



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-17-0005

Systematický prístup k štúdiu zmien parametrov požiaru s využitím progresívnych analytických a forenzných metód

Zodpovedný riešiteľ **prof. RNDr. Danica Kačíková, PhD.**

Príjemca

Technická univerzita vo Zvolene - Drevárska fakulta

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene
Požiarnotechnický a expertízny ústav Ministerstva vnútra SR

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

-

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Progresívne laboratórne metódy v kombinácii s normovými metodikami umožnili vyvinutie nových skúšobných laboratórnych metód na zisťovanie požiarnotechnických a materiálových charakteristík dreva a materiálov na báze dreva. Nové metódy boli overené počas riešenia projektu APVV-17-0005 a využívané pri získavaní originálnych výsledkov projektu. Nové vyvinuté metódy boli základom pre podanie dvoch úžitkových vzorov (AGJ01, AGJ02).

AGJ01 Spôsob merania rýchlosti odhorievania a rýchlosti zuhoľňatenia polymérov s iniciáciou plameňom a systém na jeho vykonávanie : úžitkový vzor č. 9373 / Martin Zachar, Danica Kačíková, Andrea Majlingová. Vestník ÚPV SR č. 21/2021. - Banská Bystrica : Úrad priemyselného vlastníctva Slovenskej republiky, 2021. - 9 s. : 2 obr. - Spôsob prístupu: <https://wbr.indprop.gov.sk/WebRegistre/UzitkovyVzor/Detail/50121-2020> [ZACHAR, Martin (70%) - KAČÍKOVÁ, Danica (15%) - MAJLINGOVÁ, Andrea (15%)]

AGJ02 Spôsob merania rýchlosti odhorievania a rýchlosti zuhoľňatenia polymérov s iniciáciou elektrickou iskrou a systém na jeho vykonávanie : úžitkový vzor č. 9372 / Martin Zachar, Danica Kačíková, Andrea Majlingová. Vestník ÚPV SR č. 21/2021. - Banská Bystrica : Úrad priemyselného vlastníctva Slovenskej republiky, 2021. - 9 s. : 2 obr. - Spôsob prístupu: <https://wbr.indprop.gov.sk/WebRegistre/UzitkovyVzor/Detail/50120-2020> [ZACHAR, Martin (70%) - KAČÍKOVÁ, Danica (15%) - MAJLINGOVÁ, Andrea (15%)]

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

AAA Progressive methods for determining the fire resistance of wooden beams / Dominik Špilák, Andrea Majlingová, Danica Kačíková ; rec. Jiří Pokorný, Peter Rantuch. - 1. vyd. - Plzeň : Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2021. - 159 s. : 68 obr., 4 tab. - APVV-17-0005. - ISBN 978-80-7380-875-4. [ŠPILÁK, Dominik (50%) - MAJLINGOVÁ, Andrea (30%) - KAČÍKOVÁ, Danica (20%) - POKORNÝ, Jiří (rec.) - RANTUCH, Peter (rec.)]

V1 / AAB Aplikácia progresívnej testovacej metódy na stanovenie požiarotechnických charakteristík smrekového dreva [elektronický zdroj] / Martin Zachar; rec. Jozef Martinka, Linda Osvaldová Makovická. - 1. vyd. - Elektronické dokumenty (listy, články, monografie). - Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2022. - 119 s. [online PDF]: 48 obr., 9 tab. - APVV-17-0005 ; VEGA 1/0115/22. - ISBN 978-80-228-3354-7. [ZACHAR, Martin (100%)]

AAB Konštrukcie drevostavieb a ich správanie sa pri požiari [elektronický zdroj] / Ľudmila Tereňová, Katarína Dúbravská; rec. Anton Osvald, Jozef Štefko. - 1. vyd. - Elektronické dokumenty (listy, články, monografie). - Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2018. - 97 s. [CD-ROM] [6,64 AH] : 68 obr., 14 tab. - APVV-0057-12 ; APVV-17-0005 ; VEGA 1/0493/18. - ISBN 978-80-228-3086-7. [TEREŇOVÁ, Ľudmila (50%) - DÚBRAVSKÁ, Katarína (50%) - OSVALD, Anton (rec.) - ŠTEFKO, Jozef (rec.)]

AAB Štúdium vplyvu zmeny parametrov lesného prostredia a paliva na správanie lesného požiaru [elektronický zdroj] / Danica Kačíková ... [et al.]; rec. Linda Makovická Osvaldová, Jaroslav Kapusniak. - 1. vyd. - Elektronické dokumenty (listy, články, monografie). - Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2020. - 112 s. [CD-ROM] [5,03 AH] : 49 obr., 9 tab., 2 príl. - ITMS 313011T720 ; ITMS2014+: 313012Q879 ; APVV-17-0005 ; APVV-0057-12. - ISBN 978-80-228-3232-8. [KAČÍKOVÁ, Danica (25%) - MAJLINGOVÁ, Andrea (25%) - VEĽAS, Rastislav (25%) - LIESKOVSKÝ, Martin (25%) - MAKOVICKÁ OSVALDOVÁ, Linda (rec.) - KAPUSNIAK, Jaroslav (rec.)]

V3 / ADC Determining the charred layer of wooden beams with finite element analysis based on enthalpy approach / Dominik Špilák ... [et al.]. - APVV-17-0005 ; SK-CN-21-0002 ; KEGA 001TU Z-4/2020 ; ITMS 313011T720. - Spôsob prístupu: <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/7/875/htm>. - Popis urobený: 20220712. - Zverejnené na internete: 20220621. - CCC, WOS, SCOPUS. In: Buildings [elektronický zdroj]. - ISSN 2075-5309. - Vol. 12, issue 7 (2022), art. no. 875 [17 p.] [online]. (2021: 3.324 - IF, 3.354 - IF 5y, 35 - H-index, 0.565 - SJR, 3.598 - CPD, Q2 - JCR Best Q, Q1 - SJR Best Q). [ŠPILÁK, Dominik (55%) - MAJLINGOVÁ, Andrea (20%) - KAČÍKOVÁ, Danica (20%) - TISCHLER, Patrik (5%)]

V3 / ADC Effect of expandable graphite flakes on the flame resistance of oak wood / Elena Kmeťová ... [et al.]. - APVV-17-0005 ; APVV-16-0326. - Spôsob prístupu: <https://www.mdpi.com/2079-6412/12/12/1908>. - Popis urobený: 20221215. - Zverejnené na internete: 20221206. - CCC, WOS, SCOPUS. In: Coatings [elektronický zdroj]. - ISSN 2079-6412. - Vol. 12, issue 12 (2022), art. no. 1908 [11 p.] [online]. (2021: 3.236 - IF, 3.312 - IF 5y, 48 - H-index, 0.482 - SJR, 3.12 - CPD, Q2 - JCR Best Q, Q2 - SJR Best Q). [KMEŤOVÁ, Elena (25%) - KAČÍK, František (25%) - KUBOVSKÝ, Ivan (25%) - KAČÍKOVÁ, Danica (25%)]

V3 / ADC Progressive methods in studying the charred layer parameters change in relation to wood moisture content / Dominik Špilák, Andrea Majlingová. - APVV-17-0005 ; SK-CN-21-0002 ; ITMS 313011T720. - Spôsob prístupu: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/22/4997>. - Popis urobený: 20221215. - Zverejnené na internete: 20221118. - CCC, WOS, SCOPUS. In: Polymers [elektronický zdroj]. - ISSN 2073-4360. - Vol. 14, issue 22 (2022), art. no. 4997 [15 p.] [online]. (2021: 4.967 - IF, 5.063 - IF 5y, 89 - H-index, 0.726 - SJR, 4.8 - CPD, Q1 - JCR Best Q, Q1 - SJR Best Q). [ŠPILÁK, Dominik (50%) - MAJLINGOVÁ, Andrea (50%)]

ADC Effect of natural aging on oak wood fire resistance / Martin Zachar ... [et al.]. - APVV-17-0005. - Spôsob prístupu: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/13/2059/htm>. - Popis urobený: 20210719. - Zverejnené na internete: 20210623. - CCC, WOS, SCOPUS. In: Polymers [elektronický zdroj]. - ISSN 2073-4360. - Vol. 13, issue 13 (2021), art. no. 2059 [10 p.] [online]. (2021: 4.967 - IF, 5.063 - IF 5y, 89 - H-index, 0.726 - SJR, 4.8 - CPD, Q1 - JCR Best Q, Q1 - SJR Best Q). [ZACHAR, Martin (40%) - ČABALOVÁ, Iveta (40%) - KAČÍKOVÁ, Danica (15%) - JURCZYKOVÁ, Tereza (5%)]

ADC The influence of nanoparticles on fire retardancy of pedunculate oak wood / Danica Kačíková ... [et al.]. - APVV-17-0005 ; APVV-16-0326 ; VEGA 1/0387/18 ; VEGA 1/0450/19. - Spôsob prístupu: <https://www.mdpi.com/2079-4991/11/12/3405/htm>. - Popis urobený: 20220121. - Zverejnené na internete: 20211216. - CCC, WOS, SCOPUS. In: Nanomaterials [elektronický zdroj]. - ISSN 2079-4991. - Vol. 11, issue 12 (2021), art. no. 3405 [13 p.] [online]. (2021: 5.719 - IF, 5.810 - IF 5y, 80 - H-index, 0.839 - SJR, 5.44 - CPD, Q1 - JCR Best Q, Q1 - SJR Best Q). [KAČÍKOVÁ, Danica (20%) - KUBOVSKÝ, Ivan (20%) - EŠTOKOVÁ, Adriana (10%) - KAČÍK, František (20%) - KMEŤOVÁ, Elena (10%) - KOVÁČ,

Ján (10%) - ĎURKOVIČ, Jaroslav (10%)]

V3 / ADN The progressive test method for assessing the thermal resistance of spruce wood / Elena Kmeťová, Martin Zachar, Danica Kačíková. - APVV-17-0005 ; APVV-16-0326 ; VEGA 1/0115/22. - WOS, SCOPUS. In: Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen : vedecký časopis Drevárskej fakulty. - ISSN 1336-3824. - Vol. 64, no. 2 (2022), p. 29-36. (2021: 15 - H-index, 0.336 - SJR, 2.1 - CPD, Q2 - SJR Best Q).

[KMEŤOVÁ, Elena (40%) - ZACHAR, Martin (30%) - KAČÍKOVÁ, Danica (30%)]

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu, vyvinuté a modifikované metodiky komplexného posudzovania materiálov pre potreby ochrany pred požiarimi, získané originálne hodnoty požiarotechnických a materiálových charakteristík horľavých materiálov ako aj návrh systematického prístupu k štúdiu parametrov požiaru majú uplatnenie:

1. v základnom výskume pre potreby požiarneho inžinierstva – implementácia progresívnych laboratórnych, výpočtových a modelovacích metód na získanie výsledkov aplikovateľných v rôznych oblastiach požiarneho inžinierstva,
2. v prepojení základného výskumu
 - s požiarnym skúšobníctvom – aplikácia vyvinutých a modifikovaných metodík na stanovenie rýchlosti šírenia plameňa, rýchlosti odhorievania, tvorby zuhoľnatenej vrstvy a požiarnej odolnosti konštrukčných prvkov,
 - s tvorbou databázy požiarotechnických a materiálových charakteristík horľavých a termicky nestabilných materiálov – získanie originálnych výsledkov progresívnych laboratórnych metód (využitie plynového a kvapalinového chromatografu, skenovacieho elektrónového mikroskopu, hmotnostného spektrometra, FTIR spektrometra, kónického kalorimetra),
 - so zisťovaním príčin vzniku požiarov – kvantifikácia závislostí medzi aktivačnými energiami a vzplanutím a vznietením, ako aj teplotami v ohnisku požiaru a tvorbou zuhoľnatenej vrstvy,
 - s počítačom podporovaným modelovaním dynamiky požiaru – využitie simulačných nástrojov ANSYS a virtuálnej reality,
 - s protipožiarou bezpečnosťou stavieb – aplikácia počítačom podporovaného modelovania s využitím progresívnych nástrojmi na posúdenie požiarnej odolnosti konštrukčných prvkov,
 - s požiarou prevenciou – hodnotenie príspevku materiálov a výrobkov k zvýšeniu teploty a k tvorbe dymu progresívnymi analytickými metódami pred a po protipožiarnej úprave rôznymi typmi retardérov,
 - s požiarou represiou – výpočtový odhad tvorby nebezpečných produktov termického rozkladu a uvoľneného tepla.
3. vo využití metód a výsledkov základného výskumu v oblasti požiarneho inžinierstva realizovaného v súlade s najnovšími modernými trendmi na zvyšovanie protipožiarnej ochrany a bezpečnosti.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Hlavný cieľ projektu, vypracovanie a verifikácia metodiky pre aplikáciu systematického prístupu k štúdiu zmien parametrov požiaru na základe matematického modelovania a výpočtov s originálnymi vstupnými parametrami, získanými prostredníctvom aplikácie progresívnych analytických a forenzných metód, bol rozpracovaný na čiastkové ciele. Čiastkovými cieľmi boli: 1. Charakterizácia vybraných progresívnych testovacích metód; 2. Viacrozmerné testovanie reprezentatívnych materiálov; 3. Vytvorenie interaktívnej databázy originálnych výsledkov testovania materiálov; 4. Tvorba, validácia a verifikácia modelov požiarov; 5. Návrh oblastí implementácie výsledkov projektu; 5. Diseminácia výsledkov a prínosov projektu.

Boli vyvinuté nové progresívne metódy na stanovenie rýchlosti odhorievania, stanovenie zuhoľnatenej vrstvy dreva a požiarnej odolnosti drevených nosníkov. Vytvorená databáza originálnych požiarotechnických a materiálových charakteristík polymérnych materiálov prírodného aj syntetického pôvodu bola aplikovaná do počítačom podporovaného modelovania pre potreby zisťovania príčin požiaru a protipožiarnej bezpečnosti stavieb. Vypracovaná metodika aplikácie systematického prístupu k štúdiu zmien parametrov vnútorného požiaru (materiálové charakteristiky – strednorozmerové testy – veľkorozmerové testy a využitie počítačom podporovaného modelovania a výpočtov) bola využitá aj pre

vybrané prírodné požiare.

Splnením všetkých čiastkových cieľov bol naplnený hlavný cieľ projektu. Všetky získané výsledky boli publikované v súlade s plánom v domácich a zahraničnej monografii, pôvodných karentovaných vedeckých článkoch a spolu so zorganizovanými konferenciami a seminármi naplnili aj požiadavky diseminácie výsledkov a prínosov projektu.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The main goal of the project, the development and verification of a methodology for the application of a systematic approach to the study of changes in fire parameters based on mathematical modelling and calculations with original input parameters obtained through the application of progressive analytical and forensic methods, was elaborated into partial objectives. The partial objectives were: 1. Characterization of selected progressive testing methods; 2. Multidimensional testing of representative materials; 3. Creation of an interactive database of original material testing results; 4. Creation, validation and verification of fire models; 5. Proposal of areas of implementation of project results; 5. Dissemination of project results and benefits.

New progressive methods have been developed to determine the burning rate, the charred layer of wood and the fire resistance of wooden beams. The created database of original fire technical and material characteristics of polymeric materials of natural and synthetic origin was applied to computer-supported modelling for the needs of determining the causes of fire and fire safety of buildings. The developed methodology for the application of a systematic approach to the study of changes in internal fire parameters (material characteristics - medium-scale tests - large-scale tests and the use of computer-supported modelling and calculations) was also used for selected natural fires.

By fulfilling all partial objectives, the main goal of the project was fulfilled. All obtained results were published in accordance with the plan in domestic and foreign monographs, original quarantined scientific articles, and together with the organized conferences and seminars, they also met the requirements for the dissemination of the results and benefits of the project.