhľadávanie osôb v náročnom teréne. (Hudáč 2016)

Navrhované nadstavby zvýšia využitelnosť uvedených automobilov na hasenie lesných požiarov, monitorovanie požiariska a monitorovanie v čase zvýšeného nebezpečenstva vzniku požiarov.

Pri návrhu nadstavby sme vychádzali z predpokladu, že pri využití užitočnej nosnosti terénnych osobných automobilov používaných v HaZZ SR a pôdohospodárstve SR, je možné do nadstavby umiestniť 400l hasiacej látky, využiteľnej pre hasenie lesných požiarov. Potom pri výbere typu automobilu pre návrh nadstavby sme vychádzali z troch základných kritérií:

- dostupnosť automobilov v rámci HaZZ SR, ale aj v sektore lesného hospodárstva,
- prejazdnosť v strednom a ťažkom teréne,
- rezerva v užitočnej nosnosti minimálne 800 kg pre potrebu splnenia cieľa práce.

Základnou podmienkou pre návrh nadstavby je využitie rezervy užitočnej hmotnosti s dôrazom na:

- ťažisko vozidla, v závislosti na zmene jazdných vlastností,
- pevnostné charakteristiky použitých materiálov pre jednotlivé časti nadstavby,
- voľba typu čerpadla,
- voľba vecných prostriedkov, zvyšujúcich účinnosť využiteľnosti nadstavby pre hasenie lesných požiarov a monitorovanie,
- návrh a náčrt rozmerov nadstavby, vzhľadom na rozmery ložnej plochy automobilov,
- návrh nádrže na vodu z minimálnym objemom vody 400 l,
- návrh a náčrt vlnolamov do nádrže nadstavby,
- pevnostnú a deformačnú analýzu nádrže nadstavby,
- návrh ochranného rámu nadstavby,
- určenie hmotnosti nadstavby.

## VÝSLEDKY

Navrhnuté hasičské nadstavby sú konštruované a prispôbené parametrom zvolených automobilov, pričom budú umiestnené na ložnej ploche týchto automobilov. Nadstavby budú ďalej mobilné, čiže sa z ložnej plochy automobilov budú dať demontovať. Svojím vybavením navrhnuté zariadenie bude spĺňať potreby pre zásahy pri lesných požiaroch a monitorovaní lesných porastov. Navrhnutým konštrukčným riešením sme zabezpečili podmienku neprekročenia užitočnej nosnosti vozidiel. Štúdiom a prieskumom sme sa dopracovali k záveru, že navrhnuté nadstavby budú mať nasledovné základné parametre:

- rovnaký konštrukčný materiál nádrže,
- rýchlu montáž a demontáž na ložnú plochu automobilu,
- čo najväčší možný objem vody, z hľadiska nosnosti automobilu,
- navrhnutý vlnolam, pre zachovanie jazdných vlastností automobilu,
- motorové čerpadlo.

Nadstavbu na automobil Nissan Navara sme navrhli iba v jednom vyhotovení. Táto nadstavba má, ako vecný prostriedok pre hasenie lesných požiarov, navrhnutý len prietokový navijak. Vecné prostriedky pre hasenie lesných požiarov nie sú zahrnuté vo výbave nadstavby z hľadiska neprekročenia užitočnej nosnosti automobilu Nissan Navara. Preprava nadstavby je určená len na ložnej ploche automobilu. Nadstavba na automobil Nissan Navara teda pozostáva z:

- nádrže na vodu,
- motorového čerpadla s vybavením,
- prietokového navijaka.

Nadstavbu pre automobil Land Rover Defender 130 sme navrhli v dvoch variantoch (variant A a B), z dôvodu rozličného vybavenia vecnými prostriedkami. Preprava nadstavby je oproti predošlej nadstavbe rozšírená o prepravu v podvese vrtuľníka. Pre rozšírenie prepravy nadstavby v podvese vrtuľníka, musí mať nadstavba navrhnutý ochranný rám, ktorý umožní túto možnosť prepravy a zároveň ochráni nádrže nadstavby pred mechanickým poškodením pri preprave v podvese vrtuľníka. Nadstavba na automobil Land Rover Defender 130 teda pozostáva z:

*variant A*

- nádrže na vodu,
- ochranného rámu nadstavby,
- motorového čerpadla s vybavením,
- boxu s vecnými prostriedkami (hadice C, D; prúdnice; rozdeľovač; prechody typu C – D, sekeromotyka).

*variant B*

- nádrže na vodu,
- ochranného rámu nadstavby,
- motorového čerpadla s vybavením,
- prietokového navijaka.

Pre potreby nadstavby bolo potrebné zvoliť základný materiál nádrže na vodu, ktorá by bola odolná voči prípadným nárazom a zároveň bola čo najľahšia. Vychádzajúc z týchto potrieb a vzájomných konzultáciách s výrobcami rôznych nádrží sme pre náš prípad vybrali kompozitné materiály. Kompozitné materiály sú medzi širokou verejnosťou známe ako sklolaminátové (uhlíkové) materiály, pričom profil môže mať rôzne tvary. Konkrétne pre náš prípad sa jedná o kompozitný materiál zloženého Norpol 440-M750 (stredne reaktívna orthoftálová polyesterová prírodná živica) s rohožou Vetrotex M4-450. Mechanické vlastnosti vytvrdenej prírodnej živice s rohožou sú uvedené v tabuľke 2.

Tabuľka 2. Mechanické vlastnosti kompozitu (PLASTIMA Topoľčany s.r.o. 2016)

Table 2. The mechanical composite properties

Konštrukcia kompozitu <sup>1)</sup> Vlastnosti <sup>2)</sup>	čistá prírodná živica <sup>3)</sup>	Rohož <sup>4)</sup>			rohož / tkanina <sup>5)</sup>
Obsah skla <sup>6)</sup> [% hm]	–	25 – 30	30 – 35	35 – 40	45 – 50
Pevnosť v ťahu <sup>7)</sup> [MPa]	50	75	95	120	200
E modul v ťahu <sup>8)</sup> [MPa]	4600	7700	8700	9500	14500
Protažení <sup>9)</sup> [%]	1,6	2,4	2,3	2,3	2,3
Pevnosť v ohybe <sup>10)</sup> [MPa]	90	145	165	190	260
E modul v ohybe <sup>11)</sup> [MPa]	4000	6700	7400	8200	10500
Rázová húževnatosť <sup>12)</sup> [mJ.mm <sup>-2</sup> ]	5,0 – 6,0	80	90	100	125
Objemové zmrštenie <sup>13)</sup> [%]	5,5 – 6,5	–	–	–	–
Tvarová stálosť za tepla <sup>14)</sup> [°C]	62	–	–	–	–

<sup>1)</sup> composite structure, <sup>2)</sup> properties, <sup>3)</sup> pure resin, <sup>4)</sup> mat, <sup>5)</sup> mat / fabric, <sup>6)</sup> glass content, <sup>7)</sup> tension strength, <sup>8)</sup> E modulus in tension, <sup>9)</sup> extension, <sup>10)</sup> bending strength, <sup>11)</sup> E modulus in bending, <sup>12)</sup> impact strength, <sup>13)</sup> volumetric strain, <sup>14)</sup> heat-resisting property

### Hasičská nadstavba pre automobil Nissan Navara

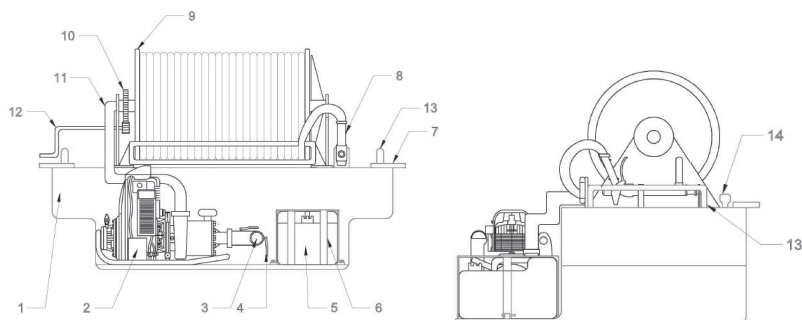
Pri návrhu nadstavby sme vychádzali z parametrov vozidla, pričom základné podmienky pre konštrukčný návrh tejto nadstavby na vozidlo Nissan Navara boli:

- čo najväčší možný objem vody v nadstavbe,
- vybavenie nadstavby, potrebné pre hasenie lesných požiarov, monitorovanie požiariska a lesných porastov v čase zvýšeného nebezpečenstva vzniku požiarov,
- rýchla montáž a ukotvenie nadstavby na ložnú plochu automobilu.

Po stanovení podmienok pre konštrukčný návrh nadstavby a vzhľadom na nosnosť tohto vozidla, bola nadstavba navrhnutá nasledovne:

- objem vody cca 400l,
- vybavenie nadstavby (vysokotlakové motorové čerpadlo a prietokový navijak),
- princíp ukotvenia nadstavby na ložnú plochu automobilu je podobný ako pri nádržiach dodávaných k štvorkolkám,
- manipulácia s nádržou (prenášanie nádrže, zdvíhanie nádrže) pomocou rukovätí.

Nádrž nadstavby je z materiálu sklolaminát hrúbky 5 mm. Hasičská nadstavba (Obr. 2) bola navrhnutá na ložnú plochu automobilu tak, že dno nádrže je umiestnené medzi blatníkmi, steny nádrže kopírujú blatníky, pokračujú okolo bočnej ložnej plochy a sú ukončené zároveň s vrchnou hranou bočníc. Prítok vody do nádrže je riešený cez nasávaciu rúru čerpadla. Na nasávacej rúre čerpadla sú umiestnené guľové ventily, pomocou ktorých ovláda-me vodu, ktorú nasáva čerpadlo. Pomocou nasávacej rúry je nádrž nadstavby napúšťaná.

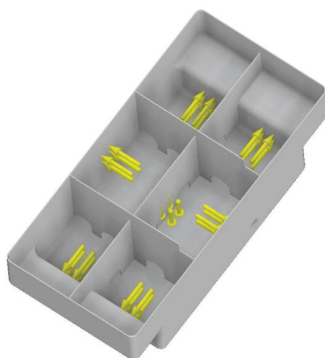


Obr. 2. Hasičská nadstavba na Nissan Navara

Fig. 2. Fire bodywork for Nissan Navara

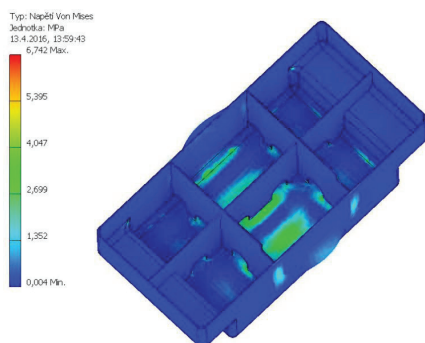
(1) nádrž nadstavby/tank of bodywork, (2) čerpadlo/pump, (3) napúšťacie a nasávacie potrubie/admission and intake line, (4) guľové ventily/spherical valve, (5) nádrž na benzín/gas tank, (6) ukotvenie + ochranný rám na nádrže s benzínom/anchoring + protective frame for the gas tank, (7) ukotvenie nadstavby/anchoring of bodywork, (8) vysokotlaková prúdnicia/high pressure line of flow, (9) prietokový navijak/flow winch, (10) prevodovka navijaku/transmission of winch, (11) privodné potrubie/admission line, (12) rukoväť na navíjanie prietokovej hadice/winding handle on the flow tube, (13) rukoväť na dvíhanie nádrže/handle on lift tank, (14) odvzdušňovací ventil/air eliminator

Dôležitou časťou pri návrhu nádrže je napätovo-deformačná analýza modelu nádrže, ktorá bola vykonaná v programe Autodesk Inventor Professional 2016 (študentská verzia). Model bol zaťažovaný vlastnou tiažou vody, pôsobiacou v smere kolmom na dno nádrže a tlakovou silou vody, pôsobiacou na bočné steny nádrže (Obr. 3). Vo výsledku sme sledovali dve základné mechanické vlastnosti, konkrétne pevnosť/únosnosť (kontrola napätí) a deformáciu (posunutie).

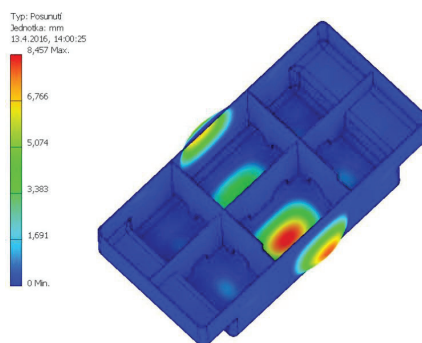


Obr. 3. Zaťaženie nádrže pre nadstavbu Nissan Navara  
 Fig. 3. Load of tank for the bodywork Nissan Navara

Na obrázku 4 sú znázornené výsledné napätia zaťažovanej nádrže a na obrázku 5 sú znázornené jej možné deformácie.



Obr. 4. Pevnostná analýza nádrže pre Nissan Navara  
 Fig. 4. Stress analysis of the tank for Nissan Navara



Obr. 5. Deformácia na nádrži pre Nissan Navara  
 Fig. 5. Deformation of the tank for Nissan Navara

### Hasičská nadstavba pre automobil Land Rover Defender

Pri návrhu nadstavby sme vychádzali z rovnakých podmienok ako pri nadstavbe na vozidlo Nissan Navara pričom podmienky pre návrh boli rozšírené o možnosť prevozu nadstavby na miesto lesného požiaru v podvese vrtníka.

Po určení podmienok pre návrh nadstavby na automobil Land Rover Defender a vzhľadom na nosnosť tohto vozidla, bola nadstavba navrhnutá nasledovne:

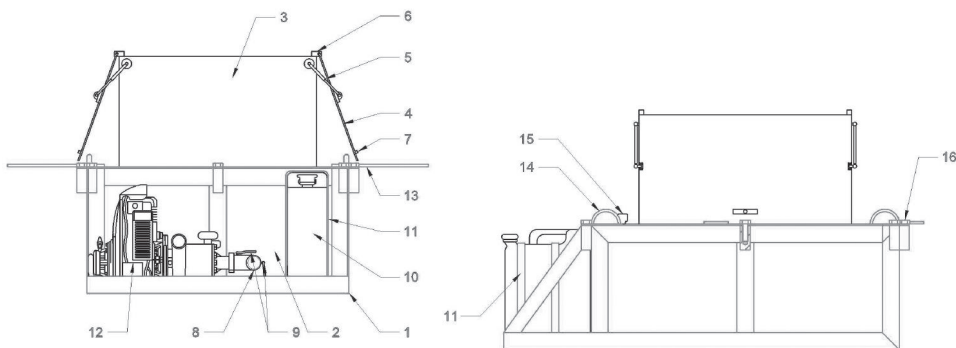
- objem vody cca 610l,
- vybavenie nadstavby (vysokotlakové motorové čerpadlo, box s vecnými prostriedkami na hasenie lesných požiarov vo variante typu A, prietokový navijak vo variante typu B),



- princíp ukotvenia nadstavby na ložnú plochu automobilu ako pri nádržiach dodávaných k štvorkolkám,
- ochranný rám, ktorý zabezpečí manipuláciu z nadstavbou (prenášanie nádrže, zdvíhanie nádrže) a prevoz nadstavby v mieste lesného požiaru v podvese vrtuľníka.

#### Návrh koncepcie nadstavby variantu A

Nadstavba typu A pre Land Rover Defender je špeciálne upravená na hasenie lesných požiarov. Tento typ nadstavby je navrhnutý s boxom, v ktorom budú uložené vecné prostriedky na hasenie lesných požiarov a s kovovým ochranným rámom, ktorý umožní jej prevoz v podvese vrtuľníka, kde musí odolávať dynamickému namáhaniu a nárazom pri ukladaní vrtuľníkom na zem (Obr. 6). Daný typ nadstavby je riešený tak, že automobil sa dostane na najvyššie možné miesto, čo najbližšie k požiaru a následne sa od automobilu ťahajú hasiace linky alebo sa automobil zapojí do jazierkového systému.



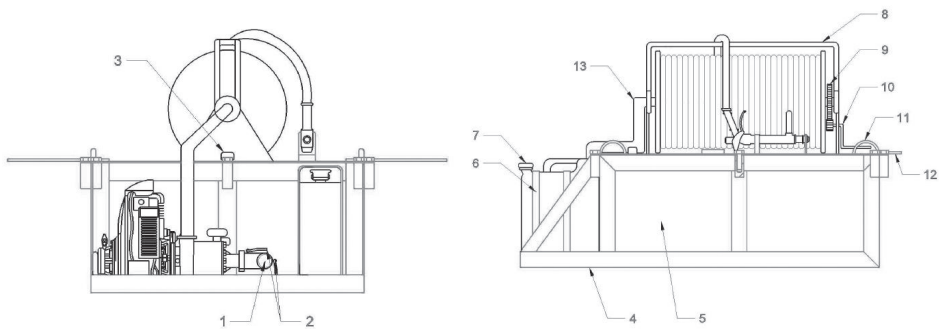
Obr. 6. Hasičská nadstavba na Land Rover Defender (varianta A)

Fig. 6. Fire bodywork for Land Rover Defender (variant A)

- (1) ochranný rám nadstavby/protective frame of bodywork, (2) nádrž nadstavby/the tank of bodywork, (3) nadstavba na hasiace náradie/bodywork for firefighting tools, (4) dverka nadstavby/door of bodywork, (5) piest na otváranie dveriek nadstavby/piston door opening of bodywork, (6) závesný systém dveriek nadstavby/hinge join door of bodywork, (7) rukoväť dveriek nadstavby/hand grip door of bodywork, (8) napúšťacie a nasávacie potrubie/admission and intake line, (9) guľové ventily/spherical valves, (10) nádrž na benzín/gas tank, (11) ukotvenie + ochranný rám na nádrž s benzínom/anchoring + protective frame for the gas tank, (12) čerpadlo/pump, (13) ukotvenie nadstavby/anchoring of bodywork, (14) kotviace oko pre uchytenie nadstavby do podvesu/anchoring eye for fixing the bodywork to underslung, (15) odzdušňovací ventil/air eliminator, (16) skrutky na uchytenie vrchu ochranného rámu na konštrukciu ochranného rámu/screw for fixing of the top protective frame on construction of protective frame

#### Návrh koncepcie nadstavby variantu B

Nadstavba typu B pre Land Rover Defender je rovnakého konštrukčného riešenia ako nadstavba typu A. Hlavný rozdiel je v umiestnení prietokového navijaka namiesto boxu pre vecné prostriedky, čím by sa zabezpečilo priame hasenie požiarov (Obr. 7).



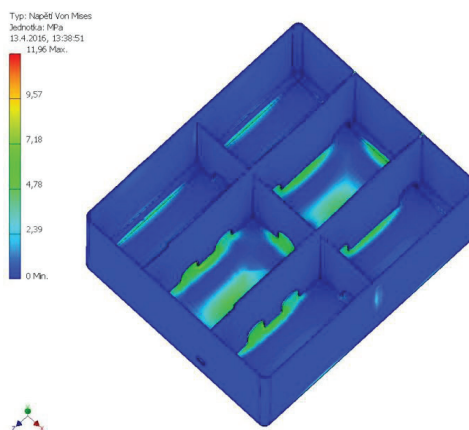
Obr. 7. Hasičská nadstavba na Land Rover Defender (varianta B)

Fig. 7. Fire bodywork for Land Rover Defender (variant B)

(1) nasávacie a napúšťacie potrubie/admission and intake line, (2) guľové ventily/spherical valves, (3) odvzdušňovací ventil/air eliminator, (4) ochranný rám/protective frame, (5) nádrž nadstavby/the tank of bodywork, (6) ochranný rám benzínovej nádrže + ukotvenie nádrže/anchoring + protective frame for the gas tank, (7) benzínová nádrž/gas tank, (8) prietokový navijak/flow winch, (9) prevodovka navijania prietokového navijaku/transmission of winch, (10) rukoľať na navijanie prietokového navijaku/winding handle on the flow tube, (11) kotviace body na uchytanie nadstavby do podvesu vrtuľníka/anchoring points for fixing the bodywork to underslung, (12) ukotvenie nadstavby/anchoring of bodywork, (13) prívodné potrubie/admission line

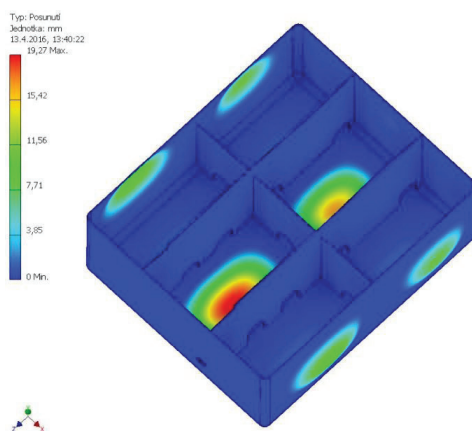
Nádrž nadstavby je rovnaká pre variant A aj variant B, konkrétne z materiálu sklo-laminát hrúbky 5 mm. Tvar nádrže sa prispôbil ložnej ploche automobilu a vybaveniu automobilu, kde sa muselo prihliadať na rozmery ložnej plochy, umiestnenie blatníkov v ložnej ploche a umiestnenie rezervnej pneumatiky, ktorá sa nachádza na ložnej ploche a na umiestnenie motorového čerpadla.

Rovnako ako pre model nádrže Nissana Navara sme vykonali pevnostnú analýzu modelu nádrže pre Land Rover Defender (Obr.8 a Obr. 9).



Obr. 8. Pevnostná analýza **nádrže** pre Land Rover Defender

Fig. 8. Stress analysis of the tank for Land Rover Defender



Obr. 9. Deformácia na nádrži pre Land Rover Defender  
 Fig. 9. Deformation of the tank for Land Rover Defender

## DISKUSIA

Z pevnostných výsledkov nádrže pre Nissan Navara sme zistili, že kontrola napätí a deformácie dosahovali malé hodnoty. Minimálne napätie  $\sigma_{min}$  má takmer nulovú hodnotu a maximálne napätie  $\sigma_{max}$  je 6,74217 MPa. Pri nádrži pre Land Rover Defender bolo minimálne napätie  $\sigma_{min}$  takmer nulové a maximálne napätie  $\sigma_{max}$  je 11,9584 MPa.

Pri vyhodnotení pevnostnej analýzy sme vychádzali z technických vlastností použitého sklolaminátového materiálu. Hodnota dovolenej pevnosti v ohybe  $\sigma_{dov}$  pre vybraný typ materiálu je 120 MPa. Nakoľko platí podmienka  $\sigma_o \leq \sigma_{dov}$ , môžeme povedať, že navrhnutý materiál a hrúbka materiálu vyhovujú pre danú prevádzku.

Z výsledkov, je preto možné tvrdiť, že navrhnutá nádrž pre nadstavbu Nissana Navara, z hľadiska napät'ovo-deformačnej analýzy, bude vyhovovať danej prevádzke. Z dôvodu menších rozmerov nádrže a nízkych hodnôt výslednej deformácie nebudeme pre danú nádrž navrhovať ochranný rám.

Pri nádrži pre nadstavbu Land Roveru Defender pozorujeme, že najväčšie deformácie vznikajú na dne nádrže. Z tohto dôvodu sme, kvôli ich minimalizácii, volili pri návrhu ochranného rámu dve priečne spevňovacie pásoviny.

Hlavnou náplňou a cieľom tejto práce je návrh nadstavby na ľahký terénny osobný automobil používaný v HaZZ SR a v pôdohospodárstve, resp. v Lesoch SR. Navrhované nadstavby sú riešené tak, aby svojím vybavením a vyhotovením nepresahovali užitočnú nosnosť zvolených automobilov. Tento cieľ práce sme splnili a navrhnuté nadstavby nepresahujú užitočnú nosnosť vozidiel.

Ďalšou pracovnou hypotézou bol predpoklad, že pri využití užitočnej nosnosti daných automobilov, umiestnime do nadstavby minimálne 400l vody. Stanovená pracovná hypotéza sa nám potvrdila. Vzhľadom na užitočnú nosnosť automobilov sme schopní do navrhovaných nadstavieb umiestniť minimálne množstvo vody o objeme 400l. Ďalej sa nám potvrdila skutočnosť, že množstvo vody v nadstavbe je závislé na užitočnej nosnosti automobilu a na samotnom vybavení navrhovanej nadstavby.

Vychádzajúc z uvedených predpokladov, konštrukčných riešení a odozvy odbornej verejnosti, navrhované nadstavby by mali byť prínosom tým, že rozšíria využiteľnosť automobilov aj pre hasenie lesných požiarov v neprístupnom teréne, na monitorovaciu činnosť požiariska a na monitorovanie lesných porastov v čase zvýšeného nebezpečenstva vzniku požiarov.

## ZÁVER

Vzhľadom k tomu, že v súčasnej dobe HaZZ SR a Lesy SR disponujú uvedenými typmi automobilov, ale nedisponuje typom nadstavieb spracovaných a navrhnutých v tomto príspevku, bolo by vhodné spracovať návrh, na základe ktorého by sa do vozového parku zapracoval aj takýto typ uvedených automobilov s podobnými nadstavbami, alebo sa začalo s výrobou uvádzaných typov nadstavieb. Navrhovanými nadstavbami sa zvýši využiteľnosť uvedených automobilov pre hasenie lesných požiarov. Spracovaná myšlienka konštrukčných riešení môže byť užitočná pre firmy, ktoré sa zaoberajú návrhom hasičských nadstavieb.

## LITERATÚRA

- BEZECNY, J. 2016. Kompozity. AIS Fakulta výrobných technológií TnUAD, [online]. [cit. 2016-07-09]. Dostupné na internete: <<http://www.fpt.tnuni.sk/index.htm>>.
- DOBÁKOVÁ, R., KISELY, P. 2016. Aplikácia kompozitov s kovovou maticou. In *Strojárstvo/Strojnírenstvá*. Engineering magazine, <<http://www.engineering.sk/clanky2/stroje-a-technologie/1737-aplikacia-kompozitov-s-kovovou-maticou>>.
- HLAVÁČ, P., CHROMEK, I. 2015. Lesné požiare na Slovensku. In *Ochrana lesa 2015 : recenzovaný zborník pôvodných vedeckých a odborných prác* [elektronický zdroj]. – Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2015. ISBN 978-80-228-2835-2, s. 109-116.
- HUDÁČ, J. 2016. Návrh hasičskej nástavby na terénny automobil. Diplomová práca, Technická univerzita vo Zvolene, DF-5811-16262, 115 s.
- KENDER, Š. 2013. Význam použitia kompozitných materiálov v automobilovej výrobe. In *Transfer inovácií* 28/2013 <<https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/28-2013/pdf/137-139.pdf>>.
- KOŘÍNEK, Z. 2016. Kompozity. [online]. [cit. 2016-07-09]. Dostupné na internete: <<http://mujweb.cz/zkorinek/>>.
- MACEK, K. a kol. Strojnírenské materiály. Praha: Vydavatelství ČVUT v Praze, 2003
- PLASTIMA Topoľčany s.r.o. Firemné materiály. Topoľčany, 2016.
- Pokyn prezidenta HaZZ č. 37/2004 o úprave základných technicko-taktických parametrov a technického vybavenia cisternovej automobilovej striekačky na hasenie lesných požiarov.*
- Štatistická ročenka 2013. Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR v Bratislave.
- Výhláška MV SR č. 121/2002 Z.z. o požiarnej prevencii.*
- Zákon č. 314/2001 Z.z. o ochrane pred požiarmi.*
- Zelená správa 2015. Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2014. Bratislava, 2015.

*Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-14-0468 „Vývoj adaptéra a jeho technologické nasadenie pre zvýšenie efektivity hasenia lesných požiarov“.*

### Kontaktná osoba:

Ing. Michaela Hnilicová, PhD., tel.: +42145 5206289, e-mail: [michaela.hnilicova@gmail.com](mailto:michaela.hnilicova@gmail.com)

## CONSERVATION AGRICULTURE AS SUSTAINABLE FARMING PRACTICE

Elena Horska<sup>1</sup>, Alim Pulatov<sup>2</sup>, Khabibullo Pirmatov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Slovak University of Agriculture in Nitra*

<sup>2</sup> *Tashkent Institute of Irrigation and Melioration*

<sup>3</sup> *Slovak University of Agriculture in Nitra*

**ABSTRACT:** The goal of this paper is to introduce and analyze Conservation Agriculture by three parameters of the sustainability. Unsustainable use of land resources and improper agricultural management lead to the land degradation. There is need to use an innovative approach, which maximizes the production in an environmental friendly manner at the same time without increasing the production cost. The paper presents descriptive, qualitative and quantitative data. Based on the analysis of Conservation Agriculture by environmental, economic and social indicators, this technology is considered as a proper management system, which meet today's agricultural challenges by demonstrating potential to secure sustained productivity and livelihoods improvements for millions of climate-dependent farmers.

**Key words:** technology, conservation, agriculture, sustainable, management

### INTRODUCTION

In 21st century, new technology and innovation in the different sectors of economy are supported by international organizations, states, research institutes, NGOs and investors in order to make our life much easier and more comfortable. Moreover, it is highly paid attention to the sustainability of new inventions, i.e. each technology should include three features: economic, social and environmental values.

Nowadays, land degradation costs an estimated US\$40 billion annually worldwide, without taking into account the hidden costs of increased fertilizer use, loss of biodiversity and loss of unique landscapes (FAO, 2016). One of the solutions to the following problem is to implement new approaches for growing plants – Conservation Agriculture (CA).

Conservation Agriculture (CA) is an approach to managing agro-ecosystems for improved and sustained productivity, increased profits and food security while preserving and enhancing the resource base and the environment (FAO, 2016). There is inequality between agricultural productivity and world population growth. For this reason, there is need to use an approach, which maximizes the production in an environmental friendly manner at the same time without increasing the production cost. Conservation agriculture, which is more integrated approach, is seen as being able to reduce land degradation and increased food security in a more sustainable way.

Based on FAO explanation CA has main three principles: minimum soil disturbance, permanent soil cover: crop residue or live mulch as well as crop rotation and/or inter-cropping. It is a way to combine profitable agricultural production with environmental concerns and sustainability and it has been proven to work in a variety of agro-ecological zones and farming systems (FAO, 2016).

#### 1.1 Minimum soil disturbance

Minimum soil disturbance involves zero tillage, direct seeding or planting. The disturbed area must be less than 15 cm wide or less than 25% of the cropped area (FAO, 2016). There are several advantages of this principle: the protection of the soil against erosion, the improvement of infiltration, the conservation of soil moisture, in the long term the reduction of fertilizer amount as well as cost savings (fuel, time and labor). Moreover, it improves soil organic matter.

#### 1.2 Permanent soil cover

Area with less than 30% cover is not considered as CA (FAO, 2016). Firstly, soil cover protects the soil from erosion by water and wind. Secondly, it conserves water and keep the soil temperature even. Thirdly, provide the soil with nutrients. Fourthly, it inhibits weed germination and growth. Fifthly, it improves organic matter accumulation and carbon sequestration.

#### 1.3 Crop rotation and mixing

Rotation/association should involve at least 3 different crops (FAO, 2016). This principle is the reason of pest and disease reduction, as different crops are susceptible to different diseases and pest agents. Therefore, it will decrease the incidence of diseases and pests at no cost. Moreover, it improves fertility and production because of different rooting patterns, which take up nutrients at different soil depth. Rotation helps to utilize soil nutrients more efficiently.

In order to take full advantage of the conservation agriculture, the main three principles should be not omitted. Land preparation activities is also time-consuming, they can involve to the process agricultural machinery, animal traction or manual work. Actually, manual work is typical for small garden. There are commonly used tractors or animal tractions in big farms.

### Image 1: Conservation Agriculture Equipment



**Manual system**



**Animal traction**



**Tractors: two and four-wheel**



To facilitate farmers' work for direct seeding or planting, there is equipment specialized for Conservation Agriculture. It can be run manually, animal or tractor powered (Image 1).

## MATERIAL AND METHODS

“The word 'sustainability' is a recent invention, first recorded in 1907 in reference to a legal objection. It entered the folklife discourse with Alan Lomax's (1972) Appeal for Cultural Equity and the 1983 report on The Conservation of Culture, coordinated by Ormond Loomis for the American Folklife Center. The term gained popularity within developmental economics and policy planning following the 1987 publication of the United Nation' Brundtland Commission Report on sustainable development Our Common Future” (Sykes, 2013). There is no unique meaning of the term “sustainability”, but in commonly used definitions “sustainability” includes itself environmental, economic and social values. Analyzing Conservation Agriculture by three parameters of the sustainability, it can be found several advantages of this farming technology:

### 1.1 Environmental benefits

Firstly, the main reasons that causes the loss of soil moisture are evaporation and runoff. Technically, 60%-70% rainfall is evaporated, 10%-20% loses as runoff and only 10%-20% water that filters into the soil is useful for agriculture (Li Hongwen & Li Wenying, 2012). With maintaining residue on the surface of the land, CA reduces soil erosion as well as provide higher infiltration. Secondly, CA is regarded as carbon sequestration, it has been calculated that the total potential for soil carbon sequestration by agriculture could offset about 40% of the estimated annual increase in CO<sub>2</sub> emissions (Robins, 2004). Therefore, the implementation of this technology to the practice can lead to the reduction of carbon emission and slow down the process of climate change.

### 1.2 Economic benefits

As the one of economic advantages of CA is time saving, which attracts the most of farmers. Comparing CA with conventional tillage for mechanized operations (Table 1), it can be seen that for 1 ha there is need 6.17 hours under conventional tillage and 3.78 hours in CA. It shows that farmers can save 39% of their mechanized operations by implementing CA.

Table 1: Mechanized operations and time required (hours/ha) for each of them under different bean production systems in Brazil

Operation	Conservation agriculture	Conventional tillage
Knife roller	0.89	–
Direct seeding	0.76	–
Spraying	1.2	0.6
Harvest	0.93	0.93
Ploughing/ disking	–	1.37
Levelling	–	1.38
Conventional planting	–	0.89
Ridging	–	1
Total	3.78	6.17

Source: Economic aspects of Conservation Agriculture, FAO 2015  
<http://www.fao.org/ag/ca/5.html>

Table 2: The time requirements for land preparation activities under conventional tillage and conservation agriculture

Comparing the time requirements for land preparation activities under conventional tillage with CA (Table 2), in conventional tillage for 1 ha farmers spend 2.9 hours by tractor and 33 hours with animal traction, as far CA there are need only 1.2 hours by tractor and 4.5 hours with animal traction.

Conventional tillage		Conservation agriculture	
Operation	Time required (hours/ha)	Operation	Time required (hours/ha)
<b>Tractor</b>		<b>Tractor</b>	
Ploughing	1.5	Knife roller	0.9
Harrowing	1.4	Spraying	0.3
(2x)			
Total	2.9	Total	1.2
<b>Animal Traction</b>		<b>Animal Traction</b>	
Ploughing	25	Knife roller	3
Harrowing	5	Spraying	1.5
(2x)			
Furrowing	3		
Total	33	Total	4.5

Source: Economic aspects of Conservation Agriculture, FAO 2015  
<http://www.fao.org/ag/ca/5.html>

Such as big difference in time appears due to the practices of ploughing, harrowing and furrowing under conventional tillage, which is not implemented in CA technology.

### 1.3 Social benefit

189 Member States of United Nations agreed to set up 8 Millennium Development Goals (MDGs) in 2000 and one of which was to ensure environmental sustainability planned to achieve by 2015. Nowadays the land degradation remains acute and has its reflection in 17 Sustainable Development Goals, which are tried to achieve by 2030. Promoting CA globally along with FAO, the European Conservation Agriculture Federation (ECAAF), which was established in 1999 as a non-profit making international association, held the first World Congress on Conservation Agriculture in 2001 in Madrid, initiating a series of such congresses: 2003 Brazil, 2005 Kenya, 2009 India, 2011 Australia, 2014 Canada (Friedrich, et al. 2014).



Table 3: Different networks, associations and other groups focusing on Conservation Agriculture

<b>INTERNATIONAL</b>	<b>AFRICA</b>
<p>FAO Conservation Agriculture Community of Practice</p> <p>Agroécologie (CA program at CIRAD)</p> <p>Conservation Agriculture - FAO's Agriculture and Consumer Protection Department</p> <p>Ecoport: Conservation Agriculture</p> <p>CIMMYT Conservation Agriculture Program</p> <p>CIMMYT Blog - Often covers CA related activities at CIMMYT</p> <p>No- Tillage, Sustainable Agriculture in the New Millenium</p> <p>International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA)</p>	<p>African Conservation Tillage Network</p> <p>African Wildlife Foundation: Conservation Agriculture</p> <p>CA2Africa: Conservation Agriculture in Africa</p> <p>Conservation Farming Unit</p> <p>Growing Nations: Transformation through Sustainable Agriculture</p> <p>Namibia Conservation Agriculture Program (NCAP)</p> <p>No-Till Club of Kwa-Zulu Natal</p> <p>World Agroforestry Center: Conservation Agriculture with Trees (CAWT)</p>
<b>ASIA /AUSTRALIA</b>	<b>LATIN AMERICA</b>
<p>Professional Alliance for Conservation Agriculture (PACA)</p> <p>Conservation Agriculture Network in South-East Asia (CANSEA)</p> <p>Conservation Agriculture and No-till Farming Association (CANFA)</p> <p>Conservation Agriculture Alliance of Australia and New Zealand (CAAANZ)</p> <p>Conservation Agriculture for Food Security</p> <p>The Western Australian No Tillage Farmers Association (WANTFA)</p> <p>South Asian Conservation Agriculture Network (SACAN)</p> <p>The South Australian No-Till Farmers Association (SANTFA)</p> <p>Victorian No Till Farmers Association (VNTFA)</p>	<p>Agroterra: Foro de Siembra Directa</p> <p>Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID) ARGENTINA</p> <p>Asociacion Uruguayaya Pro Siembra Directa (AUSID)</p> <p>Federacao Brasileira de Plantio Direto e Irrigacao BRAZIL</p> <p>Jovem Agricultor em Rede- Grupo de agricultura de conservacao PORTUGAL</p> <p>Plataforma Direto (EMBRAPA) BRAZIL</p> <p>MasAgro: Modernizacion Sustentable de la Agricultura Tradicional</p> <p>Revista Plantio Direto BRAZIL</p>
<b>CANADA and USA</b>	<b>EUROPE</b>
<p>Alberta Reduced Tillage Linkages</p> <p>Pacific Northwest Conservation Tillage Information Source</p> <p>Alberta Reduced Tillage LINKAGES</p> <p>Manitoba - North Dakota Zero Tillage Farmer's Association</p> <p>Manitoba Zero Tillage Research Association (MZTRA)</p> <p>California Conservation Tillage Workgroup</p> <p>Conservation Agriculture for Food Security</p>	<p>European Conservation Agriculture Federation (ECAF)</p> <p>UK Soil Management Initiative (SMI) UNITED KINGDOM</p> <p>Asociación Española de Agricultura de Conservación. Suelos Vivos (AEAC.SV) SPAIN</p> <p>Združenie pre Rozvoj Bezorbových Technológií v Rastlinnej Výrobe - Slovak No Till Club (SNTC) SLOVAK REPUBLIC</p> <p>National Foundation for Development of Conservation Agriculture (NFDCA) RUSSIA</p> <p>Associação Portuguesa de Mobilização de Conservação do Solo (APOSOLO) PORTUGAL</p>

<p>Colorado Conservation Tillage Association</p> <p>Colorado State University: Conservation Tillage Demonstration and Outreach Project</p> <p>Conservation Agriculture Systems Alliance</p> <p>Conservation Agriculture Systems Institute (Univ. of California)</p> <p>Conservation Agriculture Blog - University of California, Department of Agriculture and Natural Resources</p> <p>Conservation Cropping Systems Initiative</p> <p>Conservation Technology Information Center (CTIC)</p> <p>Georgia Conservation Tillage Alliance</p> <p>Kansas City No-till- Organotill</p> <p>Midwest Cover Crops Council</p> <p>Michigan Cover Crops</p> <p>National Soil Tilth Laboratory (USDA Agricultural Research Service)</p> <p>No-Till on the Plains</p> <p>No-Till Gardening</p> <p>No-Till Vegetables: Harnessing the Power of Cover Crops</p> <p>No-Tillville</p> <p>Panhandle No-Till Partnership</p> <p>Ohio No-Till Council</p> <p>Oklahoma State Department of Plant and Soil Sciences: No-Till</p> <p>Panhandle No-Till Partnership</p> <p>Pacific Northwest Direct Seed Association</p> <p>Pennsylvania No-Till Alliance</p> <p>Saskatchewan Soil Conservation Association</p> <p>Soil Conservation Council of Canada</p> <p>Soil and Water Conservation Society: Conservation News Briefs</p> <p>South Dakota No-Till Association</p> <p>Stewardship Alliance for Conservation Agriculture</p> <p>USDA Conservation Systems Research</p> <p>Virginia No-Till Alliance</p>	<p>Associazione Italiana per la Gestione Agronomica e Conservativa del Suolo (A.I.G.A.Co.S.) ITALY</p> <p>Conservation Agriculture Ireland (CAIR)</p> <p>Talajkímélő Mezőgazdászok Magyarországi Egyesülete (TMME) (Hungarian CT Association)</p> <p>Εταιρεία Προώθησης Αειφορικών Καλλιεργητικών Συστημάτων (ΕΠΙΑΚΣ) Hellenic Association for promotion of Conservation Agriculture (HACA) GREECE</p> <p>Gesellschaft für Konservierende Bodenbearbeitung (GKB) GERMANY</p> <p>Gesellschaft für Konservierende Bodenbearbeitung Direktsaat in Sachsen e.V. (KBD) GERMANY</p> <p>Landwirtschaft: Konservierende Bodenbearbeitung GERMANY</p> <p>Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable (APAD) FRANCE</p> <p>Fondation Nationale pour une Agriculture de Conservation des Sols FRANCE</p> <p>Agroécologie (FRANCE)</p> <p>Biodiversite, Agriculture, Sol &amp; Environnement (BASE) FRANCE</p> <p>Projet scientifique sur les TCS associant les agriculteurs, l'Administration et la recherche (BELGIUM)</p> <p>Finnish Conservation Agriculture (FINCA)</p> <p>Foreningen for reduceret jordbearbejdning i Danmark (FRDK) DENMARK</p> <p>Belgian Association in Research Application on Conservation Agriculture (BARACA) BELGIUM</p> <p>Swiss No-till (in German and French only)</p> <p>Wageningen University- Conservation Agriculture (NETHERLANDS)</p>
---	--

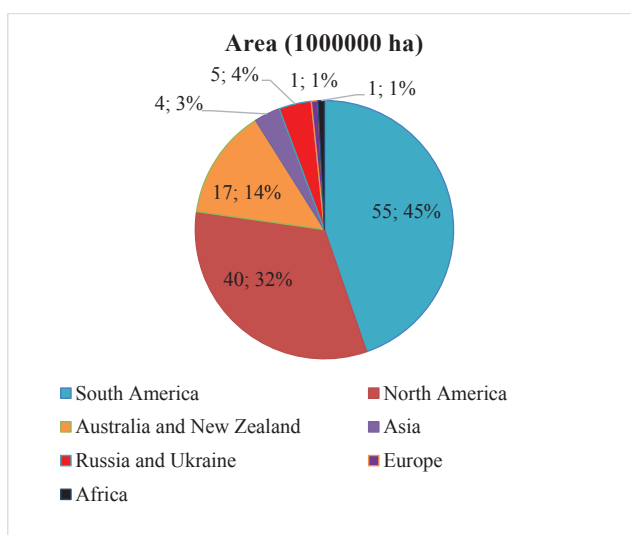
Source: Cornell University, College of Agriculture and Life Sciences, Conservation Agriculture: Global Research and Resources, <http://mulch.mannlib.cornell.edu/pages/resources/networksgroups.html>

The large number of different networks, associations and groups concerning on CA practice is shown that there is prospective future for developing this technology in the world. In order to popularize it worldwide, there is need more international, regional and national support. Government policy, the trainings of extension service agencies and NGOs play an important role for adopting and disseminating it.

## RESULTS

By implementing this technology farmers save 39% of working hours for mechanized operations and 59% working hours for land preparation activities with tractors as well as it can lead to the reduction of carbon emission and slow down the process of climate change.

CA in both Europe and Africa represent small portions accounting for 1% of world total CA area (Diagram 1). Therefore, they are regarded as the developing continents of implementing the technology.



**Diagram 1.** Area under CA by continent

Source: Friedrich, T., Derpsch, R., & Kassam, A. (2012). Overview of the global spread of conservation agriculture

With 3% of arable area under CA (more than 4 Mha) in Asia is reaching to Russia and Ukraine (both countries together about 5 Mha). The top three continents, which is intensively use this technology, are South America (44%), North America (32%) and Australia including New Zealand (14%).

The large number of different networks, associations and groups concerning on CA practice is shown that there is prospective future for developing this technology in the world. In order to popularize it worldwide, there is need more international, regional and national support.

## DISSCUSION

One of the major challenges is to change farmers' mind set from the conventional tillage to conservation agriculture. It should also be noted that while implementing CA technology, there are other significant factors, which need keeping under a careful control such as residue, pest and weed managements.

## CONCLUSION

CA technology is a climate resilient technology and management system that has demonstrated potential to secure sustained productivity and livelihoods improvements for millions of climate-dependent farmers. This technology is win-win situation, as it encourages sustainable agricultural development including itself environmental, economic and social values.

## LITERATURE

- [1] Cornell University, College of Agriculture and Life Sciences. (2016) *Conservation Agriculture: Global Research and Resources*, Retrieved April 10, 2016, from <http://mulch.mannlib.cornell.edu/pages/resources/networksgroups.html>
- [2] Food and Agricultural Organization. (2016). Land Degradation Assessment. Retrieved April 6, 2016, from <http://www.fao.org/nr/land/degradation/en/>
- [3] Food and Agricultural Organization. (2016). What is Conservation Agriculture? Retrieved January 15, 2016, from <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>
- [4] Food and Agricultural Organization. (2016). CA Adoption Worldwide. Retrieved January 15, 2016, from <http://www.fao.org/ag/ca/6c.html>
- [5] Food and Agricultural Organization. (2016). Economic aspect of Conservation Agriculture. Retrieved January 15, 2016, from <http://www.fao.org/ag/ca/5.html>
- [6] Friedrich, T., Kassam, A., Corsi, S., Jat, R. A., Sahrawat, K. L., & Kassam, A. H. (2014). 6 Conservation Agriculture in Europe. *Conservation agriculture: global prospects and challenges*, 127-179.
- [7] Food and Agricultural Organization. (2015). Conservation Agriculture. Retrieved December 24, 2015, from <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>
- [8] Horska, E. et al. (2013) *Sustainability in Business and Society: Global Challenges – Local Solutions*. Krakow, WYDAWNICTWO EPISTEME
- [9] Li Hongwen & Li Wenying (2012). *Conservation Agriculture*. Beijing, Popular Science Press. 5 p.
- [10] Robbins, M. 2004. Carbon trading, agriculture and poverty. Bangkok, Thailand. World Association of Soil and Water Conservation (WASWC). Special publication 2. 48 p.
- [11] Sykes, N. (2013) *Sustainable in the Arts and Humanities Part: 1*. pp.11, 2013. Nottingham.

### Contact address

MSc. Khabibullo Pirmatov, Slovak Agricultural University in Nitra, tel.: +421 949 764 377, [hpirmatov@mail.ru](mailto:hpirmatov@mail.ru)

## ANALÝZA TESTOVANIA JAZDY FORWARDERA LVS 720 NA TERÉNNOM POLYGÓNE

### ANALYSIS OF FORWARDER LVS 720 DRIVING TEST ON TERRAIN POLYGON

**Milan Marušiak**

*Lesnícká a dřevarařská fakulta, Mendelova univerzita, Zemědělská, 3, 61300, Brno, ČR,  
milan.marusiak@gmail.com*

**ABSTRACT:** Most transporting and harvesting machines in forestry use at the traction drive hydrostatic – mechanical power transmission from the engine to the travel wheels. This energy transfer is also used by Forwarder LVS 720. This article deals with analysis of traction forces and travel resistances, which were calculated from the data measured during the forwarder LVS 720 driving tests at the polygon Josefov.

**Key words:** hydrostatic-mechanical power transmission, travel resistances, wheel slip

**ABSTRAKT:** Vo väčšine dopravných a ťažobných strojov v lesnom hospodárstve sa pri pohone pojazdu stroja používa hydrostaticko – mechanický prenos energie z motora na pojazďové kolesá. Tento spôsob prenosu energie je použitý aj u forwardera LVS 720. Príspevok sa zaoberá rozborom trakčných síl a jazdných odporov, ktoré boli vypočítané z údajov, nameraných počas jazdných skúšok forwardera LVS 720 na polygóne Josefov.

**Kľúčové slová:** hydrostaticko-mechanický prenos energie, jazdné odpory, preklz kolies

### ÚVOD

Väčšina výrobcov lesných strojov sa vydala cestou hydrostaticko-mechanického prenosu hnacej sily. K jeho hlavným výhodám patrí možnosť plynulej zmeny prevodového pomeru bez prerušenia dodávky krútiaceho momentu na hnacie kolesá, dodávka veľkého krútiaceho momentu pri nízkych otáčkach, priestorovo úsporné riešenia zástavby agregátov a tiež pomerne jednoduchá regulácia preťaženia hydrostatického obvodu (Neruda, 2013). Cieľom príspevku je popri analýze údajov, nameraných počas skúšok forwardera LVS 720 poukázať na problémové miesta pri prenose hnacej sily a navrhnúť opatrenia na zlepšenie.

## MATERIÁL A METÓDY

### Meranie technických parametrov forwardera LVS 720

V priebehu roku 2014 bolo v rámci projektu TIP FR –TI 4/139 (Vývoj a výroba lesníckych ťažobno – dopravných strojov malej triedy zameraných na ekológiu) uskutočnené testovanie prototypu vyvážacieho traktora LVS 720, f. Strojírna Novotný s.r.o.. Počas skúšok pojazdu stroja bola v rámci testovacích jazd vykonaná séria meraní, ktorými boli získané hodnoty otáčok, krútiacich momentov, tlakov v hydraulickom systéme, teplôt a ďalších parametrov.

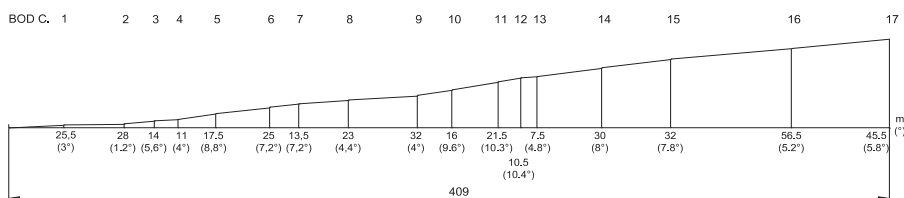
V rámci testovania boli na stroji namontované snímače, zaznamenávajúce nasledovné hodnoty (Pajkoš, 2014):

- tlaky oleja v dvoch vysokotlakových vetvách hydraulického okruhu pojazdu medzi čerpadlom a hydromotorom prednej a zadnej nápravy,
- otáčky kľukového hriadeľa motora,
- krútiaci moment na spojovacom kardane medzi motorom a sústavou čerpadiel,
- teplota oleja v hydraulickej sústave,
- teplota vody v chladiacej sústave,

Okrem hodnôt, zaznamenaných snímačmi bolo možné z materiálov, vzniknutých počas testovania získať ešte ďalšie údaje:

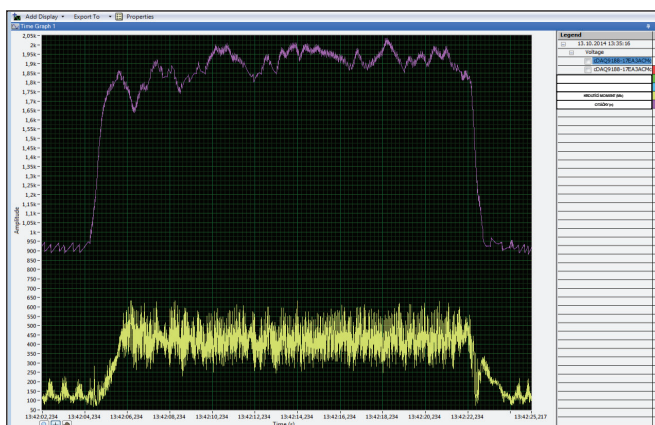
- doba jazdy – z grafu priebehu nameraných hodnôt a z videozáznamu,
- dĺžka a sklon trasy jazdy – boli zmerané pred jazdou.

V príspevku sú použité údaje, zaznamenané počas testovania jazdy forwardera s nákladom, ktoré prebiehalo na terénnom polygóne v Josefove, kde podklad tvorila spevnená lesná cesta. Trasa jazdy bola rozdelená podľa jej sklonu do 17-tich úsekov a pri každom úseku boli zmerané ich dĺžka a sklon (Pajkoš, 2014). Zakreslený výškový profil s dĺžkou úsekov je zobrazený na obr. 1.

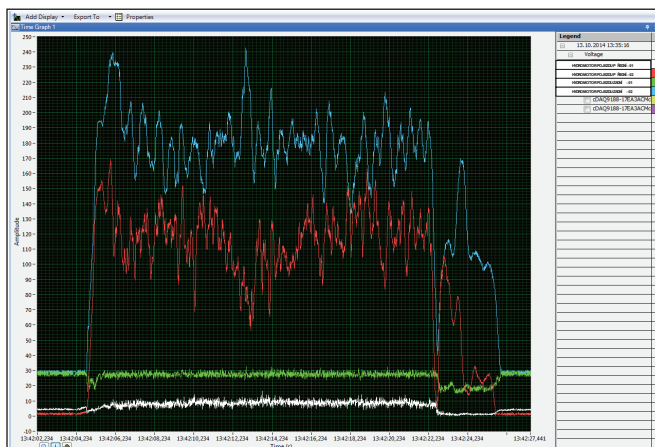


Obr. 1: Pozdĺžny profil terénneho polygónu Josefov  
Fig. 1: Longitudinal profile of terrain profile Josefov

Jazda forwardera počas merania na trase bola prerušovaná – forwarder sa na začiatku každého úseku rozbehol, časť úseku prešiel stálou rýchlosťou a na konci úseku sa zastavil. Úseky boli označené farebnou značkou s poradovým číslom podľa obr. 1. Meranie parametrov bolo zapnuté kontinuálne, pričom jednotlivé úseky trasy bolo možné odlišiť podľa záznamu merania otáčok motora, kde voľnobežné otáčky znamenali zastávku. Stroj sa počas jazdy pohyboval smerom dopredu, do kopca a bol plne naložený. Ukážky záznamov z merania jazdy na úseku 10–11 sú znázornené na obr. 2 a 3.



Obr.2: Záznam merania otáčok a krútiaceho momentu na úseku 10–11  
 Fig. 2: Record of measuring speed and torque at section 10–11



Obr. 3: Záznam merania tlakov v okruhoch prednej a zadnej nápravy na úseku 10–11  
 Fig. 3: Record of measuring pressure in the front and rear axles at section 10–11

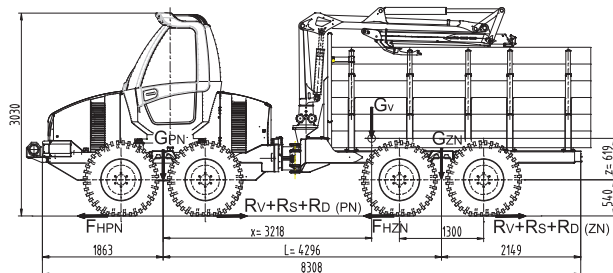
V príspevku sú spracované namerané hodnoty z úsekov:

- úsek 10–11, dĺžka 21,5 m, sklon 10,3°,
- úsek 11–12, dĺžka 10,5 m, sklon 10,4°,
- úsek 12–13, dĺžka 7,5 m, sklon 4,8°,

### Stručný popis pohonu pojazdu forwardéra LVS 720

Forwarder LVS 720 s max. nosnosťou 7 t patrí do kategórie stredných forwarderov (nosnosť 7–14 t). Usporiadanie hlavných častí stroja a jeho základné rozmery sú na obr. 2. Pojazd stroja tvoria dve tandemové bogie nápravy s integrovaným nápravovým diferenciálom. Na vstupnej prírubke rozvodovky prednej a zadnej nápravy je namontovaný hydromotor. Pohon pojazdu stroja je hydrostaticko – mechanický: motor poháňa pomocou

kardanového hriadeľa dvojicu regulačných hydraulických čerpadiel, z ktorých každé tvorí uzavretý hydrostatický obvod s hydromotorom prednej a zadnej nápravy. Hydromotory sú dvojrychlostné s prepínaním režimu pojazdu korytnačka – zajac.



Obr. 4: Forwarder LVS 720 – základné rozmery

Fig. 4: Forwarder LVS 720 – basic dimensions

Tabuľka 1. Parametre LVS 720, použité v výpočtoch

Table 1. LVS 720 Parameters used in calculations

Zaťaženie vozidla	$G_V$	154 017 N
Zaťaženie prednej nápravy (PN)	$G_{PN}$	38 504 N
Zaťaženie zadnej nápravy (ZN)	$G_{ZN}$	115 513 N
Motor		Cummins QSB3.3
Výkon motora	$P_{Max}$	82 kW/2600
Max. krútiaci moment	$M_{kMax}$	415 Nm/1600
Prevodový pomer náhonu čerpadiel	$i_C$	1:1
Prevodový pomer tandemovej nápravy	$i_N$	1:37,2
Hydrogenerátor PN		Sauer–Danfoss S90R055
Hydromotor PN		Sauer–Danfoss H1B110
Hydrogenerátor ZN		Sauer–Danfoss S90R075
Hydromotor ZN		Sauer–Danfoss H1B160
Pneumatiky		Alliance 500/60–22.5
Priemer	$D$	1,17 m
Statický polomer	$r_s$	0,54 m
Šírka	$b$	0,5 m
Moment zotrvačnosti	$I_k$	20 kg
Tlak hustenia	$p$	440 kPa

### Metodika stanovenia hnacej sily a jazdných odporov

Príspevok využíva hodnoty, namerané počas skúšok forwardéra. Metodika výpočtu parametrov stroja bude pozostávať z nasledovných krokov:

- Rozdelenie úsekov na 4 časti podľa rovnováhy hnacej sily a jazdných odporov – stojace vozidlo, rozjazd, jazda konštantnou rýchlosťou, dojazd,
- Stanovenie hnacej sily a rýchlosti pre prednú a zadnú nápravu,
- Stanovenie statických jazdných odporov pre prednú a zadnú nápravu,
- Stanovenie zrýchlenia podľa dynamického odporu pri rozjazde,
- Výpočet preklzu pneumatík.



## Rozdelenie úsekov podľa rovnováhy hnacej sily a jazdných odporov

Pre stanovenie parametrov pohybu vozidla platí základná pohybová rovnica:

$$F_H = R_V + R_S + R_W + R_D \text{ [N]} \quad (1) \text{ (Ilarionov, 1964)}$$

kde  $F_H$ ... hnacia sila [N],

$R_V$ ... valivý odpor pneumatík [N],

$R_S$ ... odpor zo stúpania [N],

$R_W$ ... odpor vzduchu [N],

$R_D$ ... dynamický odpor pri rozjazde [N].

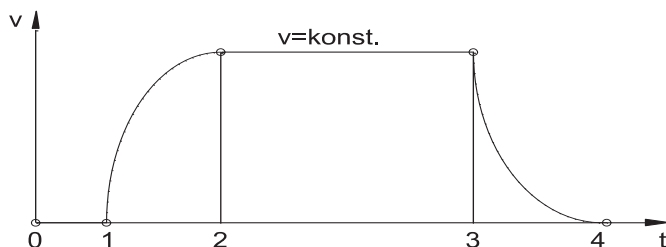
Odpor vzduchu sa prejaví až pri vyšších rýchlostiach vozidla. Forwarder sa pri testovacej jazde pohyboval rýchlosťou max. 6 km/h, takže odpor vzduchu môžeme zanedbať. Pohybová rovnica má potom tvar:

$$F_H = R_V + R_S + R_D \text{ [N]} \quad (2)$$

Keďže na pohon pojazdu stroja slúžia dva uzavreté hydrostatické okruhy z ktorých sú k dispozícii namerané údaje tlaku, trakčná sila, rýchlosť a jazdné odpory budú vypočítané nezávisle pre prednú (PN) a zadnú (ZN) nápravu.

Pri prejazde vozidla jednotlivými úsekmi sa tieto delia podľa priebehu rýchlosti na 4 časti:

- 0 – 1 – stojace vozidlo. Motor pracuje na voľnobežných otáčkach. Na vozidlo pôsobia statické jazdné odpory ( $R_V + R_S$ ) a brzdná sila  $F_B$ .
- 1 – 2 – rozjazd vozidla. Na vozidlo pôsobia statické jazdné odpory ( $R_V + R_S$ ), dynamický odpor pri rozjazde  $R_D$  a hnacia sila  $F_H$ . Zrýchlenie vozidla postupne klesá až do bodu 2, keď dosiahne nulovú hodnotu.
- 2 – 3 – jazda konštantnou rýchlosťou. Motor pracuje s max. výkonom, ktorý pri danej rýchlosti vyvinie hnaciu silu  $F_H$ . Táto sa celá spotrebuje na prekonanie statických odporov ( $R_V + R_S$ ) a neexistuje rezerva výkonu na ďalšie zrýchlenie.
- 3 – 4 – dojazd vozidla. Motor pracuje na voľnobežných otáčkach. Na vozidlo pôsobia statické jazdné odpory ( $R_V + R_S$ ) a brzdná sila  $F_B$ . Rýchlosť sa postupne znižuje až do zastavenia vozidla.



Obr. 5: Rozdelenie úseku podľa priebehu rýchlosti (v – rýchlosť, t – čas)  
Fig. 5: Division of the section according to the speed (v – speed, t – time)

## Stanovenie hnacej sily a rýchlosti

Hydrogenerátory, poháňané od motora kardanovým hriadeľom, dodávajú do hydrostatického obvodu prietokové množstvo pracovnej kvapaliny podľa vzťahu:

$$Q_{HG} = \frac{V_{gHG} \cdot n_{HG} \cdot \eta_v}{1000} \quad [\text{l/min}] \quad (3) \quad (\text{Baroška, 2011})$$

kde  $V_{gHG}$ ... geometrický objem hydrogenerátora [ $\text{cm}^3$ ],  
 $n_{HG}$ ... otáčky hydrogenerátora [ $\text{min}^{-1}$ ],  
 $\eta_v$ ... objemová účinnosť [-].

**Objemová účinnosť** sa vyjadruje pomerom skutočne dodaného a teoretického prietokového množstva pracovnej kvapaliny. Straty dodávky (únik) pracovnej kvapaliny vplyvom netesností v čerpadle sú dané jeho konštrukciou a sú konštantné. So zvyšujúcim sa prietokom v čerpadle sa znižuje podiel týchto strát na prietoku a tým sa aj zvyšuje objemová účinnosť. Vplyv veľkosti tlaku je opačný – objemová účinnosť so zvyšujúcim sa tlakom klesá (Casey, 2011).

**Mechanicko-hydraulická (momentová) účinnosť** vyjadruje straty, ktoré vznikajú trením mechanických častí čerpadla a pracovnej kvapaliny pri jej prietoku čerpadlom.

Výrobcovia čerpadiel a hydromotorov často uvádzajú komplexný diagram z ktorého sa dajú vyčítať vzájomné závislosti prietoku, tlaku, otáčok, výkonu a celkovej účinnosti. Účinnosti, použité vo výpočtoch boli získané z materiálov f. Sauer–Danfoss.

Pre stanovenie hnacej sily a rýchlosti vozidla je potrebné poznať hodnoty krútiaceho momentu a otáčok, vychádzajúcich z hydromotora. Pre ich výpočet platia vzťahy:

Krútiaci moment:

$$M_{kHM} = \frac{V_{gHM} \cdot \Delta p \cdot \eta_{mh}}{20 \cdot \pi} \quad [\text{Nm}] \quad (4) \quad (\text{Baroška, 2011})$$

kde  $V_{gHM}$ ... geometrický objem hydromotora [ $\text{cm}^3$ ],  
 $\eta_{mh}$ ... mechanicko-hydraulická (momentová) účinnosť [-].

Otáčky:

$$n_{HM} = \frac{Q_{HG} \cdot 1000 \cdot \eta_v}{V_{gHM}} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (5)$$

K vypočítaným parametrom hydromotora je potrebné ešte zohľadniť parametre nápravy a kolies. Výsledné vzťahy pre celé vozidlo budú potom:

Hnacia sila:

$$F_T = \frac{M_{kHM} \cdot i_n \cdot \eta_p}{r_s} \quad [\text{N}] \quad (6)$$

kde  $i_n$ ... prevodový pomer v náprave [-],  
 $\eta_p$ ... mechanická účinnosť prevodov v náprave [-],  
 $r_s$ ... statický polomer kolesa [m].

Rýchlosť:

$$v = \frac{O \cdot n_{HM} \cdot 60}{i_n \cdot 1000} \quad [\text{km.h}^{-1}] \quad (7)$$

kde  $O$ ... obvod kolesa [m].

### Stanovenie statických jazdných odporov

Statické jazdné odpory prekonáva vozidlo pri jazde konštantnou rýchlosťou. Skladajú sa z valivého odporu pneumatík a odporu zo stúpania.

### Valivý odpor pneumatiky

Pri odvaľovaní pneumatiky počas jazdy v teréne dochádza popri deformácii pneumatiky aj k deformovaniu podložia. Celkový valivý odpor pneumatiky je potom:

$$R_v = R_t + R_p \quad [\text{N}] \quad (8) \quad (\text{Pacas, 1983})$$

kde  $R_t$ ... deformácia podložia [N],  
 $R_p$ ... deformácia pneumatiky [N].

Pre výpočet  $R_v$  bude použitý rozložený vzťah (Omeljanov), kde platí:

$$\text{Deformácia podložia} \quad R_t = C_1 \cdot G_k \cdot \sqrt[3]{\frac{p}{\varepsilon \cdot D}} \quad [\text{N}] \quad (9)$$

kde  $C_1$ ... konštanta, odporúča sa  $C_1=0,35$  až  $0,5$   
 $G_k$ ... zaťaženie kolesa [N],  
 $p$ ... tlak hustenia pneumatiky [Pa],  
 $D$ ... priemer kolesa [m],  
 $\varepsilon$ ... koeficient pretvorenia podložia [ $\text{N.m}^{-3}$ ],

$$\text{Deformácia pneumatiky} \quad R_p = C_2 \cdot \sqrt[3]{\frac{G_k^4}{p \cdot D^2}} \quad [\text{N}] \quad (10)$$

kde  $C_2$ ... konštanta, odporúča sa  $C_2=0,65$ .

### Odpor zo stúpania

Odpor zo stúpania závisí od uhla svahu, po ktorom sa vozidlo pohybuje a od zaťaženia vozidla:

$$R_s = G_v \cdot \cos \alpha \quad [\text{N}] \quad (11)$$

kde  $G_v$ ... zaťaženie vozidla [N],  
 $\alpha$ ... uhol stúpania (sklonu svahu) [ $^\circ$ ].

Zaťaženie vozidla bude počítané na prednú a zadnú nápravu, Pri pohybe vo svahu sa zmení kolmý priemet rázvoru a polohy ťažiska, čo ovplyvní zaťaženie náprav. Upravené zaťaženie prednej nápravy potom bude:

$$F'_{PZ} = \frac{G_V \cdot (x_T \cdot \cos\alpha + z \cdot \sin\alpha)}{L \cdot \cos\alpha} \quad [\text{N}] \quad (12)$$

kde  $x_T$ ... poloha ťažiska od osi PN [m],  
 $z$ ... výška ťažiska [m].

Potom odpor zo stúpania pre zadnú nápravu bude:

$$R_{SZ} = F'_{PZ} \cdot \cos\alpha \quad [\text{N}] \quad (13)$$

Odpor zo stúpania pre prednú nápravu bude:

$$R_{SP} = G_V - R_{SZ} \quad [\text{N}] \quad (14)$$

### Stanovenie dynamického odporu a zrýchlenia

Pri stanovení veľkosti dynamického odporu pri rozjazde sa vychádza z výpočtu pre zotrvačnú silu od hmotnosti vozidla a rotujúcich kolies. Pri návrhu výkonu hnacieho agregátu pre stavebné a lesné stroje sa väčšinou počíta s dynamickým odporom, vypočítaným na základe odhadnutého zrýchlenia, prípadne zrýchlenia, pri ktorom sa dráha rozjazdu stanoví podľa legislatívnych požiadaviek na brzdnú dráhu. Keďže podľa nameraných údajov je možné vypočítať hnaciu silu a statické jazdné odpory, veľkosť dynamického odporu sa určí z pohybovej rovnice (2).

$$R_D = F_H - R_V - R_S \quad [\text{N}] \quad (15)$$

Pre veľkosť dynamického odporu platí aj vzťah:

$$R_D = m \cdot a + k \cdot I_k \frac{\varepsilon}{r_s} \quad [\text{N}] \quad (16) \quad (\text{Pacas, 1983})$$

kde  $m$  ... hmotnosť vozidla [kg],

$a$ ... zrýchlenie [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ],

$k$ ... počet kolies [-],

$I_k$ ... moment zotrvačnosti kolesa [ $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ],

$\varepsilon$  ... uhlové zrýchlenie [ $\text{s}^{-2}$ ],

$r_s$ ... statický polomer [m].

Úpravou a dosadením za  $\varepsilon = a / r$  dostaneme vzťah pre výpočet zrýchlenia:

$$a = \frac{R_D}{m + \frac{k \cdot I_k}{r_s^2}} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (17)$$

## Výpočet preklzu kolies

Preklz kolies závisí od veľkosti hnacej sily, zaťaženia vozidla a adhézných vlastností podložky. Pre jeho výpočet pri odvalovaní elastickej pneumatiky hnacieho kolesa po tuhej a poddajnej podložke platí nasledovný vzťah:

$$\theta = 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{F_H}{G_V \cdot \mu} \right)^2} \quad (29) \quad (\text{Mikleš, 2012})$$

kde  $\mu$ ... koeficient záberu kolesa s podložkou [-], (pre poľnú cestu  $\mu=0,6$ ).

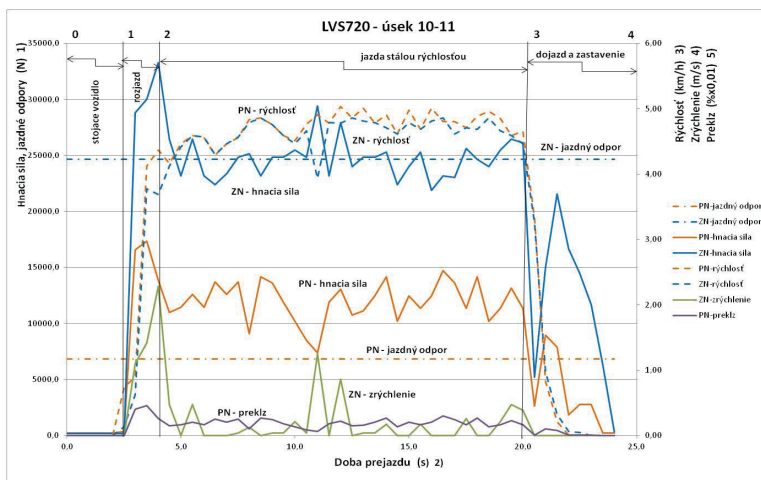
## VÝSLEDKY

Vypočítané hodnoty ťažnej sily, jazdných odporov, rýchlosti, zrýchlenia a preklzu kolies sú prezentované graficky.

Z priebehu krivky hnacej sily a jazdných odporov je možno zistiť rezervu hnacej sily na zrýchlenie vozidla – je to časť krivky hnacej sily nad priamkou jazdných odporov. Najväčšia rezerva hnacej sily je v oblasti rozjazdu vozidla a s nárastom rýchlosti sa postupne znižuje.

Na úsekoch 10–11 a 11–12, ktoré majú najvyššie stúpanie dochádza pri jazde stálou rýchlosťou k vyrovnaní ťažnej sily s jazdnými odpormi, motor pracuje s maximálnym výkonom a prevodový pomer medzi čerpadlami a hydromotormi neumožňuje ďalší nárast rýchlosti. Podobne sa prejavoval aj priebeh jazdy na úseku 12–13 s nižším stúpaním.

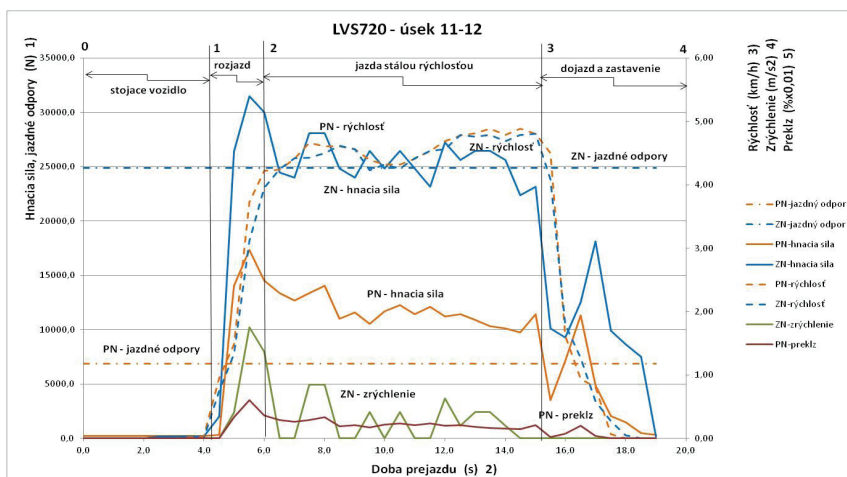
V oblasti dojazdu a zastavenia dochádza po zabrzdení k poklesu hnacej sily. Neskorší nárast hnacej sily nie je skutočný, je vypočítaný z nárastu tlaku, spôsobenom jazdnými odpormi pri spomalení vozidla.



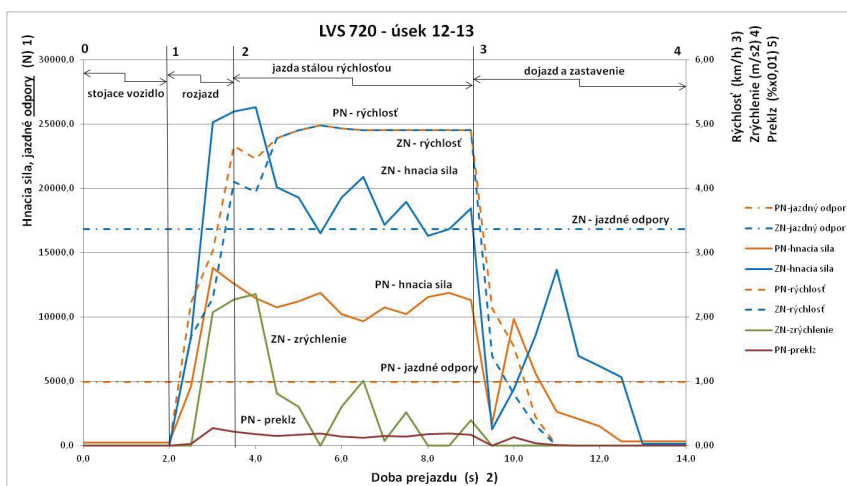
Obr. 6: Graf priebehu vypočítaných hodnôt pre úsek 10–11

Fig. 6: Graph over the calculated values for the section 10–11

<sup>1)</sup>Tractive force, <sup>2)</sup>Time, <sup>3)</sup>Speed, <sup>4)</sup>Acceleration, <sup>5)</sup>Wheel slip



Obr. 7: Graf priebehu vypočítaných hodnôt pre úsek 11–12  
 Fig. 7: Graph over the calculated values for the section 11–12  
<sup>1)</sup>Tractive force, driving resistances, <sup>2)</sup>Time, <sup>3)</sup>Speed, <sup>4)</sup>Acceleration, <sup>5)</sup>Wheel slip



Obr. 8: Graf priebehu vypočítaných hodnôt pre úsek 12–13  
 Fig. 8: Graph over the calculated values for the section 12–13  
<sup>1)</sup>Tractive force, driving resistances, <sup>2)</sup>Time, <sup>3)</sup>Speed, <sup>4)</sup>Acceleration, <sup>5)</sup>Wheel slip

## DISKUSIA A ZÁVER

Použitý postup výpočtu je zjednodušený a nepopisuje napr. zmenu zaťaženia náprav a s tým súvisiacich jazdných odporov pri rozjazde a brzdení. Prevodový pomer medzi čerpadlami a hydromotormi prednej a zadnej nápravy nie je rovnaký. Pre stanovenie rýchlostí a zrýchlenia vozidla je určujúca viac zaťažená zadná náprava. Priebeh ťažnej sily prednej

nápravy v oblasti stálej rýchlosti vozidla naznačuje, že vplyvom rozdielneho prevodového pomeru dochádza k mareniu výkonu – hnacia sila prednej nápravy sa okrem prekonania jazdných odporov snaží prevziať aj časť zaťaženia zadnej nápravy. Tento nárast ťažnej sily prednej nápravy spôsobuje zvýšený preklz kolies, viditeľný okrem oblasti zrýchlenia aj v oblasti jazdy so stálou rýchlosťou. Existuje niekoľko možností na zlepšenie súčasného hydrostatického pohonu:

1. Obmedziť maximálny objem hydromotora H1B160 na 150 cm<sup>3</sup>. Pri tomto objeme bude pomer objemov hydromotorov a čerpadiel rovnaký a stroj dosiahne pri prednej a zadnej náprave rovnakú rýchlosť.
2. Doplniť do systému nezávislé proporcionálne ovládanie objemu hydromotorov H1B110 a H1B160, aby pri prestavovaní objemu bol vždy zachovaný rovnaký pomer vzájomných objemov.
3. Pre rýchlosti nad 5 km.h<sup>-1</sup> (režim zajac) by bolo vhodné spojiť okruhy prednej a zadnej nápravy navzájom, aby fungoval hydraulický diferenciál.

Postup výpočtu, použitý v tomto príspevku poskytuje po vyhodnotení a spracovaní nameraných údajov základné informácie o jazdných vlastnostiach vozidla a upozorňuje na možné nedostatky v pohone pojazdu.

## LITERATÚRA

- NERUDA, J. a kol. 2013. *Technika a technologie v lesnictví*. Mendelova univerzita v Brne. 364 s. ISBN 978–80–7375–839–4
- VANWALLEGHEM, B. *Optimization of the efficiency of hydrostatic drives*. 11s. HOWEST, Technical University College of West–Flanders
- ILARIONOV, V. a kol. 1964. *Teorie automobilu*. NADAS Praha. 195 s., 31–066–64
- CASEY, B. Hydraulic Pumps and Motors: Considering Efficiency. *Machinery Lubrication* (3/2011)
- PACAS, B. a kol. 1983. *Teorie stavebních strojů*. Vysoké učení technické v Brně. 244 s., č. publikácie 411–33363
- SAARILAHTI, M. 2002. *Modelling of the wheel and tyre. Tyre and soil contact*. University of Helsinki, Department of Forest Resource Management, 43 s. No. QLK5–1999–00991
- SAUER–DANFOSS. 2007. *Séria 90, Axiálne piestové regulačné hydrogenerátory*. 72 s. 11026495 – Rev.c – 5/2007
- SAUER–DANFOSS. 2007. *H1 Bent Axis Variable Displacement Motors*. 76 s. 11037153 – Rev. cc – 12/2009
- MIKLEŠ, M. 2012. Odvaľovanie hnacieho kola lesného stroja s elastickou pneumatikou. *ACTA FACULTATIS TECHNICAЕ, XVII, 2012*, s. 67–77
- BAROŠKA, J. 2011. *Hydrostatické mechanizmy*. HYDAC s.r.o. Martin. 388 s.
- PAJKOŠ, M. a kol. 2014. *Shrnutí měření technických parametrů vyvážecího traktora LVS 720*. Mendelova univerzita v Brně. 16 s. FR–TI4/139
- RINGDAHL, O. Estimating wheel slip for a forest machine using RTK–DGPS. 18 s. *Journal of Terramechanics* 49 (2012) 271–279
- ZOZ, F. *Traction and tractor performance*. 48 s. ASAE 913C0403

### Kontaktná osoba:

Ing. Milan Marušiak, tel.: +421908267641, milan.marusiak@gmail.com





## VPLYV TLAKU MÉDIA NA PROCESS TEPELNÉHO ROZKLADU DREVA

### IMPACT OF MEDIUM PRESSURE ON THE PROCESS OF THERMAL DECOMPOSITION OF WOOD

**Safin R. R.<sup>1</sup>, Razumov E. Y.<sup>2\*</sup>, Safina A. V.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation.*

<sup>2</sup> *Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russian Federation. [evgeny.razumov2011@yandex.ru](mailto:evgeny.razumov2011@yandex.ru)*

**ABSTRACT:** The article deals with the results of experimental researches of the medium pressure impact on the products output and the duration of wood thermal decomposition process. It was revealed that for the purposes of intensification of deep wood pyrolysis it is viable to regulate the pressure in the apparatus during the process itself: an initial stage of thermal decomposition that needs admission of great amount of thermal energy to the material from the outside is necessary to conduct under the high medium pressure, at a later stage, in order to remove heavy fractions it is helpful to reduce the pressure.

**Key words:** charcoal; raw material; desiccation of wood; pyrolysis; pressure regulation.

### INTRODUCTION

In present state of techniques and technologies more than a quarter of all converted wood becomes wastes. That is why efficient use of wood raw material waste of timber harvesting, sawmilling and wood working process is one of the most urgent issues of timber complex that still needs a solution.

One of the optimal kinds of wood waste recycling is pyrolysis. Simplicity of mechanization, diversification of resulting products, easy regulation of system parameters make this method more attractive. Moreover, in the process of wood waste pyrolysis one can obtain:

- charcoal that being an essential raw material for various manufactures and in steady demand both in Russia and abroad finds its application in household use, chemical, metal, medical and other industries;
- pyroligneous liquor – a product of condensing a steam gas mixture that in the process of further recycling makes it possible to receive veterinary and smoke flavoring preparations, resin oil, as well as wood tar creosote oils having antiseptic properties and used for processing of unhaired leather at tan yards instead of toxic oxydiphenil;

- non-condensable gases that can be used both for the pyrolysis itself and for the cheap energy obtained in the process of burning.

However, in most of existing installations pyroligneous liquor and non-condensable gases are not caught and simply get thrown in the atmosphere that leads to the loss of essential products. That is why it is currently important to develop up-to-date equipment with the possibility to regulate end products of decomposition and reduce duration of the process.

In the perspective of objective understanding of the wood pyrolysis process we will examine its main stages: pre-heating, desiccation, pyrolysis itself and cooling.

In the process of desiccation of wood one can mark two stages: the first one carries in desiccators; the second one, final raw material drying, takes place directly during the process of pyrolysis. Wood desiccation stage ends approximately at the temperature of 120°C, at that, wood runs out of moisture, wood chemical composition undergoes only insignificant changes, and volatile products do not appear.

Next stage is the stage of wood decomposition. This period can be characterized by decomposition of less heat-stable wood components with emission of reaction water, carbon dioxide and some other products and by change of chemical and elementary composition. Cellulose mass reduction can be particularly noticed at the temperature up to 270°C.

At the temperature from 270 to 275°C one can see rapid wood decomposition accompanied by heat emission (exothermal process) and formation of basic mass of decomposition products.

Coal baking stage, that runs in dependence with apparatus type and pyrolysis method at the temperature of 380 – 500 °C, forwards emission of great amount of gases and small amount of liquid products.

After the end of pyrolysis process it is important to stabilize the charcoal; that is to divest it of the possibility to self-ignite. For this purpose it is necessary to cool the charcoal up to the temperature of 50 – 80°C.

## MATERIALS AND METHODS

For the research of pressure impact on the process of pyrolysis it was created an experimental installation that allows to regulate absolute pressure in the working chamber in the interval from 0,6 to 3 atm. The plan and the layout of the installation are presented on the fig. 1.

The installation consists of the pyrolysis chamber 1, which through the nipple with a valve 2 is connected with the pressure regulating system including a snake-like condenser 3, a shell-type condenser 4 with a condensate receiver, a vacuum pump 6 and fluidic ejectors 7. The temperature in the pyrolysis chamber 1 is maintained at a setting value through the use of a heat regulator 8, heating elements 9, a thermocouple element 10 and an instrumental board 11. The pressure in the pyrolysis chamber 1 is fixed with a differential manometer 12. The sample 13 mass alteration in the process of pyrolysis is registered with a strain-gauge detector 14, the signal of which goes through an analogue-to digital converter 15 and enters a personal computer 16. The sample mass alteration registered by the detector is saved in the database and is processed in real time mode. As the result of data processing, pyrolysis duration is assessed.

Experimental researches are conducted in the following manner. The sample 13, weighed in advance, is placed on the special cup 17, the pressure of which is transmitted to the strain-gauge detector 14 by means of a stock 18. Thereafter, the pyrolysis chamber 1 is made airtight with a cover 19.

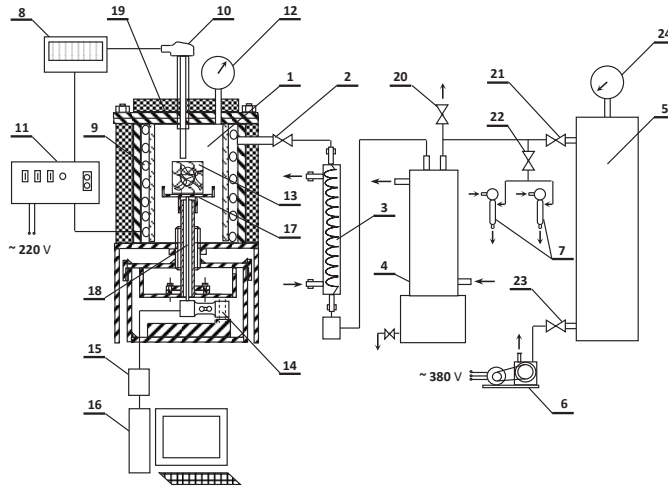


Fig. 1. Experimental stand for the research of wood samples thermal decomposition under regular medium pressure.

According to the plan of experiment pyrolysis temperature is defined with a heat regulator 8; pressure in the chamber 1 at a setting value is maintained by means of a valve 2 and a pressure regulating system. At that, in the case of conducting the experiment in the rare medium ejectors 7 and a vacuum receiver 5 come into operation. During experiments in the context of overpressure, the valve 2 was shut off until necessary pressure was attained due to the emission of volatile components and temperature effect following which pressure is gradually relieved through valves 2 and 20.

The experiment ends when the sample mass is stabilized that indicates termination of volatile substances emission. Thereafter, the installation shuts off and charcoal gets cool naturally.

As a model material for experiments of the pyrolysis process one used birch wood samples that are used in the manufacture of charcoal of A grade. Only absolutely dry samples were put to use in experiments.

## RESULTS

Experimental researches of pyrolysis kinetics in the context of medium pressure regulation were conducted at the temperature of 600 °C. As the result of received data processing we determined dependencies of wood thermal decomposition process duration and charcoal output on pressure in the pyrolysis chamber.

Figure 2 shows that when the pressure in the apparatus rises the process of pyrolysis flows more intensively that can be explained by formation of more stable compounds of decomposition products accompanied by emission of a large amount of heat energy that, in its turn, leads to decomposition process activation. In contrast, medium pressure decrease results into involuntary volatile substances extraction, and, consequently, into temperature decrease in the reaction zone.

At the same time, an analysis of charcoal output dependency on total pressure in the chamber (fig. 3) shows that pressure increase does not favor reaction of dissociation (decomposition) of charcoal formation products, but it encourages an intensive temperature increase and prevents steam gas mixture emission that, in its turn, promotes greater charcoal recombination and growth of its output. Rarefaction in the chamber forwards the raise of liquid products output as a result of their rapid extraction from the reaction zone, and does not come into reaction with charcoal which is a strong catalyst of chemical reactions.

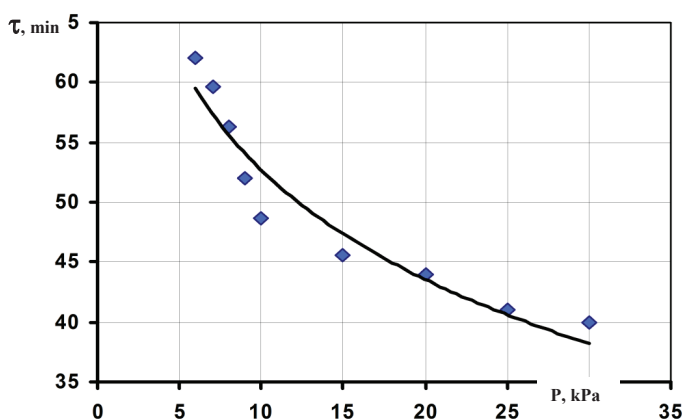


Fig. 2. Duration of wood samples pyrolysis depending on pressure in the chamber.

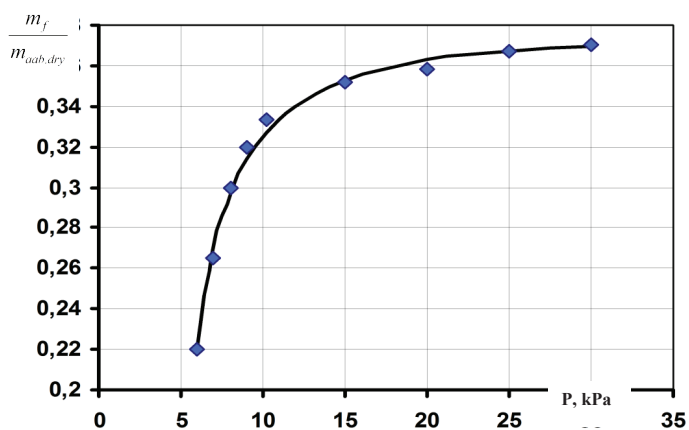


Fig. 3. Charcoal output depending on pressure in the pyrolysis chamber.

For the research of steam gas mixture impact on different stages of charcoal formation we obtained kinetic curves of samples mass alteration during the process in the context of different parameters of general pressure (fig. 4). Taking into account inclination of curves relative to the axis of abscissa it is possible to estimate intensity of the wood thermal decomposition process. Presented curves show that in the initial period the most intensive decrease of samples mass takes place under excessive pressures. The residual period of thermal decomposition corresponds to emission of the heaviest fractions of forest-chemical products, that is why their extraction proceeds more intensively than under lower pressures in the apparatus.

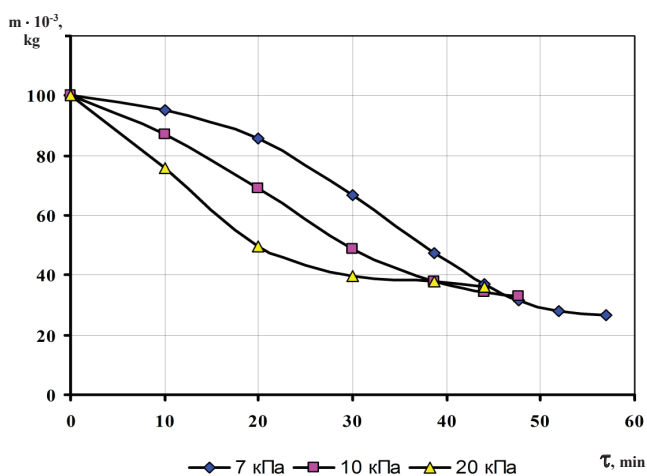


Fig. 4. Kinetic curves showing sample mass alteration under different medium pressures.

Thus, for the purposes of wood pyrolysis deep intensification it is viable to regulate the pressure in the apparatus during the process itself: an initial stage of thermal decomposition that needs admission of great amount of thermal energy to the material from the outside is necessary to conduct under the high medium pressure, at a later stage, in order to remove heavy fractions it is helpful to reduce the pressure.

## CONCLUSION

A developed experimental installation and a series of conducted experiments show the possibility of using suggested wood pyrolysis method in the process of medium pressure regulation under production-line conditions. Implementation of new wood pyrolysis apparatuses, that are able to work under different pressures, will make it possible to get necessary products in the process of strong intensification.

## ACKNOWLEDGEMENT

The work was carried out within the grant of President of Russian Federation for support of young Russian scientists – doctors of Sciences (MD-5596.2016.8).

## REFERENCES

- Patent RF № 2400671. Installation for thermal recycling of solid waste /Timerbaev N. F., Ziatdinova D. F., Safin R. R., Sadrtidinov A. R., Safin R. G., Kuzmin I. A., Razumov E. Y., Mindubaev R. R. 2009
- SAFIN R.R., VALEEV I.A., SAFIN R.G. Mathematical modeling of wood pyrolysis in the process of medium pressure regulation / Vestnik of Moscow State Wood University. 2005. № 2. pp. 168–173.
- SAFIN R.R., VALEEV I.A., SAFIN R.G. Experimental research of pressure impact in the process of wood pyrolysis / Vestnik of Kazan Technological University. 2004. № 1. pp. 256–260.
- SAFIN R.R., RAZUMOV E.Y., VORONIN A.E., ZIATDINOV A.R., SABIROV A.T. Installation for recycling of wood waste production / Issues of modern science and practice. University n. after Vernadsky. 2009. № 5. pp. 82–87.

### Contact address

Prof. Ing. Ruslan Rušanovič Safin, DrSc., Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation, tel.: +7 904 476 350 89, email: cfaby@mail.ru