

# Assessment of Fire Danger of Agricultural Crop based on the Temperature of Agricultural Machinery Exhausts Measurements – Case Study

## Posúdenie nebezpečenstva vzniku požiaru poľnohospodárskych kultúr na základe merania teploty výfukových plynov – prípadová štúdia

Iveta Ujpálová<sup>1, \*</sup>, Andrea Majlingová<sup>2</sup>, Jozef Svetlík<sup>3</sup>, Štefan Galla<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Lt. Iveta Ujpálová, Fire and Research Institute of the Ministry of Interior of the Slovak Republic, Rožňavská 11, 831 04 Bratislava, Slovakia; [iveta.ujpalova@minv.sk](mailto:iveta.ujpalova@minv.sk)

<sup>2</sup> Assoc. prof. Andrea Majlingová, PhD., Department of Fire Protection, Faculty of Wood Sciences and Technology, Technical University in Zvolen, Slovakia; [andrea.majlingova@tuzvo.sk](mailto:andrea.majlingova@tuzvo.sk)

<sup>3</sup> Assoc. prof. Jozef Svetlík, PhD., Department of Fire Engineering, Faculty of Security Engineering, University of Zilina, 1. maja 32, 010 26 Žilina; [jozef.svetlik@fbi.uniza.sk](mailto:jozef.svetlik@fbi.uniza.sk)

<sup>4</sup> Lt. col. Štefan Galla, PhD. MBA, Fire and Research Institute of the Ministry of Interior of the Slovak Republic, Rožňavská 11, 831 04 Bratislava, Slovakia; [stefan.galla@minv.sk](mailto:stefan.galla@minv.sk)

\* Corresponding author: [iveta.ujpalova@minv.sk](mailto:iveta.ujpalova@minv.sk)

*Original scientific paper*

*Received: October 18, 2019; Accepted: December 02, 2019; Published: December 31, 2019*

### Abstract

The initiation of fires in the natural environment is accompanied by various factors that interact with each other. In the natural environment, the fuel is represented mostly by vegetation. The aim of the experiments performed was to assess the fire danger based on the measurements of the exhaust gas temperature of selected agricultural machines and their subsequent evaluation. Exhaust gas temperature measurements were performed using a thermocouple and the exhaust system surface temperature measurements were performed using an infrared thermometer. The results showed that the highest temperatures were obtained for tractor engines that did not have exhaust treatment and were subjected to high loading. We found that the application of the exhaust system treatment features results in a reduction in the temperature of the exhaust gases.

**Keywords:** Fire Danger; Fire Statistics; Exhaust Gas Temperature; Agricultural Crops

### 1 Introduction

The initiation of fires in the natural environment is accompanied by various factors that interact with each other. In the natural environment, the fuel is represented by vegetation, which is classified as the A fire class

### 1 Úvod

Vznik požiarov v prírodnom prostredí je sprevádzaný rôznymi faktormi, ktoré sa navzájom ovplyvňujú. Za palivo sa v prírodnom prostredí považuje vegetácia, ktorá sa klasifikuje do triedy požiarov A - tuhé horľavé

- solid combustible matter. These plant substances can reach different flash point temperature, which depends on their quantity, moisture content, oils and various minerals content. Among the key factors belong the meteorological conditions and topography of the site [2].

Fire in the natural environment is interfered with by heat convection and radiation. The heat transfer by radiation is dominant when fuel is burning at lower levels, at the height of grass and shrubs located on flat surfaces. The heat accumulated from the fire is transmitted by convection from lower levels to higher levels, where the level of branches and tree crowns is affected [2].

Agricultural crops are classified as terrestrial (surface) combustible fuels, which characteristics affect the rate and intensity of fire propagation. The decisive factor is the phase of their maturing or drying, when it is easier to ignite them and they can significantly influence the propagation and culmination of the fire [2].

## 2 Statistical data on fires

Collection and evaluation of statistical data on fires during the harvest and forage harvest season is provided by the Fire and Research Institute of the Ministry of the Interior of the Slovak Republic. Here, we introduce the data on agricultural fires number for the last 10 years (Figure 1).

According to the data, it can be concluded that there occurred 1,394 fires in total in the harvesting seasons, which represents 139 fires per year on average. The most frequently occurring fires in the harvesting season are the straw fires on rows, stubble fires (922 fires), grain on the root fires (190 fires), fires of a stack of straw from a new crop (127 fires), straw fires when stacking, straw package fires respectively (95 fires). During this period, there was a fire of the grain harvester in 30 cases. During the forage harvest season, there occurred totally 270 fires, i.e. 27 fires per year on average. The most common fires during this season are the field forage harvest fires (68 fires), forage warehouse fires (58 fires), stacked forage, hay bale fires (52 fires) and forage stack fires (48 fires).

látky. Tieto rastlinné substancie môžu dosahovať rôznu teplotu vzplanutia, ktorá je limitovaná ich množstvom, obsahom vlhkosti, olejov a rôznych minerálov. Medzi kľúčové faktory je možné zaradiť meteorologické podmienky a topografickú charakteristiku geografickej polohy životného prostredia [2].

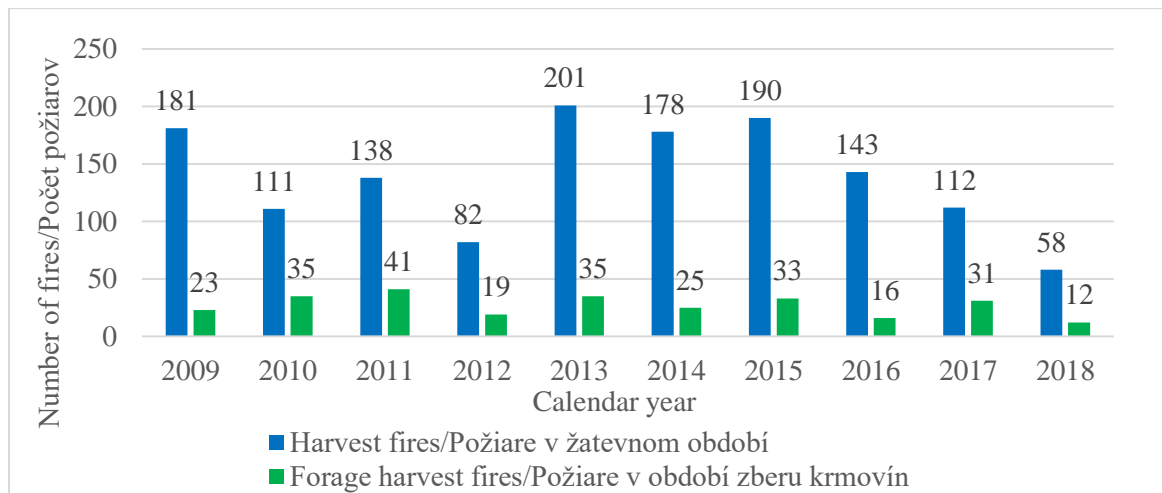
Požiar v prírodnom prostredí je interferovaný konvekciou a radiáciou tepla. Prenos tepla radiáciou je dominantný pri horení paliva v nižších úrovniach, vo výške trávy a krovia nachádzajúceho sa na rovinatých plochách. Teplo kumulované z požiaru je šírené konvekciou z nižších úrovní do vyšších, kde je zasiahnutá úroveň konárov a korún stromov [2].

Poľnohospodárske kultúry sa radia medzi pozemné (povrchové) horľavé palivá, ktoré svojou charakteristikou ovplyvňujú rýchlosť a intenzitu šírenia sa požiaru. Rozhodujúcim faktorom je fáza ich vyzretia, prípadne vysušenia, kedy sú ľahšie zapáliteľné a môžu výrazne ovplyvňovať propagáciu a kulmináciu požiaru [2].

## 2 Štatistika požiarovosti

Štatistické sledovanie požiarovosti v žatevnom období a v období zberu krmovín je zabezpečované Požiarnotechnickým a expertíznym ústavom Ministerstva vnútra Slovenskej republiky (Obrázok 1).

Získané údaje ohľadom požiarovosti sa vzťahujú na sledované obdobie za posledných 10 rokov. Podľa údajov je možné usudzovať, že k požiarom v žatevnom období došlo celkovo 1 394 krát, čo v priemerne predstavuje 139 požiarov za rok. Medzi najpočetnejšie požiare v žatevnom období sa zaraďuje požiar slamy na riadkoch, resp. strniska (922 požiarov), obilia na koreni (190 požiarov), stohu slamy z novej úrody (127 požiarov), slamy pri stohovaní, resp. balík slamy (95 požiarov). Za uvedené obdobie došlo k požiaru obilného kombajnu v 30 prípadoch. V období zberu krmovín došlo k požiarom celkovo 270 krát a v priemerne došlo k 27 požiarom za rok. Najčastejšie sa vyskytujúce požiare počas uvedeného obdobia sú požiare pri zbere krmovín na poli (68 požiarov), skladu objemových krmovín (58 požiarov), krmoviny pri stohovaní, balíku sena (52 požiarov) a stohu krmovín (48 požiarov).



**Figure 1.** Number of harvesting and forage harvesting fires in period 2009 to 2018

**Obrázok 1.** Požiarovosť v žatevnom období a v období zberu krmovín za roky 2009 až 2018

### 3 Material and Methodology

The constructive sources of ignition of agricultural machines include hot exhaust system surfaces. The exhaust system diverts the exhaust gases from the engine and also serves as an emission control system. A catalytic converter having a surface temperature between 316 °C and 538 °C during normal operation is located in the exhaust system. In a normally functioning motor vehicle, the potential hazard is the contact of the exhaust surface and the catalytic converter with combustible materials. The exhaust temperature depends on several parameters such as engine type, vehicle weight, engine speed, load, slope and more. Under normal operating conditions, the temperature in the exhaust pipe may vary between 250 °C - 300 °C and 900 °C - 950 °C [1].

Agricultural machines (tractors and harvesters) have many hydraulic components which hydraulic fluid can leak from. Non-lubricated

or worn bearings can ignite flammable dust or liquids deposits due to overheating. The exhaust gases temperature of agricultural machines is mainly influenced by an exhaust gas treatment system such as variable geometry turbochargers (VGT), selective catalytic reduction (SCR), exhaust gas recirculation (EGR), diesel oxidation catalyst (DOC) and concentric air system

### 3 Materiál a metódy

Medzi konštruktívne zdroje iniciácie požiaru poľnohospodárskych vozidiel sa zahrňujú horúce povrchy výfukového systému. Výfukový systém odvádza výfukové plyny od motora a zároveň slúži ako systém pre kontrolu hodnoty emisií. Vo výfukovom systéme je umiestnený katalyzátor, ktorého rozsah povrchových teplôt počas normálnej prevádzky dosahuje hodnoty od 316 °C do 538 °C. V normálne fungujúcom motorovom vozidle je potencionálnym nebezpečenstvom kontakt povrchu výfuku a katalyzátora s horľavými materiálmi. Teplota výfukových plynov závisí od viacerých parametrov, ako je typ motora, hmotnosť vozidla, otáčky motora, zaťaženie, sklon terénu a ďalších. Za normálnych prevádzkových podmienok, teplota vo výfukovom potrubí môže kolísať medzi hodnotami 250 °C – 300 °C a 900 °C – 950 °C [1].

Poľnohospodárske stroje (traktory a kombajny) majú mnoho hydraulických komponentov, kde môže dôjsť k úniku hydraulickej kvapaliny. Nenamazané alebo opotrebované ložiská môžu vplyvom prehriatia zapáliť horľavé nánosy. Teplotu výfukových plynov poľnohospodárskych strojov ovplyvňuje predovšetkým systém úpravy výfukových plynov ako je VGT (variable geometry turbochargers), SCR (selective

(CAS). By design adjustments, it is possible not only to reduce the value of the flue gas emitted from the exhaust system, but also to reduce the thermal radiation [1].

The aim of the research performed was to assess the fire danger based on the realised experiments, i.e. measurements of the exhaust gas temperature of selected agricultural machines and their subsequent evaluation. Exhaust gas temperature measurements were performed using a thermocouple and the exhaust system surface temperature measurements were performed using an infrared thermometer [1].

#### 4 Results and discussion

An overview of the results of the exhaust gas temperature and the exhaust system surface temperature measurement is introduced in Table 1.

catalytic reduction), EGR (exhaust gas recirculation), DOC (diesel oxidation catalyst) a CAS (concentric air system). Konštrukčnými úpravami je možné dosiahnuť nielen zníženie hodnoty spalín emitovaných z výfukového systému, ale aj zníženie tepelného vyžarovania [1].

Cieľom vykonaného výskumu bolo posúdenie požiarneho nebezpečenstva na základe experimentálneho merania a stanovenia teploty výfukových plynov vybranej poľnohospodárskej techniky, pomocou meracích prístrojov a následne ich vyhodnotenie. Meranie teploty výfukových plynov sa vykonávalo pomocou termočlánku a meranie teploty povrchu výfukového systému sa vykonávalo infračerveným prístrojom [1].

#### 4 Výsledky a diskusia

Súhrn výsledkov meraní teploty výfukových plynov a teploty povrchov výfukového systému je zobrazený v tabuľke 1.

**Table 1.** Overview of measured exhaust gases and exhaust surface temperatures

**Tabuľka 1.** Súhrn výsledkov meraní výfukových plynov a teploty povrchov výfukového systému

Machine/Stroj	Engine operation/ Činnosť motora	Treatment system/ Systém úpravy	Exhaust gases temperature/ Teplota plynov [°C]	Exhaust surface temperature/ Teplota povrchu [°C]
<b>Harvesters/Kombajny</b>				
New Holland CX 8070 (2009)	loading/ záťaž	VGT	<b>280.3</b>	<b>302.8</b>
New Holland CX 8070 (2015)	loading	SCR	238.5	190.7
New Holland CS 540	idling/ voľnobeh	VGT	167.3	178.9
<b>Tractors/Traktory</b>				
Fend 1050 Vario	idling	VGT. SCR. CAS	199.4	131.3
Fend Farmer 308 LSA	loading	VGT	155.7	124.8
Valtra N 114	loading	VGT. SCR. DOC	191.1	<b>141.9</b>
New Holland T 6050	loading	VGT	188	137.5
Zetor Major CL 80	loading	VGT. EGR. DOC	136.2	135.9
Zetor 50 Super	loading	no treatment	193.5	132.3
Zetor 7245	loading	no treatment	<b>238.7</b>	130.2

The results showed that the highest temperatures were obtained for tractor engines that did not have exhaust treatment and were subjected to high loading. We found that the

Z nameraných výsledkov vyplýva, že najvyššie teploty boli dosahované pri motoroch traktorov, ktoré nedisponovali úpravou výfukových plynov a podliehali vysokej záťaži.

using of VGT, EGR and DOC devices in the exhaust system results in a reduction in the temperature of the exhaust gases. [1]

There is a high level of dustiness during harvesting. The swirling cereal dust forms an easily flammable mixture with air. In internal combustion engines, fuel is converted into heat due to the chemical reaction, which is discharged to the air, along with the combustion products, after the work has been carried out. Heat is also transferred to the surroundings through the walls of the exhaust system, creating a hot surface, which then reaches high temperatures. In case, when the flash point temperature of operating fluids or solid combustible materials is reached, parts of the exhaust system may cause a fire. The exhaust system temperature measured by us on some agricultural machines has exceeded a critical point at which the temperature is high enough to be able to initiate machine operating fluids or solid combustible materials deposited on the exhaust system components. The flash point temperature of operating fluids is as follows: diesel of 220 °C, engine oil of ca. 360 °C, gear oil of 360 °C. Ignition temperature of deposited dust of solid combustible materials on hot surfaces is: hay of 333 °C, wheat straw of 310 °C, mixed grain dust of 290 - 300 °C, wheat grain of 290 °C, oats of 350 °C, fine corn grain dust of 280 °C, coarse dust of corn grain of 410 °C.

## 5 Conclusions

From the fire safety point of view, it is recommended to make the necessary adjustments to prevent sparks from escaping from the exhaust system, for example by installing a spark arrester that significantly reduces the possibility of unwanted combustion of surrounding combustible material during agricultural works. Another important component is the EGR system, which cools the temperature of the exhaust gases and reduces nitrogen oxides. The SCR system is another equivalent that allows lowering the exhaust gas temperature and converting nitrogen oxides to nitrogen and water when

Výskumom bolo zistené, že aplikáciou zariadení VGT, EGR a DOC vo výfukovom systéme, dochádza k zníženiu teploty výfukových plynov [1].

Počas žatvy dochádza k vysokej prašnosti. Rozvírený obilný prach tvorí so vzduchom ľahko zápalnú zmes. V spaľovacích motoroch sa vďaka chemickej reakcii premieňa palivo na teplo, ktoré je po vykonaní práce odvádzané výfukovým systémom spolu so splodinami horenia do ovzdušia. Teplo sa odvádzá do okolia aj prostredníctvom stien výfukového systému, čím vzniká horúci povrch, ktorý následne dosahuje vysoké teploty. V prípade, ak dôjde

k dosiahnutiu teploty vzplanutia prevádzkových kvapalín alebo tuhých horľavých materiálov, na častiach výfukového systému, môže dôjsť k vzniku požiaru. Teplota výfukového systému určitých poľnohospodárskych mechanizmov prekročila bod, v ktorom je teplota dostatočne vysoká na to, aby bola schopná iniciovať prevádzkové kvapaliny vozidla alebo tuhé horľavé materiály, usadené na komponentoch výfukového systému. Teplota vznietenia prevádzkových kvapalín: motorová nafta 220 °C, motorový olej okolo 360 °C, prevodový olej 360 °C. Teplota vznietenia usadeného prachu tuhých horľavých materiálov na horúcom povrchu: seno 333 °C, pšeničná slama 310 °C, zmiešaný obilný prach 290 – 300 °C, pšeničné obilie 290 °C, ovos 350 °C, jemný prach z kukuričného zrna 280°C, hrubý prach z kukuričného zrna 410 °C.

## 5 Záver

Z hľadiska požiarnej bezpečnosti sa odporúča vykonať potrebné úpravy na zamedzenie výletu iskier z výfukového systému, a to napríklad inštaláciou lapača iskier, ktorý podstatne zníži možnosť nechceného zahorenia okolitého horľavého materiálu počas poľnohospodárskych prác. Ďalším dôležitým komponentom je systém EGR, ktorý ochladzuje teplotu výfukových plynov a redukuje oxidy dusíka. Systém SCR je ďalší ekvivalent, ktorý umožňuje znižovanie teploty výfukových plynov a premenu specified exhaust gas temperature is reached [1], [3].

**Acknowledgments**

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract no. APVV-17-0005.

a oxidov dusíka na dusík a vodu po dosiahnutí určitej teploty výfukových plynov [1], [3].

**Pod'akovanie**

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-17-0005.

**References / Literatúra**

- [1] Ujpálová. I.: Požiarna bezpečnosť výfukových systémov poľnohospodárskych strojov / Fire safety of agricultural machinery exhaust systems. University of Žilina. 2019. pp. 22, 41-42, 62 – 64.
- [2] NFPA 921: Guide for Fire and Explosion Investigation. Washington: American National Standards Institute. 2008. pp. 370 – 371.
- [3] Steinleitner. H.D. et al.: Požárně a bezpečnostně technické charakteristické hodnoty nebezpečných látek / Fire and safety characteristics of dangerous substances. Berlin: Staatsdruckerei, 1988, pp. 916 – 922.