



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-19-0214

Biokompatibilita a objektivizácia elektromagnetického poľa siet'ovej frekvencie v husto osídlených oblastiach

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Milan Smetana, PhD.**

Príjemca **Žilinská univerzita v Žiline - Fakulta elektrotechniky a informačných technológií**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Žiadateľ:

Fakulta elektrotechniky a informačných technológií Žilinskej univerzity v Žiline

Katedra teoretickej elektrotechniky a biomedicínskeho inžinierstva

Spoluriešiteľské organizácie:

VUJE, a.s., Trnava

Jesseniova lekárska fakulta UK v Martine.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

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

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

1. MÍŠEK, J., VETERNÍK, M., TONHAJZEROVÁ, I., JAKUŠOVÁ, V., JANOUŠEK, L., JAKUŠ, J.: Radiofrequency Electromagnetic Field Affects Heart Rate Variability in Rabbits. *Physiol res*, 2020, 69(4), pp. 633-643, ISSN 1802-9973
2. ULBRICHTOVÁ, R., JAKUŠOVÁ, V., OSINA, O., ZIBOLENOVÁ, J., KUKA, S., HUDEČKOVÁ, H.: Association of the role of personal variables and nonoccupational risk factors for work-related carpal tunnel syndrome. *Cent Eur J Public Health*. 2020;28(4):274-278, ISSN 12107778.
3. SKURČÁK, Ľ., BOJDA, P., GBELEC, J. Hodnotenie elektromagnetických polí v okolí transformátorových staníc umiestnených v blízkosti obytných zón. In: Recenzovaný časopis: *Fyzikálne Faktory Prostredia*. ročník XI, číslo 2-2021; s. 44-52. ISSN: 1338-3922
4. GOMBARSKA, D., PSENAKOVA, Z., CARNECKA, L.: Laboratory Measurements of Electromagnetic Field inside Motorcycle Helmet with installed Bluetooth Communicator. *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY [online]*. 2021, 1(6), 58-61. ISSN 0033-2097. doi:10.15199/48.2021.06.10
5. RADIL, R., BARABAS, J., JANOUSEK, L., KAMENCAY, P.: Investigation of Magnetic Flux Density Variation Influence on the Biological Response of Cell Cultures. In: 2021 13th

- International Conference on Measurement [online]. IEEE, 2021, 2021-5-17, s. 186-189. ISBN 978-80-972629-5-2. doi:10.23919/Measurement52780.2021.9446789
6. JUDAKOVA, Z., JANOUSEK, L., RADIL, R., CARNECKA, L.: Low-Frequency Magnetic Field Exposure System for Cells Electromagnetic Biocompatibility Studies. Applied Sciences [online]. 2022, 12(14). ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app12146846
7. PSENAKOVA, Z., SMONDRK, M., BARABAS, J., et al.: Computational Analysis of a Multi-Layered Skin and Cardiac Pacemaker Model Based on Neural Network Approach. Sensors [online]. 2022, 22(17). ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s22176359
8. KOPANI, M., PANIK, J., FILOVA, B., BUJDOS, M., MISEK, J., KOHAN, M., JAKUS, J., POVINEC, P.: PIXE analysis of iron in rabbit cerebellum after exposure to radiofrequency electromagnetic fields. Bratislava Medical Journal [online]. 2022, 123(12), 864-871. ISSN 1336-0345. Dostupné z: doi:10.4149/BLL_2022_138
9. BACOVA, F., BENOVA, M.: Exposure modelling to child's and adult's chest to EMF inside shielded areas. In: 2022 23rd International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE) [online]. IEEE, 2022, 2022-9-11, s. 1-4. ISBN 979-8-3503-9625-6. Dostupné z: doi:10.1109/CPEE56060.2022.9919412
10. MÍŠEK, J., HAMZA SLÁDIČEKOVÁ, K., VETERNÍK, M., KOPÁNI, M., TONHAJZEROVÁ, I., VIŠŇOVCOVÁ, N., PARÍZEK, D., JAKUŠOVÁ, J., JAKUŠ, J.: Effects of the electromagnetic field on the cardiovascular and nervous "Network" systems. International Conference on Pharmaceutical and Medical Sciences [4] - Kraków-Martin-Szeged, 16.09.2022 - 18.09.2022. PL
11. CARNECKA, L., BAJTOS, M., JUDAKOVA, Z., RADIL, R., JANOUSEK, L.: Proliferative Activity of Eukaryotic Cells Affected by Extremely Low-Frequency Electromagnetic Field. In: 2022 ELEKTRO (ELEKTRO) [online]. IEEE, 2022, 2022-5-23, s. 1-5. ISBN 978-1-6654-6726-1. Dostupné z: doi:10.1109/ELEKTRO53996.2022.9803049
12. RADIL, R., BAJTOS, M., CARNECKA, L., HARGASOVA, K., KAMENCAY, P.: Numerical approach to design of low frequency magnetic field irradiation system for lab on chip experiments. In: 2022 ELEKTRO (ELEKTRO) [online]. IEEE, 2022, 2022-5-23, s. 1-4. ISBN 978-1-6654-6726-1. Dostupné z: doi:10.1109/ELEKTRO53996.2022.9803452
13. MÍŠEK, J., JAKUŠ, J., HAMZA SLÁDIČEKOVÁ, K., ZASTKO, L., VETERNÍK, M., JAKUŠOVÁ, V., BELYAEV, I.: Extremely low frequency magnetic fields emitted by cell phones. Frontiers in Physics, 2023, 11(1): 1-8.
14. PARÍZEK, D., VIŠŇOVCOVÁ, N., HAMZA SLÁDIČEKOVÁ, K., MÍŠEK, J., JAKUŠ, J., JAKUŠOVÁ, J., KOHAN, M., VIŠŇOVCOVÁ, Z., FERENCOVÁ, N., TONHAJZEROVÁ, I.: Electromagnetic fields - do they pose a cardiovascular risk? Physiological research, 2023, 72(2):199-208.
15. JUDAKOVA, Z., RADIL, R., JANOUSEK, L., POBOCIKOVA, I.: Sensitivity of Cell Cultures on Time-Varying Low-Frequency Magnetic Field Changes. Applied Sciences [online]. 2023, 13(3). ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app13031777

Uplatnenie výsledkov projektu

Hlavné výsledky projektu:

1. Kritický prieskum úrovni elektromagnetických polí, ktorý dáva presnejší obraz o dosahovaných ako aj očakávaných úrovniach intenzity elektrického poľa a magnetickej indukcie s frekvenciou 50 Hz v husto obývaných územiach SR.
2. Overená metodika výpočtu veľkosti expozície elektromagnetickému poľu v transformátorových elektrických staníc VN/NN v ustálených prevádzkových režimoch podľa platných expozičných limitov, umožňujúca posúdiť aj maximálne prevádzkové stavy.
3. Výskum potenciálnych biologických účinkov umožnil definovať opatrenia zamerané na zníženie zdravotných rizík v súvislosti s dlhodobou expozíciou obyvateľov nízkofrekvenčnému elektromagnetickému poľu.
4. Internetová stránka, ktorá sumarizuje všetky vyššie uvedené výstupy do vhodnej formy a ponúka širokej odbornej aj laickej verejnosti prehľad o aktuálnych úrovniach elektromagnetického poľa (EMP) sieťovej frekvencie vo vytipovaných husto obývaných oblastiach SR. K dispozícii sú výsledky akreditovaných meraní v podobe zjednodušených meracích protokolov, ako aj adekvátne informácie ohľadom možných zdravotných rizík a opatreniach ako im predchádzať, prípadne ako znížiť účinky expozície elektromagnetickému poľu. Stránka ponúka možnosť definovaného prístupu aj tretím stranám, ktoré môžu takýmto spôsobom prezentovať vlastné výsledky meraní EMP, prípadne prezentovať

relevantné a vedecky potvrdené informácie z predmetnej oblasti a prispieť tak k zvýšeniu celospoločenského povedomia o problematike EMP, jeho objektivizácie a vplyvu na zdravie obyvateľstva. Informačný aj vedecký potenciál web stránky je časovo prakticky neobmedzený, čo je zabezpečené jej pravidelnou aktualizáciou, ktorá bude pokračovať aj po skončení projektu. Z praktického hľadiska sú na web stránke poskytované údaje, ktoré sú v zmysle platnej legislatívy relevantné pre elektro-energetické spoločnosti a správcu prenosovej sústavy SR, projektantov stavieb, ale aj orgány zabezpečujúce ochranu zdravia obyvateľstva, alebo životného prostredia. Z dlhodobého hľadiska majú výsledky projektu potenciál prispieť aj k prehodnoteniu legislatívne stanovených bezpečnostných rámcov na národnej či medzinárodnej úrovni.

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

Vecné aj technické riešenie projektu prebiehalo v 3. etapách v súlade s projektovým zámerom. V rámci týchto etáp boli riešené dve nosné témy zamerané na oblasť extrémne nízkych frekvencií (ENF):

1. Objektivizácia expozície obyvateľov elektromagnetickým poľom sieťovej frekvencie 50 Hz v husto obývaných územiach, generovaných kioskovými a kobkovými transformátorovými stanicami, ako aj elektrickými vedeniami.

2. Biomedicínsky výskum kvality a kvantity potenciálnych biologických účinkov v súvislosti s dlhodobou expozíciou nízkofrekvenčným (50 Hz) elektromagnetickým poľom.

Počas implementácie projektu boli dosiahnuté nasledovné výsledky:

- Realizácia akreditovaných meraní úrovní elektromagnetického poľa v lokalitách s predpokladom zvýšeného pohybu verejnosti a ich následné spracovanie do formy protokolov o skúške.
- Pre posudzovanie vplyvov ENF EMP na biologické objekty boli optimalizované expozičné zostavy na pracovisku žiadateľa UNIZA aj spoluriešiteľa JLF UK, vrátane prispôsobenia expozičných protokolov.
- Metodika na hodnotenie úrovní EMP generovaných uvedenými transformátorovými stanicami, umožňujúca komplexné posúdenie veľkosti expozície pre maximálne dovolené prevádzkové stavy, s ohľadom na porovnateľnosť a hodnovernosť výsledkov.
- Experimentálne overené parametre ENF EMP, ktoré je možné považovať za biologicky aktívne s ohľadom na expozičný čas.
- Identifikácia špecifických biologických štruktúr a procesov (depozity Fe, HRV), ktoré sú najviac náchylné na vplyvy ENF EMP, a ktorých zmeny v dôsledku expozície môžu predstavovať potenciálne zdravotné riziká.
- Internetová stránka zameraná na zvýšenie informovanosti širokej odbornej aj laickej verejnosti k biologickým účinkom neionizujúceho elektromagnetického žiarenia v oblasti extrémne nízkych frekvencií.

Stránka ponúka zosumarizované výsledky hodnotenia expozície ENF EMP v miestach s vysokou koncentráciou obyvateľstva a v miestach s dlhodobou expozíciou, prehľad vhodných nástrojov a preventívnych opatrení zameraných na zníženie potencionálnych rizík v súvislosti s dlhodobou expozíciou ENF EMP.

Výsledky jednotlivých aktivít riešeného projektu boli priebežne publikované v odborných časopisoch a zborníkoch z odborných konferencií na národnej a medzinárodnej úrovni.

Merateľné ukazovatele projektu boli počas celého obdobia riešenia projektu plnené nad pôvodne plánovaný rámec a potvrdzujú splnenie všetkých stanovených cieľov projektu tak, ako boli definované v projektovom zámere. Detailný opis výstupov a prínosov projektu je uvedený v Záverečnej správe o riešení projektu (formulár ZS1).

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

The factual and technical solution of the project was carried out in 3 stages in accordance with the project plan. Within these stages, two main themes were addressed, focusing on the area of extremely low frequencies (ELF):

1. Objectification of the exposure of the population to electromagnetic fields of 50 Hz grid frequency in densely populated areas, generated by kiosk and cube transformer stations as well as power lines.

2. Biomedical research on the quality and quantity of potential biological effects associated

with long-term exposure to low-frequency (50 Hz) electromagnetic fields.

During the implementation of the project, the following results were achieved:

- Accredited measurements of electromagnetic field levels in locations with increased public movement and their subsequent processing in the form of test protocols.
- For the assessment of the effects of ELF EMF on biological objects, the exposure kits at the workplace of both the applicant UNIZA and the co-investigator JLF UK were optimized, including the adaptation and implementation of relevant exposure protocols.
- Methodology for the assessment of EMF levels generated by the transformer stations, allowing a comprehensive assessment of the magnitude of exposure for the maximum permissible operating conditions, with respect to the comparability and credibility of the results.
- Experimentally verified ELF EMF parameters that can be considered biologically active with respect to exposure time.
- Identification of specific biological structures and processes (Fe deposition, HRV) that are most susceptible to the effects of ELF EMF and whose changes due to exposure may pose potential health risks.
- A website providing relevant and scientifically indisputable data regarding the EMF levels and their possible biological effects at extremely low frequencies. The website also aims at dissemination of the information among the general and professional public to simplify access and raise awareness regarding the problematics of EMF objectification and exposure. Thus the site offers summarised results of the assessment of ELF EMF exposure in locations with high population concentrations and in locations with long-term exposure, an overview of appropriate tools and preventive measures aimed at reducing potential risks related to long-term exposure to ELF EMF.

The results of individual activities of the project have been continuously published in professional journals and proceedings of professional conferences at national and international level. The project's measurable indicators have been fulfilled beyond the originally planned scope throughout the whole project implementation period and confirm the fulfilment of all the project objectives specified in the project. A detailed description of the outputs and benefits of the project is provided in the Final Project Implementation Report (form ZS1).