

**Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici**  
**Fakulta prírodných vied**

**ACTA UNIVERSITATIS MATTHIAE BELII**

**SÉRIA ENVIRONMENTÁLNE MANAŽÉRSTVO**

**ROČNÍK XX.**

**Číslo 1**

**BANSKÁ BYSTRICA**

**2018**

## **Názov: ACTA UNIVERSITATIS MATTHIAE BELII, roč. XX, č. 1, 2018**

**ACTA UNIVERSITATIS MATTHIAE BELII séria Environmentálne manažérstvo** je vedecký časopis so zameraním korešpondujúcim s interdisciplinárnym charakterom Katedry životného prostredia FPV UMB v Banskej Bystrici. V periodiku možno publikovať pôvodné vedecké a odborné práce – štúdie prehľadové, metodologické, výskumné, prípadové z oblasti prírodných, spoločenských, technických vied a recenzie knižných publikácií.

### **VEDECKÍ EDITORI:**

**prof. RNDr. Peter ANDRÁŠ, CSc.**, Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Banská Bystrica

**prof. Ing. Ján ZELENÝ, CSc.**, Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Banská Bystrica

**prof. Florarea DAMIAN, PhD.**, Universitatea Din Cluj Napoca, Centrul Universitar Nord Din Baia Mare, Faculty of Science, Romania

### **VEDECKÝ REDAKTOR: prof. RNDr. Iveta MARKOVÁ, PhD.**

### **REDAKČNÁ RADA:**

#### **Zahraniční členovia redakčnej rady:**

**Dr hab. Prof. UP Beata BARABASZ-KRASNY**, Pedagogical University of Cracow, Department of Botany, Poland

**Ing. Marcela DAVIDOVA, PhD.**, Universitatea Din Cluj Napoca, Centrul Universitar Nord Din Baia Mare, Faculty of Science, Romania

**prof. Ing. Vojtech DIRNER, CSc.**, Ostravská univerzita v Ostrave, HgF VŠB-TU, Institut environmentálního inženýrství, Česká republika

**Associate Professor Eila JERONEN**, Universities of Oulu, Lapland and Helsinki, Finland

**Associate Professor Dr. rer. nat. Sherif KHARBISH**, Geology Department, Faculty of Science, Suez University, Suez, Egypt

**Ing. Vilém KUNZ, Ph.D.**, Katedra marketingové komunikace, Fakulta sociálních studií, Vysoká škola finanční a správní, Most, Česká republika

**Prof. Verica MILANKO, PhD.**, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu, Srbsko

**Associate Professor Volodymyr V. NYKYFOROV**, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradsyi, National University, Ukraine

**prof. Katarzyna POTYRALA**, Pedagogical University of Krakow, Poland

**prof. SHI-WENG L. PhD.**, School of Chemical and Biological Engineering, Lanzhou Jiaotong University, P. R., China

**doc. Ing. Eva RUŽINSKÁ, PhD., MBA, Ing. Paed. IGIP**, College of Technology and Business in Czech Budejovice, Czech Republic

**prof. Tatyana R. STEFANOVSKA**, Research Institute of Cropscience, Ecology and Biotechnologies, National University of life and Environmental Science, Ukraine

**doc. PaedDr. RNDr. Milada ŠVECOVÁ, CSc.**, Univerzita Karlova, Prírodovedecká fakulta, Katedra antropológie a genetiky, Česká republika

**prof. João Manuel Xavierde MATOS**, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Portugal

**prof. Piotr P. WIECZORKA, Ph.D, DSc.**, Katedra Chemii Analitycznej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Uniwersytet Opolski, Poland

**Domáci členovia redakčnej rady:**

**prof. RNDr. Peter ANDRÁŠ, CSc.**, Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Banská Bystrica

**prof. Ing. Karol BALOG, PhD.**, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovovo-technologická fakulta so sídlom v Trnave

**doc. RNDr. Miroslav RUSKO, CSc.**, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovovo-technologická fakulta so sídlom v Trnave

**Ing. Marek DRIMAL, PhD.**, Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Banská Bystrica

**RNDr. Jana JAĎUĎOVÁ, PhD.**, Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Banská Bystrica

**Ing. Radoslava KANIANSKÁ, CSc.**, Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Banská Bystrica

**prof. Mgr. Juraj LADOMERSKÝ, CSc.**, Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Banská Bystrica

**Ing. Linda MAKOVICKÁ-OSVALDOVÁ, PhD.**, Žilinská univerzita, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, Žilina

**Doc. Ing. Miroslav RUSKO, PhD.** Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovovo-technologická fakulta so sídlom v Trnave

**doc. Ing. Ján TOMAŠKIN, PhD.**, Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Banská Bystrica

**RNDr. Judita TOMAŠKINOVÁ, PhD.**, Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Banská Bystrica

**doc. RNDr. Ingrid TURISOVÁ, PhD.**, Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra biológie a ekológie, Banská Bystrica

**prof. Ing. Ján ZELENÝ, CSc.**, Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Banská Bystrica

Za jazykovú úpravu príspevkov zodpovedajú autori.

Názov: ACTA UNIVERSITATIS MATTHIAE BELII, roč. XX, č. 1

Vydavateľ: Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica  
Fakulta prírodných vied

Rok: 2018

Rozsah: 108 strán

Formát: A4

ISSN 1338-4430

ISSN 1338-449X

## OBSAH/CONTENT

### Prehľadové štúdie

EKOLOGICKÉ HAVÁRIE NA VODE. PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA OHĽADOM TECHNICKÉHO VYBAVENIA NA ICH LIKVIDÁCIU – PRAKTICKÉ SKÚSENOSTI ECOLOGICAL DISASTERS ON WATER. CASE STUDY ABOUT TECHNICAL EQUIPMENTS FOR THEIR LIQUIDATION – PRACTICAL SKILLS.....	6
Jozef Lauko	

### Výskumné štúdie

ALLELOPATHIC ACTIVITY OF THE THREE STRAINS OF BALTIC PICOCYANOBACTERIUM SYNECHOCOCCUS SP. ON SELECTED ALGAE AND CYANOBACTERIA .....	17
Zofia Konarzewska, Sylwia Śliwińska-Wilczewska, Adam Latała	
VPLYV MYKORÍZNYCH PRÍPRAVKOV NA VYBRANÉ AGROCHEMICKÉ VLASTNOSTI PÔDY TRÁVNIKA THE INFLUENCE OF MYCORRHIZAL PREPARATIONS ON SELECTED AGROCHEMICAL PROPERTIES OF TURF SOILS .....	31
Peter Hric, Ľuboš Vozár, Peter Kovář	
GEOCHEMISTRY AND GEOTECTONIC SIGNIFICANCE OF NEOPROTEROZOIC OPHIOLITIC PERIDOTITES AND PYROXENITES: KAB AMIRI, EASTERN DESERT, EGYPT .....	38
Sherif Kharbish, Amr El-Awady	
TECHNOLOGICKÉ POSTUPY ZÁCHRANNÝCH PRÁC NA ŽELEZNIČNOM PRIECESTÍ PRI NEHODE VLAKOVEJ SÚPRAVY SO ŠPECIÁLNÝM NÁKLADNÝM VOZIDLOM TECHNOLOGICAL PROCEDURES OF RESCUE WORK ON THE RAILWAY CROSSING IN THE ACCIDENT OF A TRAIN SET WITH A SPECIAL FREIGHT VEHICLE.....	46
Mikuláš Monoší, Michal Ballay	
EXPANZÍVNY DRUH SAMBUCUS EBULUS V ASOCIÁCII SAMBUCETUM EBULI V BRATISLAVE THE EXPANSIVE SPECIES SAMBUCUS EBULUS IN THE ASSOCIATION SAMBUCETUM EBULI IN BRATISLAVA	56
Alena Rendeková, Michal Hrabovský, Ján Miškovič, Karol Mičieta.....	
STAKEHOLDER MANAŽMENT V DWEJRA HERITAGE PARK (MALTA) AKO ZÁKLAD STRATEGICKÉHO PLÁNOVANIA V KONTEXTE OCHRANY ENVIRONMENTÁLNEHO KAPITALU STAKEHOLDER MANAGEMENT OF DWEJRA HERITAGE PARK (MALTA) AS THE BASIS OF STRATEGIC PLANNING IN THE CONTEXT OF THE PROTECTION OF ENVIRONMENTAL CAPITAL	65
Juditka Tomaškinová, Ján Tomaškin, Jozef Kručay.....	
POZOROVANIA A KOUČING - METÓDY ZVÝŠOVANIA SPOĽAHLIVOSTI ĽUDSKÉHO ČINITEĽA MONITORING AND CAUTION - METHODS OF INCREASING HUMAN RELIABILITY FACTOR.....	78
Ivana Tureková	
BIONICS – Inspiration in nature for new adsorbents design and their potential in pharmaceuticals removal.....	89
Eva Chmielewska	
PREDBEŽNÝ MODEL ROZPTYLU BODOVÝCH A FUGITÍVNÝCH EMISIÍ TUHÝCH ZNEČISŤUJÚCICH LÁTOK Z VÝROBY DREVNÝCH PELIET PRELIMINARY MODEL OF DISPERSION OF FUGITIVE AND POINT EMISSIONS OF PARTICULATE MATTER SOURCES FROM WOOD PELLETS PRODUCING.....	98
Emília Hroncová, Juraj Ladomerský	

### Správy

SPRÁVA ZO ŠTUDIJNEJ NÁVŠTEVY PARTNEROV K PROJEKTU RUINS REPORT FROM THE STUDY VISIT OF PARTNERS TO THE RUINS PROJECT .....	105
Ivan Murin	

# Prehládové štúdie

---

## EKOLOGICKÉ HAVÁRIE NA VODE. PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA OHĽADOM TECHNICKÉHO VYBAVENIA NA ICH LIKVIDÁCIU – PRAKTICKÉ SKÚSENOSTI

### ECOLOGICAL DISASTERS ON WATER. CASE STUDY ABOUT TECHNICAL EQUIPMENTS FOR THEIR LIQUIDATION – PRACTICAL SKILLS

*Jozef Lauko*

Ing. Jozef Lauko, PhD., SLOVNAFT a.s. Bratislava

DOI <http://dx.doi.org/10.24040/actaem.2018.20.1.6-16>

**Abstract:** The author is in article oriented to the specific activities of fire fighting units, which became a part of their activity just in last 15 years. They are ecologic disasters on water flows. Liquidation of those disasters is difficult regarding the environment, which is for the human unnatural for his free movement. For liquidation of those disasters are necessary the special means that need some helping of skills and knowledge from various branches, which are different from current fire fighting activities. In last part of the article are described the most familiar means for catching the leaking materials on water flows. Author describes each types of oil barrier and put them in order according to pretension of their installation. Every oil barrier gets some name. The least pretentious oil barrier from the view of installation is oil barrier filled by the foam. Oil barrier filled by the air is the most in use. The last walls are metal and are the most stable and the most existing

**Key words:** Oil barrier, Hydrophobic absorptive material, Degreasing means, Pumps in explosion - proof

## Introduction

Article describes knowledge about technical equipment's and systems for liquidation of ecological disaster on water. A the method of laying and applying sorption systems is described by Fabian, Slezák (2014) and Coneva (2005).

To the basic equipment's for providing of works during the liquidation of ecological disasters on water - course belong:

- 1/ oil barriers of different construction and hydrophobic absorptive snakes
- 2/ bulk hydrophobic absorptive materials for absorption of petroleum substances
- 3/ hydrophobic absorptive carpets and hydrophobic absorptive mats
- 4/ degreasing means for chemical decomposition of hydrocarbons
- 5/ pumps in explosion proof version for collection of leaked substances from water level

To the subsidiary means for providing of safety works during the liquidation of petroleum disasters on water - course belong:

- 1/ lifeboat – the best if is equipped with powerful hanging ship engine
- 2/ fixing portable basins for temporary storage of contaminated material taken from water level
- 3/ mobile means for transport of contaminated material taken from water level

## Description brief of individual means for Oil barriers

### a/ Oil barriers - filled with a foam

The barrier is designed for creating barriers on the water level during liquidation of ecological disasters and for their prevention. (Lauko, 2005) The barrier (Fig 1) is practically non-sinkable. It observes its functions even after partial destruction. It has very good physically mechanical characteristics, chemical resistance and is resistant to solar radiation. Even without maintenance, it can be used for several years.

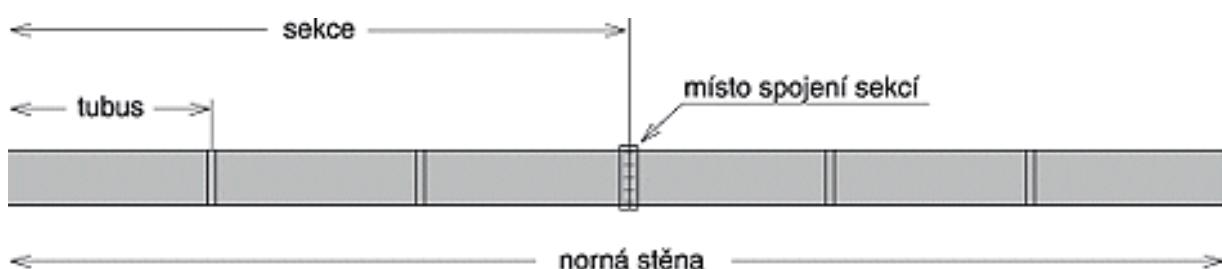


Fig 1 Example of Oil barriers (Lauko, 2005)

The barrier consists of firm covering filled with lightweight foam, equipped with steel rings for anchorage of a guide rope and for linking the barriers together. At the bottom of the barriers there are weight bars (Fig 1). The length can be adjusted according to the customer requests. Used materials are friendly to the environment. Particular segments are joined by connecting PP rope at a diameter of 4 mm or by using plastic needle.

b./ Inflatable floating oil barriers

They are used for catching of petroleum substances from the water level. It is an air hose in cylinder-shape (Fig 2) with diameter of 30 cm, which is equipped with cleaning doctor of 48 cm (height). Produced length of the barrier is 5 and 10 m. Separated parts can be connected.



**Fig 2** The cylinder-shape barrier (Photo autor)

Details of connecting the barriers (Fig 3):

- The barrier cleaning doctor is reinforced along full length with polyamide strap creating also catching eyes for fastening booms to the bank or anchorage
- At both ends of the barriers the reinforced textile strips are made to enable mutual connection with the help of fast locking device
- Galvanized chain is used as a weight element
- The barriers are transported in textile packaging



**Fig 3** Details of connecting the barriers (Photo autor)

We can reckon this oil barrier as a basic barrier, which has to absorb the biggest quantity of leaked substance. It is the most massive barrier, which we use and the advantage is good storage, in emergency state takes a little place.

#### c./ Metal oil barrier for high flow speed

Is made from zinc-coated iron with non-dip float. Segments are equipped with handles and length of segment is 4 m. Producer offers segment according to the customer's requests.

Special design ensures excellent fixation of danger substances on the water courses with high flow speed. Sealing rubber slips prevent the penetration of petroleum substance between segments, thanks to solid metal construction is able to stand higher strain.

This oil barrier is suitable for long time intervention or as a preventive wall on the places, where is expected up rise of ecological disasters and may be used for absorbing of contamination on smaller water courses. During the installation, we do not need the inflating or stretching by the bearing petroleum (Fig 4).



**Fig 4** Practical skills during the installation metal oil barrier (Photo autor)

#### d./ Layer oil barrier

Layer oil barrier is the best-sophisticated barrier. It is high stable and solid metal construction. They are two parallel metal barriers to which it is possible to install grillage settee on which it is easily to walk. It is possible to connect the segments by the pins, length of the segments is 3-5 m. For the manipulation with segments it is necessary to use the lift techniques. This barrier is suitable for long time intervention and for collection of contamination and petroleum substances. Purchase of this barrier is advantageous investment on the placed where are repeated disasters. Individual segment can be used as an improvise float with loading capacity to the 150 kg.



**Fig 5** Practical skills during the installation layer oil barrier (Photo autor)

Basic rules for installation of oil barriers on the water - course:

- If we have in intervention perimeter the water - course, it is good that we have choosed some places for installation of this oil barrier
- If we choose the place, we have to connect the barrier to the length, which will be enough for dam of water - course
- If we have enough of those oil barriers, we can make more of those sets (it will speed up the intervention)
- It is good if every oil barrier has blast valve as is on the tire of vehicle (clever fire men can do them very easy)
- It is good to have to every segment one pressure bottle e.i. from the breathing apparatus, and it is good to have on the bottle tube for blowing of oil barrier

For blowing of one segment and putting on the water level is one fire man enough:

- It can see unbelievable, but five fire men can blow 50m of oil barrier in 2 minutes
- In case that the barrier consists from more than two segments it is good if on every joint of segments is attached rope, which is anchored on the shore and helps the barrier as a whole to keep the requisite form.
- The barrier before the putting on the water level must be very good anchored on the shore
- The barrier must be put on the water level parallel with the shore so, that the anchored of barrier on the bottom must be in flow of water course

Barrier is installed so, that at first on the top end we tie solid and sufficient long rope, which we carry over to the opposite side of water course and we place to the shore the suitable anchor element around which we by one or two twine we wrap the rope

When is everything ready we can step by step to relieve the ropes and the barrier is by the pressure of water raft to the opposite side of water course

This description seems to be longwinded, physical difficult but I can guarantee that well organize teams of 10 firemen will make the installation of 50 m barriers in not more than 10 minutes.

The conditions is that you have prepared all necessary means: Connected oil barriers, Pressure bottles with air + filling valves, Anchorage ropes, anchorage pins, big hammers.

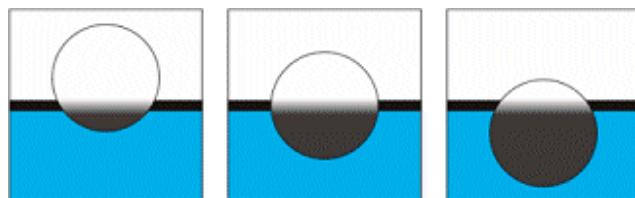
#### e./ hydrophobic absorptive snakes

Those equipment's for liquidation of petroleum disasters are on the interface between barriers and absorptive materials. Their shape reminds oil barrier and working quality are as in absorptive materials. I can say that it is genial combination of function and purpose of use. When I met them first time I though that they are assigned for using in "first line" but life convince me that their place is on the back and in my practice I used them on the last place where the water was clean and our task was to take the last petroleum spots

After them was nothing just chemical elimination of petroleum substances. I treat their using in first line as a waste of money because the absorptive snake can very quickly absorb big quantity of petroleum substances. I recommend to use absorptive snake just one time and after using to do the special liquidation. Absorptive snakes have against the oil barriers advantage that they float on the water level and dip step by step with absorptive substances and they do not make resistance on the water level.

#### Hydrophobic absorptive snakes

Unobjectionable from the point of health in contact with drinkable water (Fig 6). Do not change nature of absorbed substances. Resistant to climatic effects, moulds, micro-organisms and solar radiation. They are high absorption capacity (Fig 7).



**Fig 6** Scheme Gradual absorption of petroleum substance, the snake does not sink



a)

b)

c)

**Fig 7** Examples of Hydrophobic absorptive snakes. Legends: a) The stripes improve permeability and increase capture of pollution, b) Simple connecting of the snake during elongation of the barrier, c) Various diameters of the snakes

#### Loose absorptive materials for absorbing the petroleum substances

For absorbing of leaked substances on the water level we must use hydrophobic absorbent, which do not suck water but just petroleum substance. From the side of material origin we know 2 types of absorbents. Natural base (mainly peatbog) and second type synthetic materials makes on the base of textile fibre (polypropylene and polyethylene).

Natural materials are more ecological and after my experiences they have better absorptive abilities. Natural materials are more expensive, but are biological degrading – synthetic absorbents are cheaper, but they need to be liquidated by burning (Marková, 2007).

Hydrophobic absorptive loose absorbent (no woven textile) has (Fig 8):

- Very high absorption capacity; up to 77 l of liquid is caught by 5 kg of loose absorbent.
- Very quick absorption.
- Unlimited time of storage.
- Easy combustibility.
- Excellent floating.
- Profitable rate between the absorption capacity and price.



**Fig 8** Examples Hydrophobic absorptive loose absorbent (no woven textile)

Hydrophobic absorptive peat loose absorbent (Fig 9) has:

Liquidation of petroleum crashes both on the solid ground and water surface

- Refinement of petroleum leakages from hardly reachable places and uneven surfaces.
- Cleans out even small chinks.
- Active support of biodegradation of captured petroleum products.
- Low weight.
- Long-lasting storage.
- Liquidation in a refuse incinerating plants or on biodegradation fields.



a)

b)

**Fig 9** Examples Hydrophobic absorptive loose absorbent (no woven textile). Legends: a) Application on the solid ground, b) Application on the water surface

At the end of this section I would like to say that the loose absorbents belong to the basic equipment for liquidation of ecological disasters but I do not recommend them for liquidation of those disasters on water - courses because their collection from water level is quite difficult and it is physically difficult with low effectiveness. I recommend using loose absorbents on the solid ground, where we can easily sweep them on the shovel and put them to the bag. For water level I recommend something else.

### Hydrophobic absorptive carpets and mats

I reckon the hydrophobic absorptive mats or carpets as the best means for collection of petroleum substances on the water level. Their advantage is easy application and easy collection from the water level. You can reach them from the shore. More easily is manipulation with hydrophobic carpet, which just uncurl and rip required quantity and put it on the water and next process is as with the mats.

Hydrophobic absorptive mats (Fig 10) have good properties, such as:

- High absorption capacity for petroleum substances.
- Quick capture and collecting of dangerous liquids both from the solid ground and water surface.
- Easy manipulation.
- Simple adjustment of the shape.
- Unlimited time of storage.
- Resistance to climatic effects.



**Fig 10** Examples of Hydrophobic absorptive mats

Hydrophobic absorptive mats are applied on absorb petroleum substances and oils. They do not absorb water (Fig 11), unlimited floating on the water surface. Resistant physical bond between captured liquid and absorbent, captured liquid does not release spontaneously.



**Fig 11** Examples of Applications Hydrophobic absorptive mats

### Degreasing means for chemical decomposition of hydrocarbons

In my fire fighting practice I met with two products, which totally liquidate the coloured greasy spots from water level - residue of petroleum substances, which float on the surface. Their thickness is 100 to 200 microns. I read from the information letter that the bio activator involved in the means causes extremely quick biological degrading of petroleum spots and residues, and at the end outgoing stuff is just H<sub>2</sub>O a CO<sub>2</sub>. By this is reduced danger resulted from leaked petroleum products. Activator is pH neutral and dermatological unexceptionable.

It is non-flammable non - toxic liquid made so, that she works as an active means, which does not have any effects as a classical cleaning stuff (organic solvent, etc.). It decomposes hydrocarbons molecules on shorter chains and supports bacteria activities during their next sour.

### Pumps in explosion - proof environment for collection of leaked substance from water level

I reckon the collection of liquids from water level as a top of art of liquidation ecological disasters. It is technical difficult activity, which we can use just in exceptional incidents. This intervention has its danger, sufficient thickness of substance on the water – course and other problem is ownership of those pumps. Because I do not know about the equipment's of fire fighting unit in Slovak republic by those means I would like to leave this part without comment. I think that the picture shows the possibility and ways of using.

#### Oil Skimmer

Floating oil skimmer for faster sucking of oil and other related pollutants from the water level of slack and flowing water. Advantages of the oil skimmer KAISER (Fig 12):

Versatile application on the water level, Easy to transfer - collapsible construction, can be successfully used with the vacuum pump and peristaltic pump system, Easy manipulation, trouble-free operation, Automatic regulating of skim edge, Flow capacity 100 - 400 l/min, Floating hose 10 m

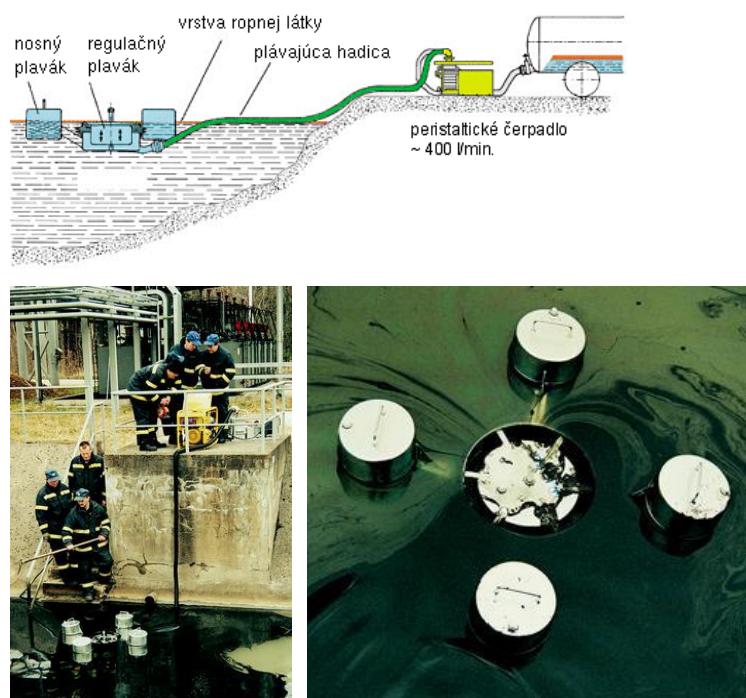
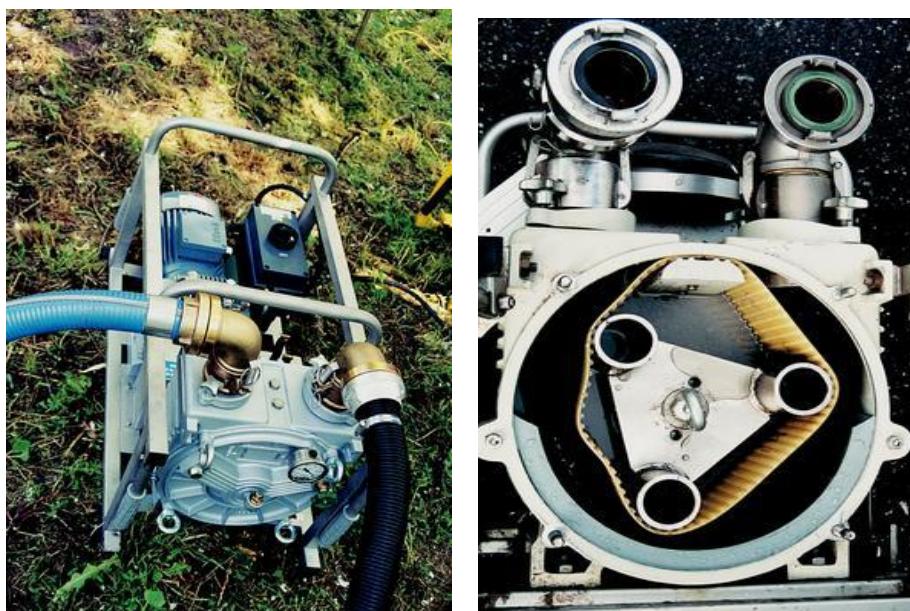


Fig 12 Application of Oil Skimmer (<https://www.reoamos.sk/sorbenty/c-1/>)

### Peristaltic pump and its application (Fig 13) are followed:

Repump of water contaminated with petroleum substances, Does not generate water emulsions of hazardous substances, Pump for oil skimmer from water surface, Pump can tick-over, High chemical resistance of the pump, Engine: electrical, petrol, hydraulic, Rotation speed: 650 - 3 600 rotation/min. Power: 5 000 - 20 000 l/hour and Height of suction: 0 - 8 m



**Fig 13** Application of Peristaltic pump and its application (<https://www.reoamos.sk/sorpclne-norne-steny/c-247/>)

### Conclusion

This article is written with a view of the fireman, who encounters the problem of environmental accidents in his practice. Since this topic is very extensive, I have devoted myself in this contribution to only the general knowledge that has brought the reader to the issue. The main message for the practice is that: environmental accidents are part of daily life and therefore do not need to be overlooked but need to be prepared for them. It is necessary to know your intervention space, you need to identify the platforms for intervention, to buy means to eliminate environmental accidents and then to practice and practice and to practice again. Only a ready fireman wishes luck.

### Literature

- Coneva, I. 2009. Nebezpečenstvo pri mimoriadnej udalosti s výskytom nebezpečnej látky spojenej s dopravnou nehodou. In: FIRECO 2009: [elektronický zdroj]: VIII. medzinárodná konferencia. Evakuácia osôb: 13.-14.mája 2009 Trenčín.. Bratislava: Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR, NIS HaZZ, 2009, s.1 - 9, ISBN 978-80-89051-10-6, EAN: 9788089051106
- Fabian, J., Slezák, J. 2014. Liquidation consequences of oil pollution incidents, a minimized damages and prevent damage to the environment [online]. *ACTA UNIVERSITATIS MATTHIAE BELII séria Environmentálne manažérstvo*, roč. XVI., č. 2, 2014, s. 93-104. Dostupné na : <https://www.fpv.umb.sk/app/cmsFile.php?disposition=a&ID=18783>
- Lauko, J. 2005. Likvidácia ekologickej havárie. FIRECO 2005, Trenčín, 2005 CD-room.
- Marková, I. 2007. Ekologické prostriedky používané pri zachytení uniknutej nebezpečnej látky. In: *Environmentálne aspekty požiarov a havárií*. 1. odborný seminar, 19.1.2007, MTF STU Trnava 2007. ISBN 80- 869390-9-1.
- Marková, I. 2007. Adsorpčné materiály. ARPOS 10-11.20-21. ISSN 1335-5910.

- Kvarčák, M. 2007. Likvidáce ropných havárií. ARPOS 10-11.22-25. ISSN 1335-5910.
- Sorbenty [online]. [cit. 2018-01-20] Available in: <https://www.reoamos.sk/sorbenty/c-1/>
- Sorpčné norné steny [online]. [cit. 2018-01-22] Available in: <https://www.reoamos.sk/sorpcne-norne-steny/c-247/>
- Norné steny a prepážky [online]. [cit. 2018-01-25] Available in: <https://www.reoamos.sk/norne-steny-a-prepazky/c-13/>
- Nafukovacia norná stena vrátane záťažových a spojovacích prvkov [online]. [cit. 2018-01-22] Available in: <http://www.gss.sk/nafukovacie-norne-steny/nafukovacia-norna-stena-vratane-zatazovych-a-spojovacich-prvkov/>

# Výskumné štúdie

## Allelopathic activity of the three strains of Baltic picocyanobacterium *Synechococcus* sp. on selected algae and cyanobacteria

Zofia Konarzewska, Sylwia Śliwińska-Wilczewska, Adam Latała

Institute of Oceanography, University of Gdańsk, Gdynia, Poland,  
Corresponding e-mail: [s.sliwinska@ug.edu.pl](mailto:s.sliwinska@ug.edu.pl)

DOI <http://dx.doi.org/10.24040/actaem.2018.20.1.17-30>

**Abstract:** The article describes the identification of human errors in the real work during the repair of an electric motor in power plant. These processes are managed by internal regulations, technological procedures and the implementation step process in which human factor contributes. The partner control method for managed activity has been assessed to observe the principles of work safety by an impartial observer. The aim was to identify human error factor. Couching and observation were used as tools to identify the deviations from the standard procedure when repairing the electric engine. Human factor errors were identified. The measures for applications of the tools to prevent human errors were set up on retraining and self-perception of the incorrect procedures of the employees due to objective and subjective reasons. The implementation of methods of the effective couching and the control from the management are the measures in the area of nuclear power stations and, thus, they lead to achieve desirable behaviour change and awareness of the personal responsibility for quality and safe work performed by the staff. Allelopathic compounds affect competition between species, structure of phytoplankton and may be a strategy for some species that allows them to survive and expand. The main aim of this work was to investigate the allelopathic effect off picocyanobacteria *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 on growth, fluorescence parameter: the maximum quantum yield of PSII photochemistry ( $F_v/F_m$ ) and pigments content: chlorophyll *a* and carotenoids of *Nostoc* sp., *Amphora coffeaeformis* and *Chlorella* sp. The results of this study demonstrated that picocyanobacteria caused allelopathic effects on mentioned species. It was noted that addition of cell-free filtrate from *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 decreased the number of cells of *Nostoc* sp., *A. coffeaeformis* and *Chlorella* sp. Furthermore, it was found, that picocyanobacteria significantly decrease fluorescence parameter  $F_v/F_m$  and chlorophyll *a* and carotenoid content of these species. Results of this experiment may provide further information about allelopathic interactions between picocyanobacteria and other co-existing phytoplankton species in the Baltic Sea.

**Key words:** allelopathy; picocyanobacteria; diatom; green alga; cyanobacterium; growth; fluorescence; Baltic Sea

**Abstrakt/ Streszczenie:** Związki allelopatyczne mogą wpływać na konkurencję między gatunkami, skład fitoplanktonu oraz stanowić strategię niektórych gatunków pozwalającą im na przeżycie lub nawet na masową ekspansję. Głównym celem niniejszej pracy było zbadanie efektu allelopatycznego oddziaływania trzech szczepów pikoplanktonowej sinicy *Synechococcus* sp. na wzrost, maksymalną wydajność kwantową fotosystemu II ( $F_v/F_m$ ) i zawartość barwników fotosyntetycznych w odniesieniu do sinicy nitkowej *Nostoc* sp., okrzemki *Amphora coffeaeformis* i zielenicy *Chlorella* sp. Wyniki przedstawione w tej pracy pozwalają stwierdzić, że szczepy pikoplanktonowej sinicy prezentują oddziaływanie allelopatyczne na testowane gatunki. Stwierdzono bowiem, że dodanie przesączu z hodowli szczepów *Synechococcus* sp. BA-120, BA-124 i BA-132 zmniejszyło liczbę komórek w hodowlach *Nostoc* sp., *A. coffeaeformis* i *Chlorella* sp. Ponadto wykazano, że pikoplanktonowe sinice w znaczącym stopniu obniżają wartość parametru fluorescencji  $F_v/F_m$  i zawartość chlorofilu *a* oraz barwników karotenoidalnych w komórkach testowanych gatunków. Uzyskane wyniki dostarczają nowych informacji na temat allelopatycznych interakcji między pikoplanktonowymi sinicami a innymi gatunkami budującymi fitoplankton w Morzu Bałtyckim.

**Kľúčové slová/** **Slowa kluczowe:** allelopatia; pikoplanktonowe sinice; okrzemki; zielenice; wzrost; fluorescencja; Morze Bałtyckie

## Introduction

Picoplankton is the smallest size fraction of plankton. The size of organisms of picoplanktonic cell size ranges from 0.2 to 2.0  $\mu\text{m}$ . The group contains hetero- and autotrophic organisms. The latter group contains the following groups: Chlorophyta, Bacillariophyta, and Picobiliphytes, as well as prokaryotic Cyanobacteria (Stockner, 1988; Not et al., 2007; Jakubowska, Szeląg-Wasielewska, 2015; Jasser, Callieri, 2017). The first reports on the occurrence of picoplankton organisms in high concentrations in both seawater (Johnson, Sieburth, 1979; Waterbury et al., 1979) and freshwater reservoirs (Paerl, 1977) were only the beginning of many studies conducted in this field. Currently, significant amounts of picoplanktonic organisms are observed in all oceans of the world (Callieri, 2010; Flombaum et al., 2013; Jasser, Callieri, 2017). There are also many reports about their occurrence mainly in Europe, but also in North America and New Zealand (Beardall, 2008, Worden, Wilken, 2016). Due to the small size of these organisms, their role in aquatic ecosystems was still insufficiently known.

The species diversity of marine planktonic cyanobacteria is low, they are represented mainly by two genus *Synechococcus* and *Prochlorococcus*. Organisms of the genus *Synechococcus* occur throughout the world and are also found in freshwater ecosystems. They are organisms with a significant role in aquatic environments because they occur in high concentrations up to  $1.5 \times 10^9$  cells per liter of water (Partensky et al., 1999; Jasser, 2006). In the Baltic Sea genus *Synechococcus* is dominant among picoplanktonic organisms. Furthermore, in the Baltic Sea *Synechococcus* group contain klads depending on their pigment composition. That include strains rich in phycoerythrin that can differ in color from orange to red and strains that contain mainly phycocyanin that can occur in different shades of green and blue (Haverkamp, 2009). What is more, strains that mainly contain phycoerythrin can also comprise two different fikobilin pigment: phycoerythrobilin or phycourobilin. In addition, red strains occur mainly in clear oceanic waters and green strains prefer turbid fresh waters both of these strains appear in the Baltic Sea but occupy different ecological niche by occurring on different depths (Vörös et al., 1998; Haverkamp et al., 2009).

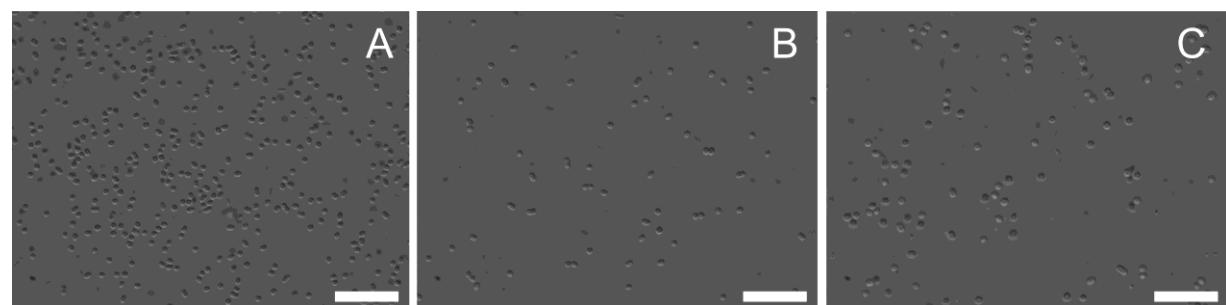
Picoplanktonic organisms play an important role as food for many organisms. Due to their size, they constitute the main source of food for ciliates and flagellates and other larger representatives of zooplankton (Jyothibabu et al., 2013). In addition, literature data indicate that picoplankton may account for 98% of the biomass produced by phytoplankton (Sorokin et al., 2004). That is why it can be responsible for the flow of energy to higher trophic levels. Despite such a large role of this group in marine ecosystems, information on phytoplankton physiology is limited and needs further investigation. Their role is even greater due to the fact that some species produce toxic substances and form massive blooms that are potentially dangerous for the functioning of marine ecosystems (Śliwińska-Wilczewska et al., 2018). In this study, we investigated the allelopathic effect of three strains of picocyanobacteria *Synechococcus* sp. BA-120, BA-124 and BA-132 on filamentous cyanobacterium *Nostoc* sp., diatom *Amphora coffeaeformis* (C.Agardh) Kützing and green alga *Chlorella* sp. Furthermore, the influence of picocyanobacteria was examined by adding the cell-free filtrate of *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 to studied species.

## Material and Methods

The experiments were conducted on the three strains of the picocyanobacteria *Synechococcus* sp. BA-120, BA-124 and BA-132 and filamentous cyanobacterium: *Nostoc* sp. (BA-81), diatom: *Amphora coffeaeformis* (BA-16) and green alga: *Chlorella* sp. (BA-167) (Figs. 1, 2).

The strains were isolated from the coastal zone of the Gulf of Gdańsk (southern Baltic Sea) and are maintained as monocultures in the Culture Collection of Baltic Algae (CCBA) at the Institute of Oceanography, University of Gdańsk, Poland (Łatała et al., 2006). The tests on the ‘batch cultures’ were carried out in 25 mL glass Erlenmeyer flasks containing 20 mL sterilised f/2 medium (Guillard, 1975). The media were prepared from Baltic water with a salinity of 8 psu, which was filtered through Whatman GF/C glass fiber filters, and autoclaved. Analysed organisms were grown 7 days in constant conditions of 18°C and 8 psu, under a 16:8 h light : dark cycle at irradiance of 10 µmol photons (PAR) m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> and this were the control treatment conditions. Fluorescent lamps (Cool White 40W, Sylvania, USA) were used as source of irradiance.

The intensity of PAR was measured using a LI-COR quantum-meter with a cosine collector. The donor and target organisms were acclimated to these culture condition for 7 days; afterwards, actively growing cultures were used for the establishment of the allelopathic experiment.



**Fig 1** Baltic *Synechococcus* strains of picocyanobacteria used in this study: A – BA-120, B – BA-124 and C – BA-132; scale bars = 10 µm



**Fig 2** Target species used in this study: A – *Nostoc* sp. BA-81, B – *Amphora coffeaeformis* BA-16 and C – *Chlorella* sp. BA-167; scale bars = 10 µm

Allelopathic interactions in monocultures were determined by using the modified method proposed by Suikkanen et al. (2004). Allelopathic interaction was studied by adding the individual filtrate obtained from picocyanobacterial cultures of *Synechococcus* sp. BA-120, BA-124 and BA-132 to tested filamentous cyanobacterium, diatom and green alga. The cultures of picocyanobacteria were filtered through 0.45-µm pore size Macherey-Nagel MN GF-5 filters. In all experiments, the ratio of picocyanobacterium to target species in Erlenmeyer flasks

was adjusted to 1:1 based on the Chl *a* content (final Chl *a* concentration in the experimental cultures was 0.4 µg chl *a* mL<sup>-1</sup>).

The cell-free filtrate (V = 10 mL) was added to 25 mL Erlenmeyer flasks containing the tested species (V = 10 mL). Control samples were prepared by adding mineral medium f/2 with a volume equal to the added cell-free filtrate. Tests were conducted in triplicate and all analyzed species were obtained from early exponential growth phase.

The number of cells (N) in cultures was estimated with previously determined linear correlations between cell abundance (N mL<sup>-1</sup>) and optical density (OD). N was counted using the BD Accuri™ C6 Plus flow cytometer following a procedure according to Marie et al. (2005) or using a Bürker chamber (48 squares per count) and light microscope (LM) following a procedure according to Guillard and Sieracki (2005) and the OD was measured spectrophotometrically at 750 nm with a Multiskan GO UV-VIS spectrophotometer (Thermo Scientific, Massachusetts, USA). The linear correlation between N and OD for *Synechococcus* sp. BA-120, BA-124, BA-132 as  $y = 4.2 \cdot 10^6 x - 3.6 \cdot 10^4$ , ( $r^2 = 0.97$ );  $y = 93.0 \cdot 10^6 x - 9.8 \cdot 10^4$ , ( $r^2 = 0.99$ );  $y = 139.1 \cdot 10^6 x - 4.4 \cdot 10^4$ , ( $r^2 = 0.99$ ), respectively. The linear correlation between N and OD for target species; *Nostoc* sp. (BA-81), *A. coffeeaeformis* (BA-16) and *Chlorella* sp. (BA-167) as  $y = 39.9 \cdot 10^6 x - 1.2 \cdot 10^4$ , ( $r^2 = 0.95$ );  $y = 4.4 \cdot 10^6 x - 1.6 \cdot 10^4$ , ( $r^2 = 0.98$ );  $y = 3.7 \cdot 10^6 x - 27.4 \cdot 10^4$ , ( $r^2 = 0.93$ ), respectively, where  $y = N$  (mL<sup>-1</sup>) and  $x = OD$ . Cell counts and OD measurements were performed on the 0<sup>th</sup> (1h), 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup> and 7<sup>th</sup> days of experiment and controls.

Chlorophyll *a* fluorescence was measured with a Pulse Amplitude Modulation (PAM) fluorometer (FMS1, Hansatech), using a 594 nm amber modulating beam with a 4-step frequency control as a measuring light. Samples were taken for chlorophyll fluorescence analysis after the 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup> and 7<sup>th</sup> days of experiment. Samples were filtered through 13-mm glass fiber filters (Whatman GF/C). Before measurement, the filtered sample was kept in the dark for approximately 15 min. The maximum PSII quantum efficiency ( $F_v/F_m$ ) was calculated (Campbell et al., 1998).

Chlorophyll *a* and carotenoid pigments was measured 7<sup>th</sup> day of experiment. In the experiment extraction of the material (4 mL) was carried out in experimental flasks in 2 mL of 90% acetone in the dark and at a low temperature of -60°C for about 1 hour. After this time, the extract was centrifuged for 1 min. at 13,000 rpm min<sup>-1</sup>. Absorbance measurements were then carried out in 1 cm glass cuvettes on a Beckman spectrophotometer model DU 530 at wavelengths (nm): 480, 665 and 750. For the determination of chlorophyll *a* and carotenoid pigments formula as described by Strickland and Parsons (1972):

$$\text{Chlorophyll } a (\mu\text{g mL}^{-1}) = 11.236 \cdot (A_{665} - A_{750}) \cdot V_a/V_b$$

and

$$\text{Carotenoids } (\mu\text{g mL}^{-1}) = 4 \cdot (A_{480} - A_{750}) \cdot V_a/V_b,$$

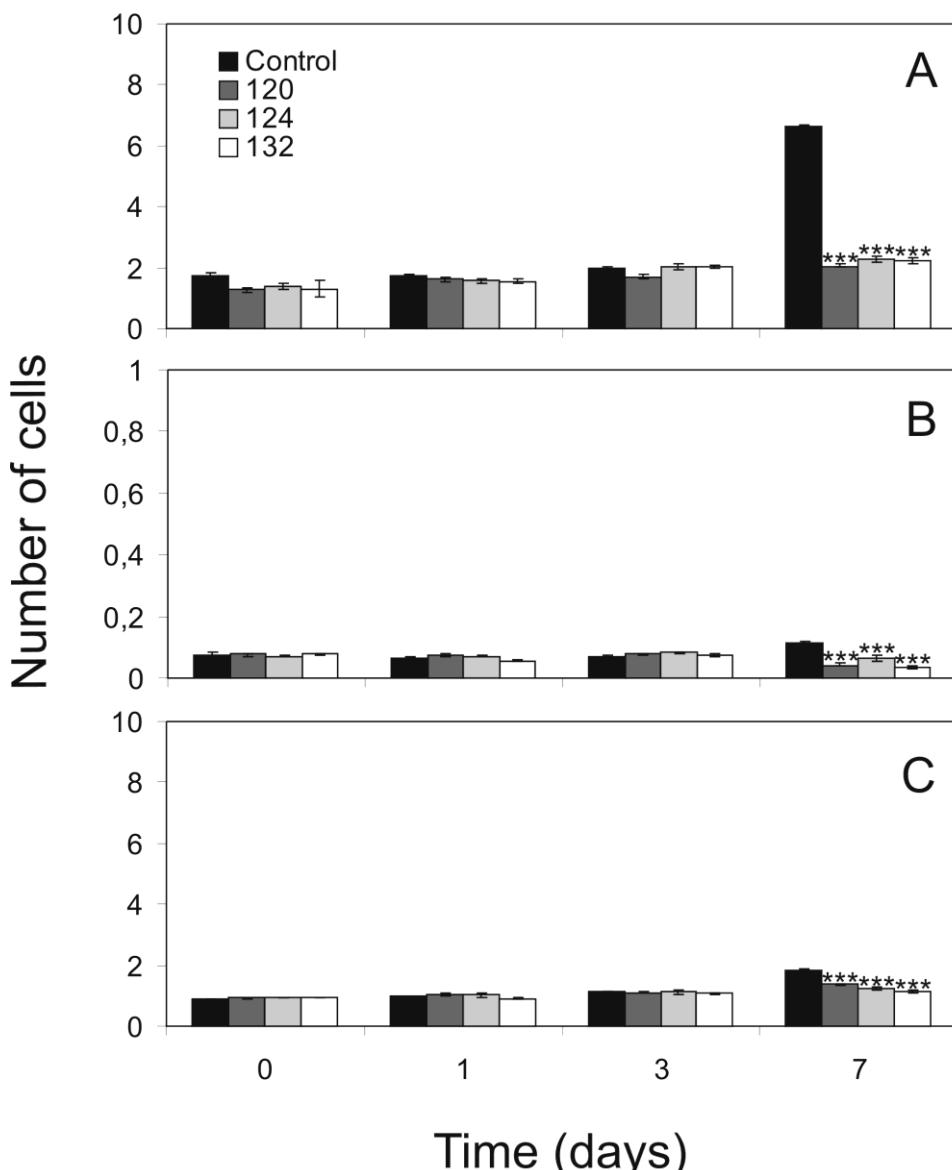
where:  $V_a$  – volume of extract (mL);  $V_b$  – volume of the filtered material (mL);  $A_n$  – absorption at a specific wavelength (n) in nm.

Repeated measures ANOVA was used to test the effect of *Synechococcus* strains on the growth and fluorescence of the targeted species during the following days of experiment. A post-hoc

Tukey's test was used to determine significant differences between the control and the other treatment levels. What is more, one-way ANOVA was used to test the effect of picocyanobacterial filtrates on the chlorophyll *a* and carotenoid pigments in control and experimental cultures on the seventh day of the experiment. Data are reported as mean ± standard deviation (SD). Levels of significance were: \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ . The statistical analyses were performed using the Statistica® 13.1 software.

## Results

The effect of the cell-free filtrate addition obtained from individual *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 cultures on the growth of analysed target species *Nostoc* sp. (BA-81), *Amphora coffeaeformis* (BA-16) and *Chlorella* sp. (BA-167) after 0 (h), 1, 3 and 7 days of exposition to the filtrates are shown in Fig 3. The results showed that addition of cell-free filtrate from *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 decreased after the 7<sup>th</sup> day of exposition the number of cells of *Nostoc* sp. (ANOVA,  $F_{9,32}=283.1$ ;  $p < 0.001$ ), *A. coffeaeformis* (ANOVA,  $F_{9,32}=39.1$ ;  $p < 0.001$ ) and *Chlorella* sp. (ANOVA,  $F_{9,32}=38.5$ ;  $p < 0.001$ ) compared to control. After the 7<sup>th</sup> day of the experiment for a filtrate addition of *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 growth of *Nostoc* sp. decreased constituted 31% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ), 34% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) and 33% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) respectively compared to control. In addition, it was observed that the cell-free filtrate obtained from three strains of *Synechococcus* sp. BA-120, BA-124 and BA-132 decreased the number of cells of *A. coffeaeformis* constituted: 36% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ), 57% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) and 29% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) respectively. What is more, filtrate addition of mentioned strains decreased growth of *Chlorella* sp. and constituted: 75% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ), 67% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) and 63% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) respectively compared to control.



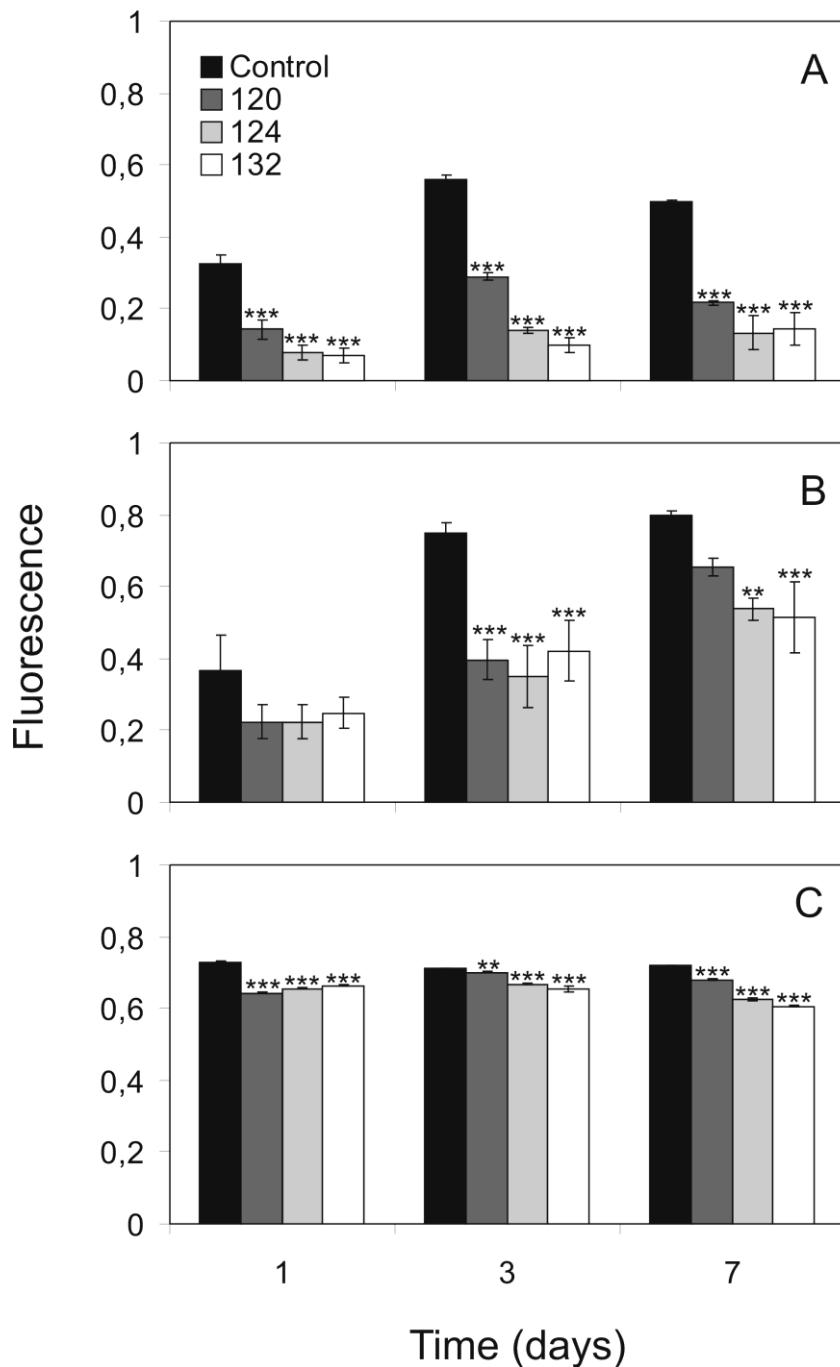
**Fig 3** The effect of the addition of cell-free filtrate from *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 cultures (referred as: 120, 124 and 132, respectively) on the number of cells ( $N \cdot 10^6 \text{ mL}^{-1}$ ) of *Nostoc* sp. – A, *Amphora coffeaeformis* – B and *Chlorella* sp. – C, after 0<sup>th</sup>, 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup> and 7<sup>th</sup> day of exposition, expressed as a number of cells (N); the values refer to means (n = 3, mean  $\pm$  SD); asterisk indicates significant difference compared with control  
\* p < 0.05; \*\* p < 0.01; \*\*\* p < 0.001

The effect of the addition of cell-free filtrate from three strains of *Synechococcus* on the fluorescence parameters  $F_v/F_m$  of analysed species after 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup> and 7<sup>th</sup> day of exposition is showed in Fig 4. The study demonstrated that the addition of cell-free filtrate obtained from *Synechococcus* sp.: BA-120, BA-124 and BA-132 significantly affected the  $F_v/F_m$  parameter of *Nostoc* sp. (ANOVA,  $F_{6,24}=11.7$ ; p < 0.001). It was noted that the strongest influence on the  $F_v/F_m$  value was caused by filtrate obtained from *Synechococcus* sp. BA-132 after 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup> and 7<sup>th</sup> day of exposition and constituted: 21% (Tukey HSD, p < 0.001), 18% (Tukey HSD, p < 0.001) and 29% (Tukey HSD, p < 0.001), respectively compared to control. What is more also filtrate obtained from *Synechococcus* sp. BA-120 and BA-124 caused a significant changes of the  $F_v/F_m$  value, after 1<sup>st</sup> day of exposition constituted: 44% (Tukey HSD, p < 0.001) and 24% (Tukey HSD, p < 0.001), 3<sup>rd</sup> day of exposition constituted: 52% (Tukey HSD, p < 0.001) and

25% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) and 7<sup>th</sup> day of exposition constituted: 43% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) and 27% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ), respectively compared to control.

Based on the results, it was found that the filtrate obtained from *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 also caused significant changes of the  $F_v/F_m$  value of *A. coffeaeformis* (ANOVA,  $F_{6,24}=4.0$ ;  $p < 0.01$ ). After 3<sup>rd</sup> day of exposition the strongest influence on the fluorescence parameter  $F_v/F_m$  was caused by filtrate obtained from *Synechococcus* strain BA-124 and constituted 47% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ). What is more after 3<sup>rd</sup> day of exposition also *Synechococcus* strains BA-120 and BA-132 had strong influence on  $F_v/F_m$  parameter and constituted 53% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) and 57% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) respectively. However it was noted that after 7<sup>th</sup> day of exposition the strongest influence on  $F_v/F_m$  parameter was caused by filtrate obtained from *Synechococcus* strain BA-132 and constituted 64% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) compared to control. The study showed that also the addition of the filtrate obtained from *Synechococcus* strain BA-124 significantly changed value of  $F_v/F_m$  parameter and constituted 67% (Tukey HSD,  $p < 0.01$ ) compared to control.

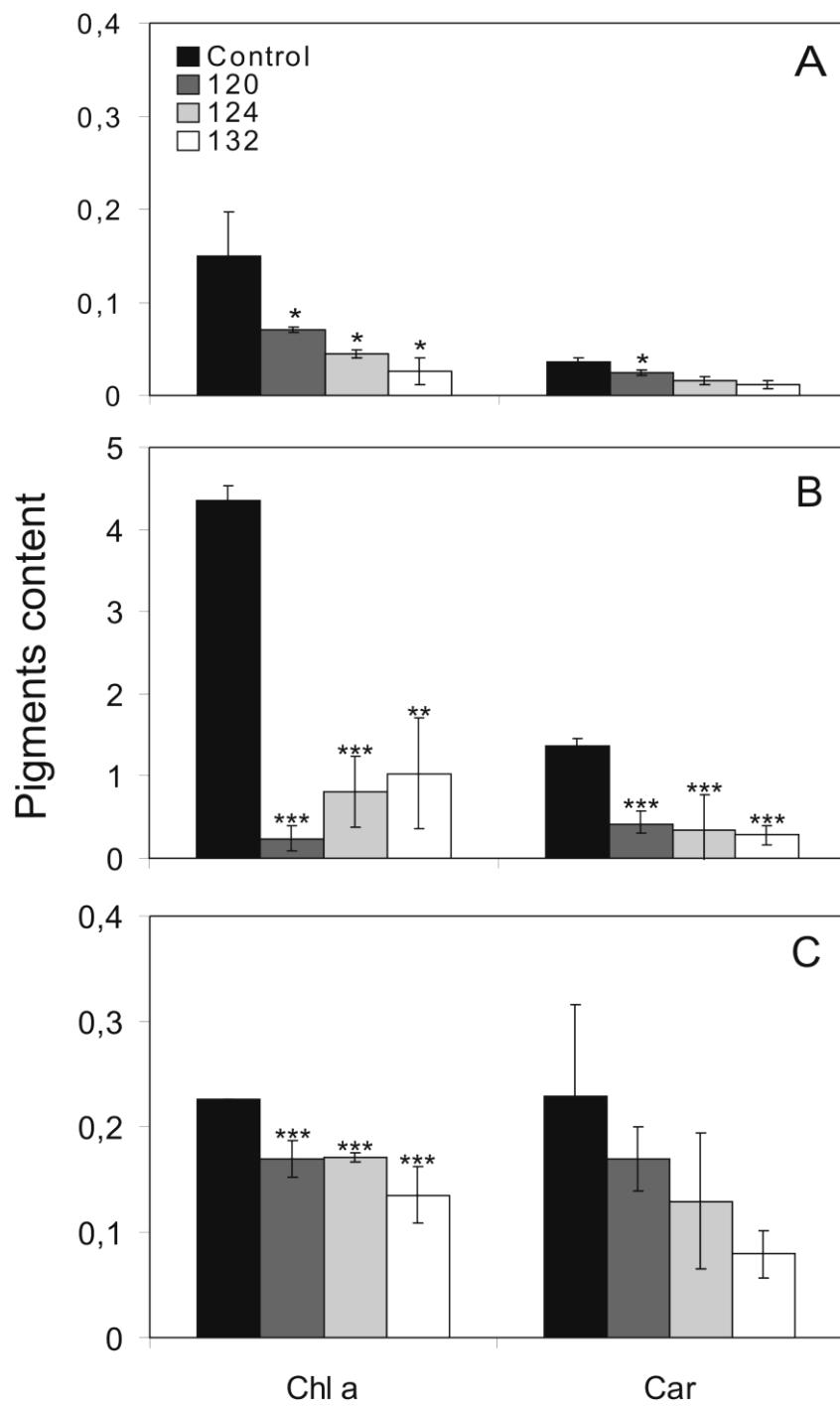
The study showed that the addition of cell-free filtrate obtained from *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 also significantly affected the  $F_v/F_m$  of *Chlorella* sp. (ANOVA,  $F_{6,24}=359.0$ ;  $p < 0.001$ ). It was noted that the strongest influence on the  $F_v/F_m$  value was caused by filtrate obtained from *Synechococcus* strain BA-120 after 1<sup>st</sup> day of exposition and constituted 88% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) compared to control. On that day also *Synechococcus* strains BA-124 and BA-132 had strong influence on  $F_v/F_m$  parameter and constituted 90% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) and 91% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) respectively. However after 3<sup>rd</sup> and 7<sup>th</sup> days of exposition the strongest influence on the  $F_v/F_m$  value was caused by *Synechococcus* strain BA-132 and constituted 94% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) and 84% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) respectively compared to control. What is more also *Synechococcus* strains BA-120 and BA-124 had considerable influence on  $F_v/F_m$  parameter and after 3<sup>rd</sup> day of exposition constituted: 99% (Tukey HSD,  $p < 0.01$ ), 94% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ) and after 7<sup>th</sup> day of exposition constituted 95% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ), 87% (Tukey HSD,  $p < 0.001$ ), respectively compared to control.



**Fig 4** The effect of the addition of cell-free filtrate from *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 cultures (referred as: 120, 124 and 132, respectively) on the fluorescence parameters ( $F_v/F_m$ ) of *Nostoc* sp. – A, *Amphora coffeaeformis* – B and *Chlorella* sp. – C after 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup> and 7<sup>th</sup> day of exposition; the values refer to means ( $n = 3$ , mean  $\pm$  SD); asterisk indicates significant difference compared with control \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$

The effect of the addition of cell-free filtrate from three *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 on the Chl *a* and Car contents of analyzed species after 7<sup>th</sup> day of exposition is showed in figure 5. The results showed that addition of cell-free filtrate from *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 decreased the content of Chl *a* in *Nostoc* sp. and constituted 47% (one-way ANOVA,  $p < 0.05$ ), 30% (one-way ANOVA,  $p < 0.05$ ) and 17% (one-way ANOVA,  $p < 0.05$ ), respectively compared to control. What is more, filtrate from *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 decreased the Car content which

constituted 68% (one-way ANOVA,  $p < 0.05$ ), 45% (one-way ANOVA,  $p < 0.01$ ) and 31% (one-way ANOVA,  $p < 0.01$ ), respectively.



**Fig 5** The effect of the addition of cell-free filtrate from *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 cultures (referred as: 120, 124 and 132, respectively) on the chlorophyll *a* (Chl *a*) and carotenoid (Car) pigments content ( $\text{pg cell}^{-1}$ ) of *Nostoc* sp. – A, *Amphora coffeaeformis* – B and *Chlorella* sp. – C, after 7<sup>th</sup> day of exposition; the values refer to means ( $n = 3$ , mean  $\pm$  SD); asterisk indicates significant difference compared with control \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$

It was noted that the addition of cell-free filtrate from three *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 caused significant changes in the Chl *a* content in *A. coffeaeformis* and

constituted 6% (one-way ANOVA,  $p < 0.001$ ), 19% (one-way ANOVA,  $p < 0.001$ ) and 24% (one-way ANOVA,  $p < 0.01$ ), respectively. Furthermore addition of filtrate from *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 decreased the Car content and constituted 31% one-way ANOVA,  $p < 0.001$ ), 25% (one-way ANOVA,  $p < 0.001$ ) and 21% (one-way ANOVA,  $p < 0.001$ ) respectively compared to control.

Based on the results, it was found that the filtrate obtained from *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 also caused significant changes of the Chl *a* content in *Chlorella* sp. and constituted 78% (one-way ANOVA,  $p < 0.001$ ), 76 % (one-way ANOVA,  $p < 0.001$ ) and 60% (one-way ANOVA,  $p < 0.001$ ), respectively. However, it was found that the filtrate from *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 did not statistically affect Car content in *Chlorella* sp. (one-way ANOVA,  $p > 0.05$ ).

The results showed that addition of cell-free filtrate from *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 decreased the number of cells as well as the chlorophyll fluorescence, Chl *a* and Car contents of *Nostoc* sp., *A. coffeeaeformis* and *Chlorella* sp. Thus, results of this experiment may provide further information about allelopathic interactions between picocyanobacteria and other co-existing phytoplankton species in the Baltic Sea.

## Discussion

The allelopathic compounds secreted to the environment by the donor organism can influence the co-occurring organisms in various ways (Granéli and Hansen, 2006). The vast majority of allelopathic compounds produced by cyanobacteria and microalgae affect mainly the physiology of exposed organisms by inhibiting the growth of cells and the activity of photosynthesis (Maxwell, 2000; Leflaive and Ten-Hage, 2007; Machado et al., 2015). Due to an important role of allelopathy in marine environment the main aim of this work was to investigate the allelopathic effect of picocyanobacteria *Synechococcus* strains BA-120, BA-124 and BA-132 on growth, fluorescence parameters and pigments content of *Nostoc* sp., *Amphora coffeeaeformis* and *Chlorella* sp.

Only few literature data described the allelopathic effect of cyanobacteria on coexisting phytoplankton species in the Baltic Sea. More detailed data on allelopathic effects of Baltic cyanobacteria on diatoms were presented by Suikkanen et al. (2004). These studies demonstrated the allelopathic effect of *Nodularia spumigena*, *Anabena lemmermannii* and *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs ex Born. et Flath. on the diatom *Thalassiosira weissflogii* (Grunow) G.Fryxell & Hasle. Research showed that after a single addition of the filtrate, on the first day of the experiment, all these three cyanobacteria had generally negative effect on the tested species. Furthermore, allelopathic interactions of *Synechococcus* sp. on Baltic diatom *Navicula perminuta* Grunow was examined by Śliwińska-Wilczewska et al. (2016). As a result of this work it was noted that addition of the cell-free filtrate obtained from the picocyanobacterium *Synechococcus* sp. had a significant inhibitory effect on coexisting target species which may explain the formation of dense picocyanobacterial blooms during the summer period. Moreover, in studies carried out by Śliwińska-Wilczewska et al. (2017), chlorophyll fluorescence as well as photosynthetic pigments inhibition has been demonstrated after filtrate addition obtained from picocyanobacterium *Synechococcus* sp. The study showed that the addition of cell-free filtrate obtained from *Synechococcus* sp. had significant effects on the values of the  $F_v/F_m$  of *A. flos-aquae* and *Phormidium* sp. What is more, it was noted that the addition of filtrate inhibits chlorophyll *a* and carotenoid contents of *Phormidium* sp. and *Rivularia* sp. Some authors noted that changes in both pigments content and chlorophyll

fluorescence indicates the activity of the cells defense mechanism and response to stress factors (Machado et al., 2015; Śliwińska-Wilczewska et al., 2017).

Despite the great ecological importance of *Synechococcus* sp. knowledge about their harmful effects on other organisms is still limited. Nevertheless, conducted studies show that picocyanobacteria *Synechococcus* sp. affects respiration rate and can cause balance disorders of invertebrate (Martins et al., 2008). What is more, recent work suggests that picocyanobacteria form the genus *Synechococcus* also contribute to behavioral changes and locomotive disorders in vertebrates. Studies conducted on fish *Embiotoca jacksoni* Agassiz indicated that organisms exposed to direct contact with mentioned picocyanobacteria were characterised by reduced mobility, moving much slower and spending more time immobile. It is suggested that such changes may be the result of harmful substances that are absorbed by the gills and then disrupting the functioning of the nervous system (Hamilton et al., 2014). In addition, previous studies carried out on cyanobacteria isolated from Portugal showed that *Synechococcus* sp. produced toxic substances affecting mammals, marine invertebrates, as well as causing inhibition of growth in Gram-positive bacteria and cytotoxicity in human cell lines (Martins et al., 2007, 2008; Selheim et al., 2005). *Synechococcus* sp. have been rarely studied with respect to their potential as producers of allelochemicals because most of previous works have assumed a lack of toxin production by these picocyanobacteria. However, *Synechococcus* sp. belong to the organisms that produce wide range of secondary metabolites, like microcystins,  $\beta$ -N-methylamino-L-alanine, 2-methylisoborneol, geosmin, thionsulfolipid and lipopolysaccharides (Śliwińska-Wilczewska et al., 2018).

Inhibition of the growth of some cyanobacteria and microalgae under the influence of substances secreted by co-existing picocyanobacteria in the natural environment may lead to the dominance of some species which, may result in a change in the natural structure of the phytoplankton community, for example during the summer in the Baltic Sea (Suikkanen et al., 2004; 2008). Despite the relatively large number of studies performed to this day, the mechanisms of allelopathic compounds and their chemical composition are not fully investigated and require further analysis because, as already mentioned, they are of great importance for the functioning of aquatic ecosystems.

## Acknowledgements

This study was supported by BMN grants, Poland, no. 538-G245-B568-17.

## Literature

- Beardall, J. (2008). Blooms of *Synechococcus*: An analysis of the problem worldwide and possible causative factors in relation to nuisance blooms in the Gippsland Lakes. *Monash University*, 1–8.
- Callieri, C. (2010). Single cells and microcolonies of freshwater picocyanobacteria: A common ecology. *Journal of Limnology*, 69, 257–277. DOI: [10.4081/jlimnol.2010.257](https://doi.org/10.4081/jlimnol.2010.257)
- Campbell, D., Hurry, V., Clarke, A.K., Gustafsson, P., Öquist, G. (1998). Chlorophyll fluorescence analysis of cyanobacterial photosynthesis and acclimation. *Microbiology and molecular biology reviews*, 62(3), 667–683.
- Flombaum, P., Gallegos, J.L., Gordillo, R.A., Rincon, J., Zabala, L.L., Jiao, N., Karl, D.M., Li, W.K., Lomas, M.W., Veneziano, D. (2013). Present and future global distributions of the marine Cyanobacteria *Prochlorococcus* and *Synechococcus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 9824–9829. DOI: [10.1073/pnas.1307701110](https://doi.org/10.1073/pnas.1307701110).
- Granéli, E., Hansen, P.J. (2006). *Allelopathy in harmful algae: a mechanism to compete for resources?* *Ecology of harmful algae*. Berlin, Heidelberg: Springer, 189–201. DOI: 10.1007/978-3-540-32210-8\_15.
- Guillard, R.R., Sieracki, M.S. (2005). Counting cells in cultures with the light microscope. *Algal culturing techniques*, (numer zeszytu), 239–252.

- Guillard, R.R. (1975). *Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. Culture of marine invertebrate animals.* Boston: Springer, 29–60. DOI: 10.1007/978-1-4615-8714-9\_3.
- Hamilton, T.J., Paz-Yepes, J., Morrison, R.A., Palenik, B., Tresguerres, M. (2014). Exposure to bloom-like concentrations of two marine *Synechococcus* cyanobacteria (strains CC9311 and CC9902) differentially alters fish behaviour. *Conservation Physiology*, 2, 1–9. DOI: [10.1093/conphys/cou020](https://doi.org/10.1093/conphys/cou020).
- Haverkamp, T.H., Schouten, D., Doebleman, M., Wollenzien, U., Huisman, J., Stal, L.J. (2009). Colorful microdiversity of *Synechococcus* strains (picocyanobacteria) isolated from the Baltic Sea. *The ISME Journal*, 3, 397–408. DOI: 10.1038/ismej.2008.118.
- Jakubowska, N., Szeląg-Wasielewska, E. (2015). Toxic picoplanktonic Cyanobacteria-review. *Marine Drugs*, 13, 1497–1518. DOI: [10.3390/md13031497](https://doi.org/10.3390/md13031497).
- Jassér, I. (2006). The relationship between autotrophic picoplankton (APP) – the smallest autotrophic component of food web and the trophic status and depth of lakes. *Ecohydrology and Hydrobiology*, 6, 69–77. DOI: [10.1016/S1642-3593\(06\)70128-8](https://doi.org/10.1016/S1642-3593(06)70128-8)
- Jassér, I., Callieri, C. (2017). *Picocyanobacteria: the smallest cell size cyanobacteria. Handbook on Cyanobacterial Monitoring and Cyanotoxin Analysis.* Wiley, 19–27. DOI: 10.1002/9781119068761.ch3.
- Johnson, P.W., Sieburth, J.M. (1979). Chroococcoid cyanobacteria in the sea: a ubiquitous and diverse phototrophic biomass. *Limnology and Oceanography*, 24(5), 928–935. DOI: 10.4319/lo.1979.24.5.0928.
- Jyothibabu, R., Mohan, A.P., Jagadeesan, L., Anjusha, A., Muraleedharan, K.R., Lallu, K.R., Kiran, K., Ullas, N. (2013). Ecology and trophic preference of picoplankton and nanoplankton in the Gulf of Mannar and the Palk Bay, southeast coast of India. *Journal of Marine Systems*, 111/112, 29–44. DOI: [10.1016/j.jmarsys.2012.09.006](https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2012.09.006).
- Latała, A., Jodłowska, S., Pniewski, F. (2006). Culture Collection of Baltic Algae (CCBA) and characteristic of some strains by factorial experiment approach. *Algological Studies*, 122(1), 137–154. DOI: 10.1127/1864-1318/2006/0122-0137.
- Leflaive, J., Ten-Hage, L.O.Í.C. (2007). Algal and cyanobacterial secondary metabolites in freshwaters: a comparison of allelopathic compounds and toxins. *Freshwater Biology*, 52(2), 199–214. DOI: [10.1111/j.1365-2427.2006.01689.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01689.x).
- Machado, K.B., Borges, P.P., Carneiro, F.M., de Santana, J.F., Vieira, L.C.G., de Moraes Huszar, V.L., Nabout, J.C. (2015). Using lower taxonomic resolution and ecological approaches as a surrogate for plankton species. *Hydrobiologia*, 743(1), 255–267. DOI: 10.1007/s10750-014-2042-y.
- Marie, D., Simon, N., Vaulot, D. (2005). Phytoplankton cell counting by flow cytometry. *Algal culturing techniques*, 1, 253–267.
- Martins, R.F., Ramos, M.F., Herfindal, L., Sousa, J.A., Skærvén, K., Vasconcelos, V.M. (2008). Antimicrobial and cytotoxic assessment of marine cyanobacteria – *Synechocystis* and *Synechococcus*. *Marine Drugs*, 6, 1–11. DOI: [10.3390/md6010001](https://doi.org/10.3390/md6010001).
- Martins, R., Fernandez, N., Beiras, R., Vasconcelos, V. (2007). Toxicity assessment of crude and partially purified extracts of marine *Synechocystis* and *Synechococcus* cyanobacterial strains in marine invertebrates. *Toxicon*, 50(6), 791–799. DOI: [10.1016/j.toxicon.2007.06.020](https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2007.06.020).
- Maxwell, K., Johnson, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of experimental botany*, 51(345), 659–668. DOI: [10.1093/jexbot/51.345.659](https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659).
- Not, F., Valentin, K., Romari, K., Lovejoy, C., Massana, R., Töbe, K., Medlin, L.K. (2007). Picobiliphytes: a marine picoplanktonic algal group with unknown affinities to other eukaryotes. *Science*, 315, 253–255. DOI: 10.1126/science.1136264.
- Paerl, H.W. (1977). Ultraplankton biomass and production in some New Zealand lakes. *New Zealand journal of marine and freshwater research*, 11(2), 297–305. DOI: [10.1080/00288330.1977.9515679](https://doi.org/10.1080/00288330.1977.9515679).
- Partensky, F., Hess, W.R., Vaulot, D. (1999). *Prochlorococcus*, a marine photosynthetic prokaryote of global significance. *Microbiology and molecular biology reviews*, 63(1), 106–127.
- Selheim, F., Herfindal, L., Martins, R., Vasconcelos, V., Døskeland, S.O. (2005). Neuro-apoptogenic and blood platelet targeting toxins in benthic marine cyanobacteria from the Portuguese coast. *Aquatic Toxicology*, 74, 294–306. DOI: [10.1016/j.aquatox.2005.06.005](https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2005.06.005).
- Sorokin, P.Y., Sorokin, Y.I., Boscolo R., Giovanardi O. (2004). Bloom of picocyanobacteria in the Venice lagoon during summer-autumn 2001: Ecological sequences. *Hydrobiologia*, 523, 71–85. DOI: [10.1016/j.aquatox.2005.06.005](https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2005.06.005).
- Sorokin, Y.I., Dallocchio, F. (2008). Dynamics of phosphorus in the Venice lagoon during a picocyanobacteria bloom. *Journal of Plankton Research*, 30, 1019–1026. DOI: [10.1093/plankt/fbn059](https://doi.org/10.1093/plankt/fbn059).

- Stockner, J.G. (1988). Phototrophic picoplankton: an overview from marine and freshwater ecosystems. *Limnology and Oceanography*, 33, 765–775. DOI: 10.4319/lo.1988.33.4part2.0765.
- Strickland, J.D., Parsons, T.R. (1972). A practical handbook of seawater analysis. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 167, 1–310.
- Suikkanen, S., Fistarol, G.O., Granéli, E. (2004). Allelopathic effects of the Baltic cyanobacteria *Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon flos-aquae* and *Anabaena lemmermannii* on algal monocultures. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 308(1), 85–101. DOI: 10.1016/j.jembe.2004.02.012.
- Śliwińska-Wilczewska, S., Pniewski, F., Latała, A. (2016). Allelopathic activity of the picocyanobacterium *Synechococcus* sp. under varied light, temperature and salinity conditions. *International Review Hydrobiologia*, 101, 69–77. DOI: 10.1002/iroh.201501819.
- Śliwińska-Wilczewska, S. (2017). *Wpływ czynników środowiskowych na oddziaływanie allelopatyczne bałtyckich sinic Synechococcus sp. i Nodularia spumigena*. Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego. [In Polish]
- Śliwińska-Wilczewska, S., Maculewicz, J., Barreiro Felpeto, A., Latała, A. (2018). Allelopathic and bloom-forming Picocyanobacteria in a changing world. *Toxins*, 10(1), 48. DOI: [10.3390/toxins10010048](https://doi.org/10.3390/toxins10010048).
- Vörös, L., Callieri, C., Katalin, V., Bertoni, R. (1998). Freshwater picocyanobacteria along a trophic gradient and light quality range. *Phytoplankton and Trophic Gradients*. Dordrecht: Springer, 117–125. DOI: 10.1007/978-94-017-2668-9\_10.
- Waterbury, J.B., Watson, S.W., Guillard, R.R.L., Brand, L.E.E. (1979). Widespread occurrence of a unicellular, marine, planktonic cyanobacterium. *Nature*, 277, 293–294. DOI: 10.1038/277293a0.
- Worden, A.Z., Wilken, S. (2016). A plankton bloom shifts as the ocean warms. *Science*, 354(6310), 287–288. DOI: 10.1126/science.aa j1751.

## VPLYV MYKORÍZNYCH PRÍPRAVKOV NA VYBRANÉ AGROCHEMICKÉ VLASTNOSTI PÔDY TRÁVNIKA

### THE INFLUENCE OF MYCORRHIZAL PREPARATIONS ON SELECTED AGROCHEMICAL PROPERTIES OF TURF SOILS

*Peter Hric, Ľuboš Vozár, Peter Kovář*

Ing. Peter Hric, PhD., doc. Ing. Ľuboš Vozár, PhD., Ing. Peter Kovář, PhD., Katedra trávnych ekosystémov a kŕmných plodín, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, e-mail: peter.hric@uniag.sk

DOI <http://dx.doi.org/10.24040/actaem.2018.20.1.39-45>

**Abstrakt:** Cieľom pokusu bolo vyhodnotiť vplyv mykoríznych prípravkov na vybrané agrochemické vlastnosti pôdy trávnika. Experiment sa realizoval v teplých a suchých podmienkach lokality Nitra (Slovenská republika) v rokoch 2011 – 2014. Hodnotili sa 4 varianty (1. bez mykorízneho prípravku, 2. mykorízny prípravok Turfcomp, 3. mykorízny prípravok Symbivit, 4. mykorízny prípravok Conavit). V príspevku sa sledoval celkový dusík ( $N_t$ ), oxidovateľný uhlík ( $C_{ox}$ ), pomer oxidovateľného uhlíka ku celkovému dusíku ( $C_{ox} : N_t$ ) a pH v pôde. Na konci hodnoteného obdobia sme po aplikácii mykoríznych prípravkov zaznamenali zníženie obsahu dusíka v pôde. Naopak aplikované mykorízne prípravky v pôde mali za následok zvýšenie množstva oxidovateľného uhlíka a tiež jeho pomer k dusíku. Taktiež ich použitie malo za následok mierne zvýšenie hodnôt pH v pôde.

**Kľúčové slová:** Trávnik, mykorízne prípravky, pôda

**Abstract:** The aim of this experiment was to evaluate the influence of mycorrhizal preparations on selected agrochemical properties of turf soils. The experiment was carried out in warm and dry conditions in area of Nitra (Slovak republic) in 2011 – 2014 and consisted of 4 treatments (1. without mycorrhizal preparation, 2. mycorrhizal preparation Turfcomp, 3. mycorrhizal preparation Symbivit, 4. mycorrhizal preparation Conavit). In the experiment was watched total nitrogen ( $N_t$ ), oxidizable carbon ( $C_{ox}$ ), ratio of oxidizable carbon to total nitrogen ( $C_{ox} : N_t$ ) and pH in soil. After the application of mycorrhizal preparations we observed a decrease in the total nitrogen content of the soil at the end of the evaluated period. Conversely, applied mycorrhizal preparations in the soil resulted in an increase in the amount of oxidizable carbon and as well as its ratio to nitrogen. Also their use resulted in a slight increase in pH values in the soil.

**Key words:** Turf, mycorrhizal preparations, soil

## Úvod

Trávnik zastáva v krajine nezastupiteľnú úlohu. Plní mnoho funkcií ako napríklad estetickú, zdravotno-hygienickú, pôdoochrannú, vodoochrannú, športovo-rekreačnú, krajinotvornú a pod. (Hric, 2017). Taktiež je tradičný vegetačný prvok v urbánnej a rekreačnej krajine. Je súčasťou zelene a má nezastupiteľný význam v životnom prostredí človeka (Tomaškin a Tomaškinová, 2012).

Rastlinné druhy trávnikov vytvárajú symbiotický vzťah s mykoríznymi hubami. Mykorízne huby sú organizmy žijúce pod vplyvom prostredia. Všetky jeho závažné zmeny vplývajú na stav a činnosť týchto húb. Môžeme teda povedať, že sú pravdepodobne i odrazom stavu životného prostredia (Schwantes, 1996). Podľa Schmidha et al. (2008) mykoríza je symbióza medzi rastlinami a hubami, pričom viac ako 80% rastlín sa vyvíja s pôdnymi hubami v zložitom spoločenstve. Huby poskytujú koreňom rastlín vodu a živiny a naopak, huby prijímajú glukózu ako produkt fotosyntézy. Hýfy týchto húb dorastajú do väčších dĺžok, a tým dokážu prijímať živiny aj z hlbších profilov pôdy.

Pôdy sú individuálne jednotky pôdneho pokryvu a taktiež sú variabilné polychrónne a polygenetické útvary. Sú výsledkom dlhodobého vývoja a genézy. Počas tohto vývoja nadobudli určité znaky a vlastnosti, ktoré sú pre konkrétnu pôdu viac alebo menej charakteristické, pričom tento ich „prirodzený“ vývoj stále prebieha. Tieto vlastnosti sú hlavnými atribútmi pôdnej úrodnosti (Kobza, 2016).

Gregorová (2009) uvádzá, že obsah živín v pôde pôsobí na trávnikový porast cez ovplyvňovanie konkurenčnej schopnosti druhov, podporovanie odnožovania tráv, a tým zahustovania trávnika (N), cez podporovanie rastu koreňov tráv (P), cez intenzitu sfarbenia (N).

Cieľom vedecko-výskumnej práce bolo vyhodnotiť vplyv mykoríznych prípravkov na vybrané agrochemické vlastnosti pôdy trávnika.

## Metodika

Trávnikový pokus sa realizoval v Demonštračnej a výskumnej báze Katedry trávnych ekosystémov a kŕmnych plodín v areáli Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre v rokoch 2011 až 2014. Pokusná plocha sa nachádza v miernom klimatickom pásme teplej a suchej oblasti. Priemerná ročná teplota dosahuje  $9,7^{\circ}\text{C}$  a priemerný ročný úhrn zrážok je 561 mm (Babošová a Noskovič, 2014).

Pôdnym typom je ſlovito-hlinitá fluvizem. Agrochemické vlastnosti pôdy pokusného stanovišťa pred založením porastu uvádzame v tabuľke 1.

**Tab 1** Agrochemické vlastnosti pôdy pokusného stanovišťa

**Tab 1** Agrochemical properties of soil on the experimental site

N <sub>t</sub>	P	K	Mg	Ca	C <sub>ox</sub>	pH
mg.kg <sup>-1</sup>					g.kg <sup>-1</sup>	
1 823,2	58,3	336	541	6 067	7,7	6,78

Experimentálna plocha bola založená 4. októbra 2011. Použila sa miešanka určená pre zakladanie nízkych pomaly rastúcich nezažovaných trávnikov obsahujúca *Lolium perenne* L. (30%), *Festuca rubra* L. (50%) a *Festuca ovina* L. (20%). Výsev sa realizoval ručne. Veľkosť každej parcelky (variantu) bola  $2,4 \text{ m}^2$  ( $1,2 \times 2 \text{ m}$ ), ktorá sa realizovala v 3 opakovaniach. Pri zakladaní porastu bolo použité hnojivo „Starter“ NPK 20–20–8 ( $25 \text{ g.m}^{-2}$ ) Experiment sa realizoval v bezzávlahových podmienkach.

V pokuse sa sledovali 4 varianty:

1. variant – bez aplikácie mykoríznych prípravkov (v texte „kontrola“),
2. variant – zabezpečenie výživy pomocou mykorízneho prípravku Turfcomp (v texte „Turfcomp“),
3. variant – zabezpečenie výživy pomocou mykorízneho prípravku Symbivit (v texte „Symbivit“),
4. variant – zabezpečenie výživy pomocou mykorízneho prípravku Conavit (v texte „Conavit“).

Charakteristika použitých mykoríznych prípravkov:

- Turfcomp: prípravok umožňuje dlhodobú ochranu trávnikov a pôdy pri zachovaní nízkych nákladov. Trávny kondicionér s prospešnými mykoríznymi hubami zložený z prírodných ílovitých nosičov, 6 druhov mykoríznych húb, prírodných zložiek podporujúcich mykorízu (humáty, mleté horniny, výťažky z morských organizmov), biologicky rozložiteľných polyakrylamidových granúl, sapropel (biologický sediment). Obsahuje 1,3 % N, 0,6 % P, 3 % K, 1 % Mg, 2,8 % Ca a 0,8 % S.
- Symbivit: obsahuje mykorízne huby, ktorých vlákna podhubia v podstate rozširujú koreňový systém rastlín, čím sú rastliny odolnejšie voči suchu alebo koreňovým škodcom. Zlepšuje založenie trávnikov a športových trávnatých plôch. Je založený na báze endomykoríznych húb. Obsahuje prírodné ílové nosiče, 6 druhov mykoríznych húb, prírodné látky podporujúce mykorízu (humáty, mleté horniny, výťažky z morských organizmov, biologicky rozložiteľný polyakrylamid).
- Conavit: kompletné prírodné hnojivo s dlhodobým účinkom. Uvoľňuje živiny pomaly a postupne. Podporuje rastliny po celú vegetačnú sezónu a nemôže byť vyplavený vodou ako iné rozpustné hnojivá. Funguje najlepšie v spojení s mykoríznymi produktami. Mykorízne huby z neho účinne získavajú uložené živiny a poskytujú ich rastline. Obsahuje keratín, prírodné humáty, mleté horniny (zeolit, serpentinit, apatit) a 5 % N, 6 % P, 4 % K, 2 % Mg, 2 % S a 4 % Ca.

Mykorízne prípravky sa aplikovali pred založením porastu vo výrobcom odporúčanej dávke 360 g na variant.

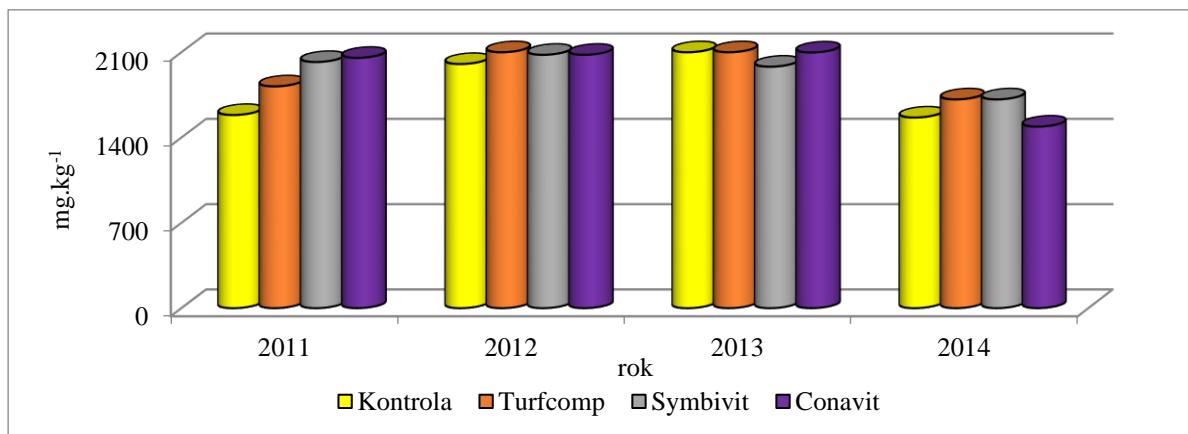
Na jeseň pred založením pokusu sme odobrali vzorky pôdy z pokusného stanovišťa z hĺbky 0 – 0,2 m a následne sa pôda odoberala pôdnou sondou z parceliek (z každého opakovania 1 vzorka) jedenkrát ročne – na jeseň. Vzorky sa po vysušení zomleli a zmiešali za každý variant jednotlivco. Z takto pripravenej hmoty sa odobrali priemerné vzorky na chemické analýzy. Zo vzoriek sa stanovoval:

- $N_t$  – metódou podľa Kjeldahla,
- $C_{ox}$  – podľa Čjurina v modifikácii Nikitina,
- pH – výmenné v KCl.

## Výsledky a diskusia

Dusík je jedným z hlavných úrodotvorných prvkov, od neho závisí nielen množstvo produkcie, ale aj jej kvalita (Javoreková a kol., 2008; Ondrišík, 2013). Korene tráv rýchlo prijímajú dusík z pôdneho roztoku a mobilizuje ho aj bohatá rizosféra mikroflóra tráv, ktorej existencia je zabezpečená značným množstvom koreňovej hmoty a koreňových exsudátov (Úlehlová, 1972; Kopčanová, 1976). Celkový obsah dusíka ( $N_t$ ) v pôde sledovaného trávnika je uvedený na Obr 1. Pred založením pokusu (jeseň 2011) bola zistená jeho koncentrácia od 1585,0 (kontrola)

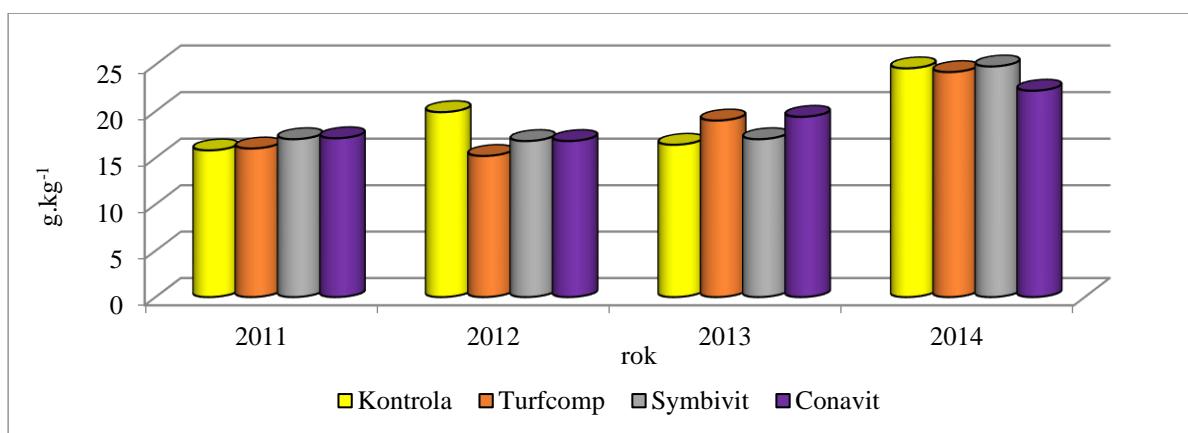
do 2054,0 mg.kg<sup>-1</sup> (Conavit). V roku 2012 sa obsah N<sub>t</sub> v pôde zvýšil. Najvýraznejší vzostup bol zaznamenaný po aplikácii mykorízneho prípravku Turfcomp (o 485,8 mg.kg<sup>-1</sup>). V ďalšom roku (2013) sa obsah N<sub>t</sub> zvýšil len na kontrole. Na ostatných variantoch koncentrácia N<sub>t</sub> klesala, resp. ostala nezmenená. V roku 2014 nasledoval pokles obsahu dusíka na všetkých variantoch. Počas celého trvania pokusu boli však hodnoty dusíka v pôde v rozmedzí od 1585,0 do 2305,8 mg.kg<sup>-1</sup>. Sotáková (1982) a Bielek (1998) takúto zásobu N<sub>t</sub> v pôde považujú za „nízku“ až „dobrú“.



**Obr 1** Obsah dusíka (N<sub>t</sub>) v pôde (mg.kg<sup>-1</sup>) v rokoch 2011 – 2014

**Fig 1** The content of nitrogen (N<sub>t</sub>) in soil (mg.kg<sup>-1</sup>) in 2011 – 2014

Neoddeliteľnou súčasťou pôd je organický podiel, ktorý výrazne ovplyvňuje pôdotvorný proces a formovanie pôdných vlastností. Obsah organickej hmoty v pôde sa vyjadruje pomocou celkového oxidovateľného uhlíka (C<sub>ox</sub>) (Fecenko a Ložek, 2000). Zo vzoriek získaných pred založením pokusu bol zistený „stredný“ obsah oxidovateľného uhlíka (Fiala, 1995; Sáňka a Materna, 2004) v rozpäti od 15,8 (kontrola) do 17,1 g.kg<sup>-1</sup> (Conavit) (Obr 2). V roku 2012 bol pozorovaný vzostup hodnôt C<sub>ox</sub> iba na kontrolnom variante (o 4,1 g.kg<sup>-1</sup>). V nasledujúcom roku sa hodnoty oxidovateľného uhlíka zvýšili na všetkých variantoch s výnimkou kontroly. V poslednom roku hodnotenia sme pozorovali nárast obsahu celkového oxidovateľného uhlíka na všetkých variantoch.

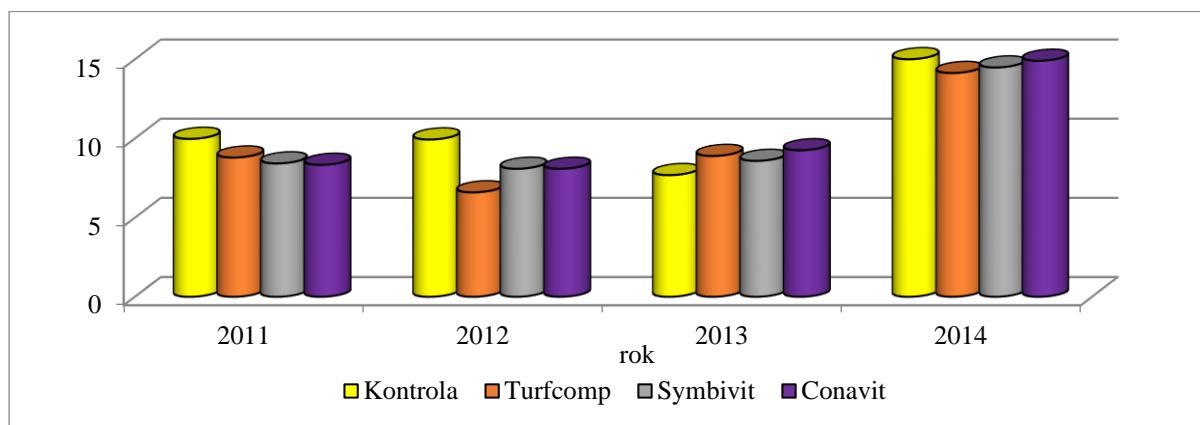


**Obr 2** Obsah C<sub>ox</sub> v pôde (g.kg<sup>-1</sup>) v rokoch 2011 – 2014

**Fig 2** The content of C<sub>ox</sub> in soil (g.kg<sup>-1</sup>) in 2011 – 2014

Obsah organického uhlíka je dôležitý indikátor pôdnej kvality (Barančíková, 2001). Pomer C<sub>ox</sub> : N<sub>t</sub> je ukazovateľom kvality pôdnej organickej hmoty. Užší pomer (< 10) spravidla

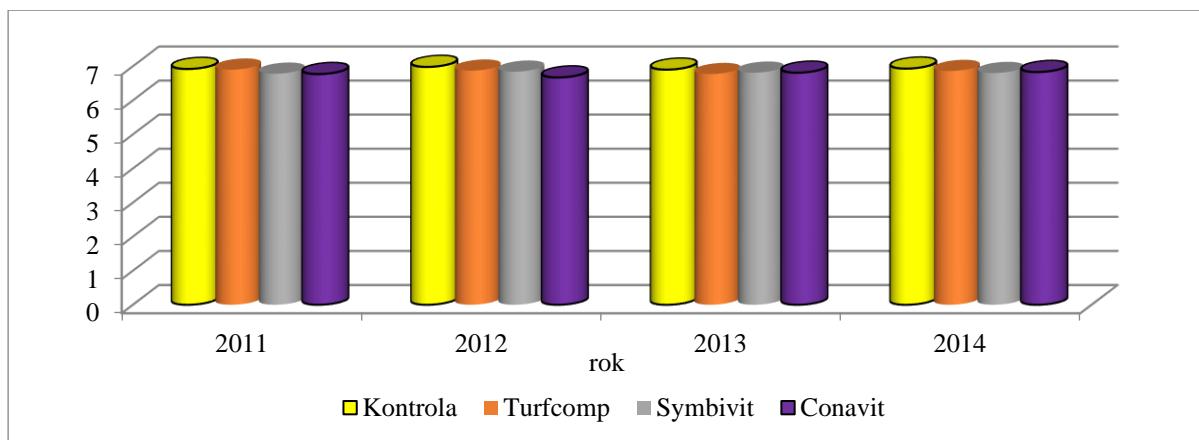
znamená vyššiu kvalitu humusu a širší ( $> 10$ ) nižšiu kvalitu (Fiala a Krhovjáková, 2009). Tento pomer je limitujúcim faktorom rýchlosťi mineralizácie organickej hmoty a uvoľňovania  $\text{CO}_2$  do atmosféry (Šimek, 2004). Pred založením pokusu bol pomer  $\text{C}_{\text{ox}} : \text{N}_t$  v rozmedzí od 8,33 (Conavit) do 9,97 (kontrola) (obrázok 3). Sotáková (1982) a Bielek (1998) hodnotia takýto stav ako „dobrý“, resp. dobrú kvalitu humusu. V nasledujúcom roku sme zaznamenali mierny pokles pomeru  $\text{C}_{\text{ox}} : \text{N}_t$ . V roku 2013 bol zistený mierny vzostup hodnôt pomeru  $\text{C}_{\text{ox}} : \text{N}_t$  okrem pôdy na kontrole. V poslednom hodnotenom roku (2014) sme zaznamenali nárast tohto pomeru na sledovaných variantoch.



**Obr 3** Hodnota pomeru  $\text{C}_{\text{ox}} : \text{N}_t$  v rokoch 2011 – 2014

**Fig 3** The value of ratio  $\text{C}_{\text{ox}} : \text{N}_t$  in 2011 – 2014

Pôdna reakcia významne ovplyvňuje vlastnosti pôd. Je limitujúcim faktorom rozpustnosti látok, dostupnosti živín, štruktúry pôdy a pod. (Pessarakli, 2007; Javoreková a kol., 2008). Je to faktor určujúci stav úrodnosti a jeho úroveň, resp. hladina determinuje dostupnosť väčšiny esenciálnych prvkov pre rastliny a ich následný rast (Benton, 2012). Pred založením pokusu boli hodnoty pH v rozmedzí od 6,77 (Conavit) do 6,92 (kontrola) (Obr 4). Tieto hodnoty pôdnej reakcie môžeme definovať ako „neutrálne“ (Richter a Hlušek, 2003). Ducsay et al. (2014) zistovali v rokoch 2006 – 2011 pH poľnohospodárskych pôd na Slovensku. Meraním dospeli k záveru, že najvyššie percento pôd (35,19 %) má pH v rozpätí 5,6 – 6,5. V druhom roku sa hodnoty pH mierne zvýšili na kontrole a na variante ošetrenom Symbivitom. V roku 2013 sme nezistili medzi variantmi výraznejšie rozdiely. Takmer na všetkých pôdach mierne klesla hodnota pH. Výnimkou bol variant po aplikácii Conavitu. V roku 2014 nastal mierny nárast hodnôt pH vo všetkých pôdach. Shabala (2012) uvádzá, že väčšina rastlín vyžaduje pre svoj optimálny rast a vývoj neutrálnu pôdnú reakciu, t.j. v rozmedzí pH 6,5 – 7,2, s väčšou či menšou toleranciou rastlín presahujúcu tieto krajiné hodnoty o 0,4 pH. V našom pokuse dané rozpätie nebolo prekročené. Ondřej a Opatrná (1997), Gregorová a Malý (2002), Jančovič et al. (2003 a 2005), Svobodová (2004), Hrabě et al. (2007), Pessarakli (2007), Gregorová (2009) a Cagaš (2012) tvrdia, že trávy možno pestovať v širokom rozpäti pH 4,5 – 7,5, i keď najvhodnejšia je slabo kyslá reakcia (pH 5,5 – 6,5).

**Obr 4** Hodnoty pH v pôde v rokoch 2011 – 2014**Fig 4** The values of pH in 2011 – 2014

## Záver

Z uvedených výsledkov môžeme konštatovať, že na konci hodnoteného obdobia malo použitie mykoríznych prípravkov pozitívny účinok na zvýšenie obsahu oxidovateľného uhlíka a jeho pomeru k celkovému dusíku v pôde. Taktiež ich aplikácia mala za následok mierne zvýšenie hodnôt pH pôdy. Použitím mykoríznych prípravkov nebolo zaznamenané zvýšenie koncentrácie celkového dusíka v pôde na konci sledovaného obdobia. Medzi jednotlivými mykoríznymi prípravkami sme nezaznamenali výraznejšie rozdiely v ich použití na zmeny hodnotených parametrov pôdy. Takisto aj ich aplikáciou do pôdy nebol zistený výraznejší vplyv na pôdne ukazovatele v porovnaní s kontrolným variantom.

## Literatúra

- Babošová, M., Noskovič, J. 2014. *Kvalita atmosférických zrážok v oblasti mesta Nitra-Dolná Malanta*, Nitra: SPU, 65 s. ISBN 978-80-552-1177-0
- Barančíková, G. 2001. Zmeny obsahu organického uhlíka na orných pôdach vybraných pôdných typov Slovenska. *Agrochémia*, roč. 41, č. 4, 2001, 10 – 12.
- Benton, J. 2012. *Plant Nutrition and Soil Fertility Manual*. New York: CCR Press, 304 s. ISBN 9781439816097.
- Bielek, P. 1998. *Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska*. Bratislava: VÚ pôdnej úrodnosti Bratislava, 255 s. ISBN 80-85361-44-2.
- Cagaš, B. 2012. Ekologický trávník-zbožné prání nebo realita? *Trávníky 2012 (sborník vydaný u příležitosti konání odborného semináře ve dnech 10. – 11. Září 2012 v Českých Budějovicích)*. Hrdějovice: Agentura Bonus, 3 – 5.
- Ducsay, L., Varga, L., Gáborík, Š., Prístavka, M., Varényiová, M. 2014. Vývoj pôdnej kyslosti a potreba vápnenia v Slovenskej republike. *Agrochémia*, roč. 54, č. 2, 2014, 21 – 25.
- Fecenko, J., Ložek, O. 2000. *Výživa a hnojenie poľných plodín*. Nitra: SPU, 441 s. ISBN 80-7137-777-5.
- Fiala, J. 1995. Methods for the determination and assessment of chemical soil properties. *Present methods in soil protection used in Slovakia and their comparison with German and International Standards*. Bratislava: VÚPÚ Bratislava, 1995, p. 29 – 44.
- Fiala, K., Krhovjáková, J. 2009. *Metodické postupy a zásady využívania chemických parametrov a pôd pod trvalými trávními porosty*. Agovýskum Rapotín: Kartotisk s.r.o. Šumperk, 56 s. 978-80-87144-13-8.
- Gregorová, H., Malý, O. 2002. *Poľné krmoviny*. Nitra: SPU, 128 s. ISBN 80-8069-038-3. 13.
- Gregorová, H. 2009. *Špeciálne trávníkárstvo*. Nitra: SPU, 148 s. ISBN 978-80-552-0212-9.
- Hrabě, F., Muller-Beck, K., Skládanka, J., Ryant, P., Hejduk, S., Šafránková, I., Šefrová, H., Cagaš, B., Hrdina, P., Sochorová, N., Šindelář, J., Zicha, V., Jandourek, M., Kubata, K. 2007. *Zelené vzdělávání (souborný studijný materiál)*. Brno: MENDELU, 300 s.

- Hric, P. 2017. *Vplyv rôznych foriem hnojív a mykoríznych prípravkov na výživu trávnika*. Nitra: SPU, 85 s. ISBN 978-80-552-1626-3.
- Jančovič, J., Ďurková, E., Vozár, L. 2003. *Trávne porasty a poľné krmoviny*. Nitra: SPU, 127 s. ISBN 80-8069-036-7.
- Jančovič, J., Ďurková, E., Vozár, L. 2005. *Krmoviny I*. Bratislava: ÚVTIP, 100 s. ISBN 80-89088-40-6.
- Javoreková, S. a kol. 2008. *Biológia pôdy v agroekosystémoch*. Nitra: SPU, 346 s. ISBN 978-80-552-0007-1.
- Kobza, J. 2016. Monitoring obsahu prístupného fosforu a draslika v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. *Agrochémia*, roč. 56, č. 1, 43 – 46.
- Kopčanová, L. 1976. *Pôdno-klimatické pomery v pôdach pod trvalými trávnymi porastmi vo vzťahu k hnojeniu a rekultivačným zásahom*. Habilitačná práca. VŠP: Nitra, 137 s. (nepublikované)
- Ondrišík, P. 2013. *Dynamika anorganického dusíka v pôde a možnosti jej regulácie*. Nitra: SPU, 97 s. ISBN 978-80-552-1032-2.
- Ondřej, J., Opatrňá, M. 1997. *Trávníky a okrasné trávy*. Praha: BRIO spol. s.r.o., 79 s. ISBN: 80-902209-5-9.
- Pessarakli, M. 2007. *Handbook of Turfgrass Management and Physiology*. Boca Raton: CRC Press, 720 s. ISBN 9780849370694.
- Tomaškin, J., Tomaškinová, J. 2012. *Ekologické, environmentálne a sociálne funkcie verejnenej zelene v urbánnej krajine*. Banská Bystrica: UMB v Banskej Bystrici, 93 s. ISBN 978-80-557-0468-5.
- Richter, R., Hlušek, J. 2003. *Půdní úrodnost*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 44 s. ISBN: 80-7271-130-X.
- Sáňka, M., Materna, J. 2004. *Indikátory kvality zemědělských a lesních půd České republiky*. Ministerstvo životního prostředí ČR. Praha: Edice Planeta, roč. 12, č. 11, 2004, 84 s.
- Shabala, S. 2012. *Plant stress physiology*. Wallingford: CABI, 318 s. ISBN 9781845939953.
- Schmid, T., Oehl, F., Schnupfer, R. 2008. Application of arbuscular mycorrhizal fungi for the revegetation of raw solis. *1<sup>st</sup> European turfgrass society conference 19<sup>th</sup>–20<sup>th</sup> may, Pisa (Italy)*, 2008, p. 167 – 168.
- Schwantes, H. O. 1996. *Biologie der Pilze. Eine entfuehrung in die angewandte Mykologie*. Stuttgart: Ulmer, 478 s.
- Sotáková, S. 1982. *Organicka hmota a úrodnosť pôdy*. Bratislava: Príroda, 231 s.
- Svobodová, M. 2004. *Trávnik*. Praha: Grada Publishing a.s., 91 s. ISBN 80-247-0917-1.
- Šimek, M. 2004. *Základy nauky o půde – 4. degradace půdy*. České Budějovice: Biologická fakulta JU, 225 s. ISBN: 80-7040-667-4.
- Úlehlová, B. 1972. Nitrogen in Alluvial Meadow Ecosystems. *Ecosystems Study on Grassland Biome in Czechoslovakia*, IBP/PP-Pt Report, 2.

## GEOCHEMISTRY AND GEOTECTONIC SIGNIFICANCE OF NEOPROTEROZOIC OPHIOLITIC PERIDOTITES AND PYROXENITES: KAB AMIRI, EASTERN DESERT, EGYPT

*Sherif Kharbish<sup>1</sup>, \* Amr El-Awady<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Prof. Dr. rer. nat. Sherif Kharbish, Geology Department, Faculty of Science, Suez University, Suez Governorate, El Salam City, 43518, Egypt. \*corresponding author e-mail: sherif.kharbish@suezuni.edu.eg

<sup>2</sup> Dr. Amr El-Awady, PhD., Geology department, Faculty of Science, Zagazig University, Zagazig, Egypt.

DOI <http://dx.doi.org/10.24040/actaem.2018.20.1.38-45>

**Abstract:** The Kab Amiri ultramafic ophiolitic section comprises highly serpentinites and pyroxenites. The Kab Amiri ophiolite suite represents fragments of oceanic lithosphere that are developed in forearc setting in a supra-subduction zone environment. The clinopyroxenes chemistry reflect the strong affinity of pyroxenites toward the intra-oceanic forearc boninites. Serpentinites have been most likely formed directly from mantle-wedge olivine above the slab in which the fluids driven for the slab cause strong hydration and cooling of peridotites during an early stage of serpentinization. Pyroxenites show a very close relation to the serpentinites, which reflect that both are co-genetic with the rest of the mantle suite. Thus, the pyroxenites genesis is directly related to the contamination of their mantle source by crustal material and/or subduction-related slab fluids during mantle evolution in supra subduction zone setting.

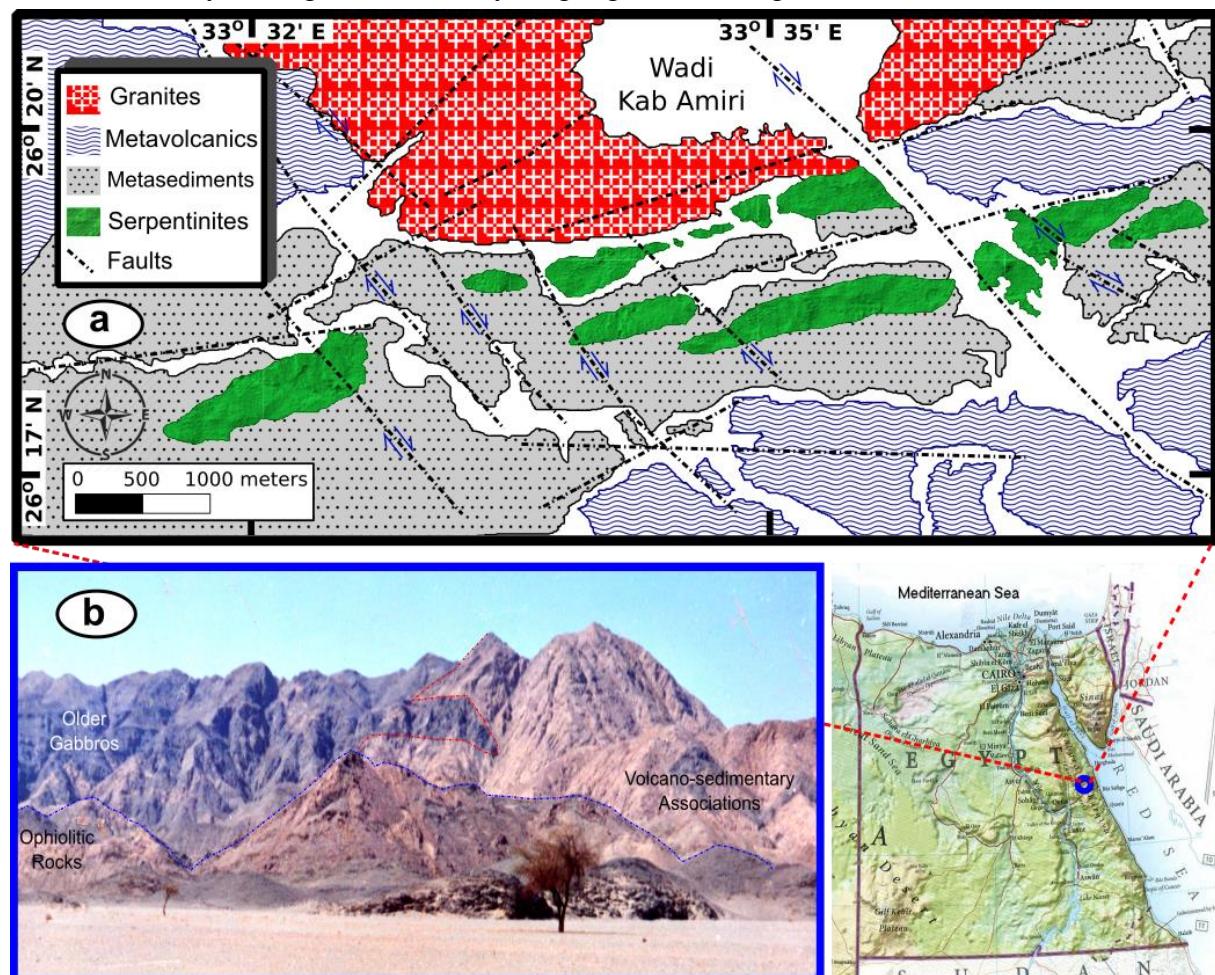
**Key words:** Neoproterozoic; ophiolites; forearc; Raman spectroscopy; Egypt

## Introduction

The Egyptian Neoproterozoic ophiolites (ENO) (e.g. Farahat et al., 2004; Stern et al., 2004) were considered to be generated in mid-ocean ridges (e.g. Zimmer et al., 1995), or formed in a forearc (e.g. Stern et al. 2004) or a back-arc setting (e.g. Farahat et al., 2004). The Kab Amiri district (KAD), central Eastern Desert (CED), Egypt, was long known as a small Au mining district since ancient times (Andráš and Kharbish, 2014), which dates back to New ancient Egyptian (Pharaonic) dynastic Kingdoms (2700 to 1070 BC) (Kharbish and Andráš, 2014a, b). Despite the work that has been done on the different rock units in the KAD, few detailed investigations on the ENO in the KAD area, were performed. Thence, the present article goals to establish the primary petrography and bulk-rock geochemistry of ENO in the KAD area. This study uncovered a good model for the sophisticated geologic processes experienced by the Egyptian Neoproterozoic ophiolitic rocks, notwithstanding the tricky task of eliciting information from these complex rocks.

## Geology and petrography

The KAD area is ~ 45 km far from Port Quseir in the CED of Egypt and lies within a region (from oldest to youngest, Fig. 1a) of Neoproterozoic ophiolitic rocks and associated derivatives that are emplaced in island arc, calc-alkaline volcano-sedimentary associations (Fig. 1b) and metagabbro-diorite assemblages (older gabbros), which together with the ophiolitic suites were later intruded by older granitoids and younger granites (Moghazi, 2002).



**Fig 1** Geological map of G. Kharaza area Fig. 1. (a) Geological map of Kab Amiri area, Eastern Desert, Egypt and (b) Contact between the serpentinites and the underlying volcano-sedimentary rocks.

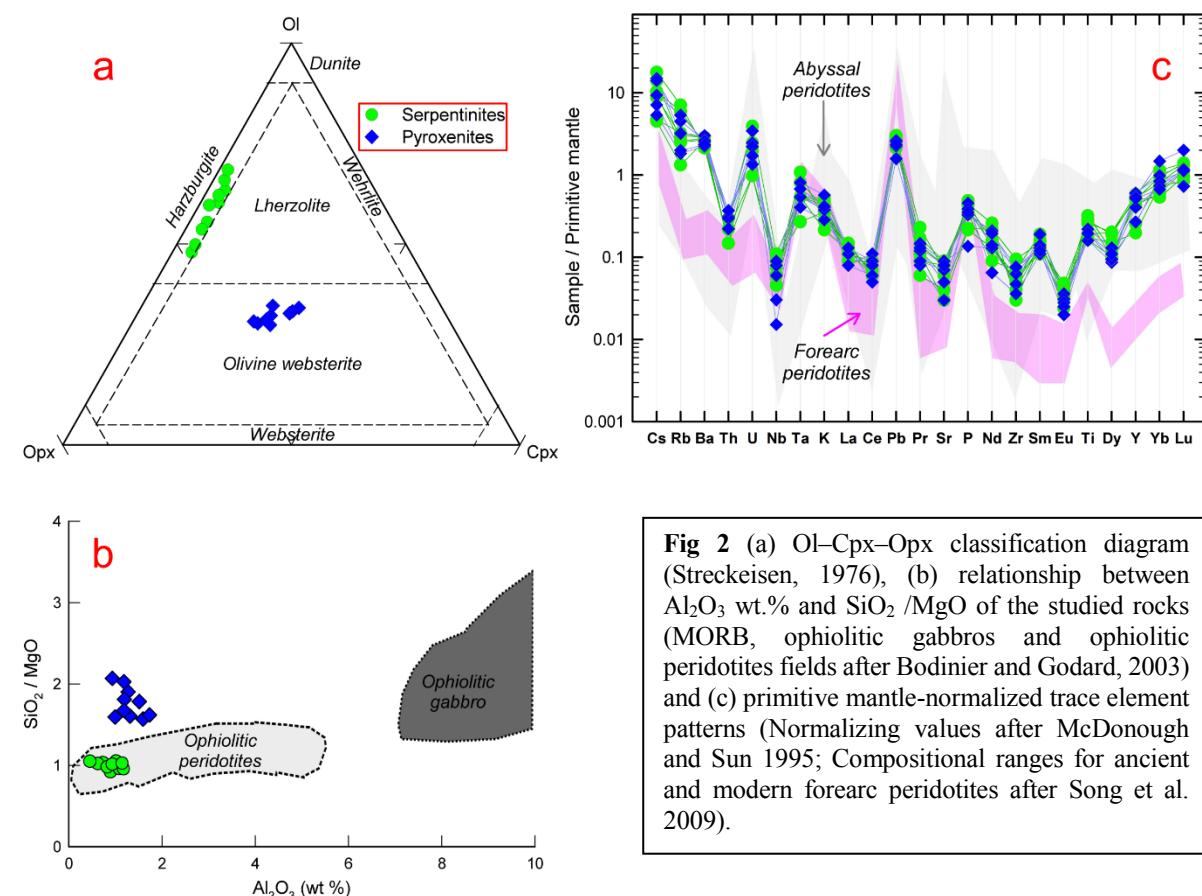
The KAD serpentinites (highly serpentinized peridotites) display a massive fine- to medium-grained appearance and grayish to greenish colors. Petrographically, serpentinites compose basically of fine- to medium-grained platy shreds and fibrous flakes antigorite, together with primary chromian spinel and few amounts of secondary metamorphic minerals talc and chlorite. The rocks commonly preserve pseudomorphic textures of serpentine after orthopyroxene (bastite texture) that testify their harzburgite parentage. Subhedral shape spinel crystals (altered along fractures and grain boundaries) exhibit three irregular optical zoning owing to their alteration processes. Rarely chlorite grains occur as small aggregates in a serpentine matrix or as aureoles around altered chromian spinel. Pockets or small elongated massive remnants are recorded within the serpentinites that consist mainly of pyroxenites. The pyroxenites are predominantly composed of clinopyroxene (diopside + rare augit) and orthopyroxene (enstatite), with antigorite and subordinate amounts of metamorphic minerals (viz., tremolite, talc and chlorite).

## Samples and experiments

Minerals compositions were obtained by the Cameca microbeam electron microprobe analyzer (EMPA; Cameca SX 100), with 15 Kv accelerating voltage, 20 nA beam current, 1  $\mu\text{m}$  beam diameter and a counting time of 10s. Representative 20 samples (10 serpentinites and 10 pyroxenites) from the KAD area have been analyzed for their major, and trace compositions. Analyses were performed by the X-ray spectrometer Phillips PW 2400. Analytical precision was better than 1% and 3% for major and trace elements, respectively.

## Results

The MgO contents and LOI are much higher in serpentinites compared with those in pyroxenites; whereas the higher values of CaO content occur in pyroxenites (Tab 1).



**Fig 2** (a) Ol–Cpx–Opx classification diagram (Streckeisen, 1976), (b) relationship between  $\text{Al}_2\text{O}_3$  wt.% and  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$  of the studied rocks (MORB, ophiolitic gabbros and ophiolitic peridotites fields after Bodinier and Godard, 2003) and (c) primitive mantle-normalized trace element patterns (Normalizing values after McDonough and Sun 1995; Compositional ranges for ancient and modern forearc peridotites after Song et al. 2009).

The serpentinites plot in within the harzburgite field (Fig 2a), whereas the pyroxenites lie within the olivine websterite field (Fig 2a). Both serpentinites and pyroxenites show depleted to highly depleted trace elements patterns relative to the primitive mantle (Fig 2c). The great likeness among the trace element patterns of the examined rocks indicate the genetic connection of serpentinites and pyroxenites.

**Tab 1** Whole rock major (wt.%), trace and rare-earth element (ppm) data of Kab Amiri district rocks.

	<b>Se1</b>	<b>Se2</b>	<b>Se3</b>	<b>Se4</b>	<b>Se5</b>	<b>Se6</b>	<b>Se7</b>	<b>Se8</b>	<b>Se9</b>	<b>Se10</b>
<b>Serpentinite (wt %)</b>										
<b>SiO<sub>2</sub></b>	41.62	40.25	38.85	37.62	39.52	40.61	38.65	39.52	40.36	40.05
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.04	0.11	0.07	0.05	0.06	0.03	0.02	0.04	0.08	0.10
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.73	0.62	0.89	1.08	0.45	1.01	0.82	1.17	0.93	1.14
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	8.36	8.11	7.06	9.02	8.75	9.64	8.72	7.95	9.73	8.95
<b>MgO</b>	40.23	39.36	42.15	39.12	37.58	38.56	39.36	41.23	39.75	38.95
<b>MnO</b>	0.12	0.34	0.26	0.11	0.15	0.14	0.13	0.37	0.24	.011
<b>CaO</b>	0.65	0.69	0.62	0.82	0.67	0.73	0.59	0.72	0.76	0.59
<b>Na<sup>2</sup>O</b>	0.05	0.07	0.03	0.05	0.03	0.20	0.07	0.05	0.09	0.11
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.02	0.01	0.05	0.09	0.04	0.03	0.03	0.09	0.05	0.02
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.04	0.08	0.06	0.02	0.07	0.02	0.04	0.04	0.09	0.03
<b>LOI</b>	7.23	10.28	9.77	11.89	12.19	8.76	11.06	8.49	7.63	9.38
<b>Total</b>	<b>99.09</b>	<b>99.92</b>	<b>99.81</b>	<b>99.87</b>	<b>99.51</b>	<b>99.73</b>	<b>99.49</b>	<b>99.67</b>	<b>99.71</b>	<b>99.43</b>
	<b>Se1</b>	<b>Se2</b>	<b>Se3</b>	<b>Se4</b>	<b>Se5</b>	<b>Se6</b>	<b>Se7</b>	<b>Se8</b>	<b>Se9</b>	<b>Se10</b>
ppm										
<b>Ba</b>	10	8	9	8	7	10	8	9	7	8
<b>Cs</b>	0.4	0.3	0.4	0.2	0.4	0.3	0.1	0.3	0.5	0.1
<b>Nb</b>	1	2	2	1	2	1	1	1	2	2
<b>Pb</b>	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3
<b>Rb</b>	2	2	3	2	1	2	2	1	2	2
<b>Sr</b>	58	57	51	38	49	28	33	51	57	54
<b>Ta</b>	2	3	3	3	2	2	3	2	3	2
<b>Th</b>	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4
<b>U</b>	4	6	3	8	4	6	5	4	6	4
<b>Y</b>	0.185	0.211	0.325	0.258	0.421	0.369	0.732	0.584	0.474	0.240
<b>Zr</b>	4.8	6.1	3.0	4.1	4.6	5.0	3.7	6.0	4.0	3.5
<b>La</b>	0.14	0.23	0.26	0.28	0.34	0.18	0.26	0.37	0.18	0.24
<b>Ce</b>	5	5	5	6	6	5	6	6	6	5
<b>Pr</b>	0.056	0.042	0.031	0.147	0.062	0.063	0.047	0.073	0.029	0.010
<b>Nd</b>	0.28	0.17	0.57	0.48	0.41	0.44	0.54	0.42	0.55	
<b>Sm</b>	0.140	0.200	0.124	0.220	0.147	0.078	0.114	0.175	0.084	0.210
<b>Eu</b>	0.062	0.075	0.082	0.081	0.042	0.026	0.037	0.055	0.047	0.026
<b>Dy</b>	0.214	0.206	0.154	0.421	0.178	0.084	0.132	0.208	0.145	0.139
<b>Yb</b>	0.210	0.170	0.150	0.090	0.032	0.041	0.058	0.13	0.018	0.190
<b>Lu</b>	0.027	0.066	0.048	0.034	0.012	0.019	0.029	0.042	0.051	0.036

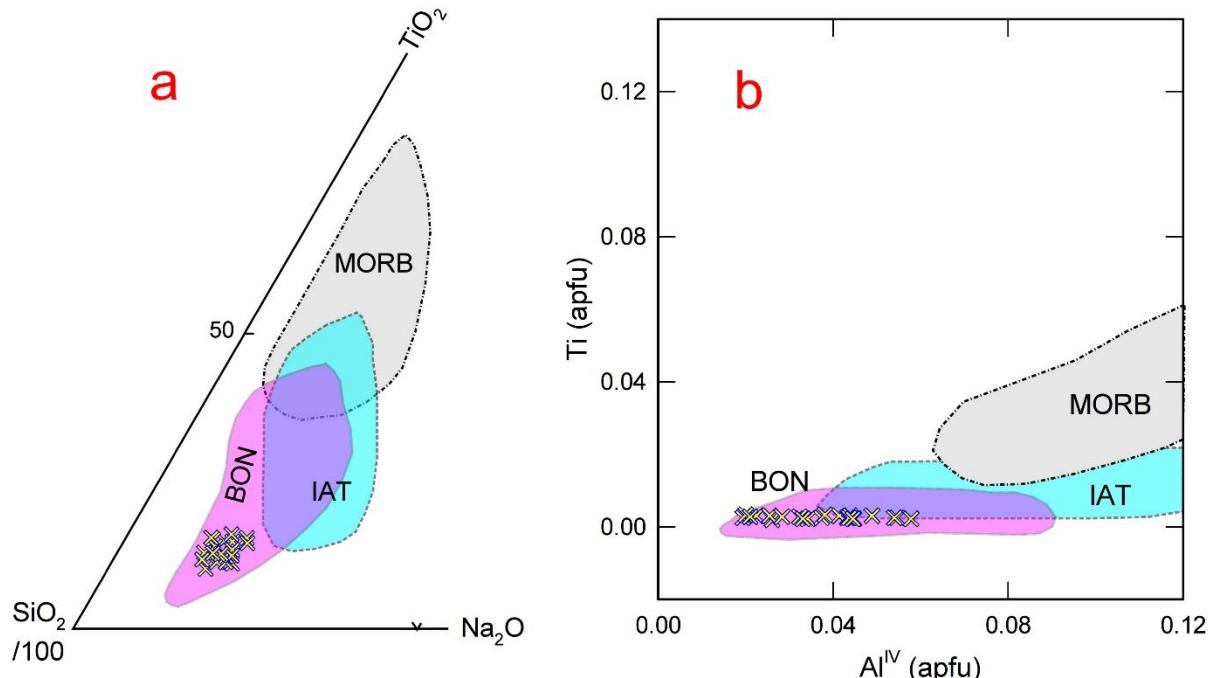
	<b>Pe1</b>	<b>Pe2</b>	<b>Pe3</b>	<b>Pe4</b>	<b>Pe5</b>	<b>Pe6</b>	<b>Pe7</b>	<b>Pe8</b>	<b>Pe9</b>	<b>Pe10</b>
	<b>Pyroxenite (wt %)</b>									
<b>SiO<sub>2</sub></b>	44.52	45.63	45.25	49.18	46.61	48.91	44.89	47.41	45.93	49.04
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.14	0.01	0.19	0.11	0.05	0.04	0.17	0.06	0.12	0.08
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.99	1.59	1.73	0.93	1.51	1.27	1.31	1.19	1.18	1.18
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	8.28	7.98	8.46	7.25	8.81	7.63	8.37	7.62	8.64	7.44
<b>MgO</b>	27.89	29.05	27.94	23.76	26.11	25.69	27.92	26.17	27.40	24.16
<b>MnO</b>	0.21	0.16	0.14	0.16	0.22	0.18	0.19	0.16	0.18	0.17
<b>CaO</b>	13.33	12.14	10.75	14.22	13.51	12.25	12.04	13.18	12.13	13.23
<b>Na<sup>2</sup>O</b>	0.05	0.07	0.12	0.05	0.06	0.03	0.07	0.06	0.09	0.04
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.02	0.01	0.04	0.02	0.07	0.03	0.03	0.02	0.06	0.03
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.02	0.01	0.03	0.02	0.05	0.02	0.02	0.01	0.04	0.02
<b>LOI</b>	3.79	3.02	4.52	3.94	2.54	3.77	4.24	3.48	3.94	3.86
<b>Total</b>	<b>99.42</b>	<b>99.67</b>	<b>99.17</b>	<b>99.64</b>	<b>99.54</b>	<b>99.82</b>	<b>99.25</b>	<b>99.36</b>	<b>99.71</b>	<b>99.25</b>
	<b>Pe1</b>	<b>Pe2</b>	<b>Pe3</b>	<b>Pe4</b>	<b>Pe5</b>	<b>Pe6</b>	<b>Pe7</b>	<b>Pe8</b>	<b>Pe9</b>	<b>Pe10</b>
	<b>ppm</b>									
<b>Ba</b>	14	10	27	25	26	48	10	37	45	76
<b>Cs</b>	0.2	0.4	0.3	0.4	0.2	0.4	0.3	0.2	0.5	0.4
<b>Nb</b>	2	2	4	4	4	2	2	2	3	2
<b>Pb</b>	4	6	8	5	4	11	11	8	9	6
<b>Rb</b>	2	2	2	2	6	11	7	8	6	5
<b>Sr</b>	13	14	13	19	105	184	116	9	210	173
<b>Ta</b>	3	3	3	3	3	3	6	4	3	4
<b>Th</b>	3	3	5	6	3	3	5	3	4	4
<b>U</b>	3	3	3	3	5	5	5	5	3	5
<b>Y</b>	3	2	2	7	4	2	12	10	2	15
<b>Zr</b>	22	24	35	52	68	25	33	24	64	73
<b>La</b>	5	18	22	11	6	8	9	9	11	20
<b>Ce</b>	8	13	6	19	31	16	6	21	14	24
<b>Pr</b>	0.28	0.34	0.18	0.26	0.37	0.18	0.24	0.27	0.23	0.26
<b>Nd</b>	0.47	0.28	0.17	0.57	0.48	0.18	0.34	0.21	0.74	0.57
<b>Sm</b>	0.05	0.04	0.05	0.07	0.05	0.04	0.01	0.03	0.04	0.07
<b>Eu</b>	0.03	0.02	0.01	0.03	0.03	0.03	0.04	0.01	0.02	0.02
<b>Dy</b>	0.12	0.11	0.10	0.14	0.12	0.11	0.14	0.08	0.12	0.17
<b>Yb</b>	0.09	0.09	0.10	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10	0.20	0.09
<b>Lu</b>	0.02	0.01	0.02	0.01	0.06	0.03	0.05	0.04	0.04	0.01

## Discussion

The chemistry of clinopyroxenes in pyroxenites reflect their strong affinity toward the intra-oceanic forearc boninites (Fig 3a, b). The Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> contents and the FeO/MgO ratio of the parental melt and the empirical degree of partial melting (F) of the investigated chromian spinels in serpentinites were computed using the equations of Maurel and Maurel (1982) and Hellebrand et al., (2001), respectively. The obtained values of the parental melt Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10.31 – 12.89 wt%),

$\text{FeO}/\text{MgO}$  (0.95 – 1.84) and F (19 - 22) are consistent with the composition of primary boninites [ $\text{Al}_2\text{O}_3 = 10.60\text{--}14.40$  wt%,  $\text{FeO}/\text{MgO} = 0.70\text{--}1.40$ , (Wilson, 1989)] and the peridotites recovered from forearcs (F = 20–25; Zanetti et al., 2006). Furthermore, the depletion in Nb contents (Fig 2c) are similar to those in the forearc peridotites (Song et al., 2009).

One of the fundamental problems related to the study of serpentinites is the determination of their metamorphic grade. The presence of antigorite as the only serpentine mineral in serpentinites and the absence of newly formed olivine indicates that they were formed in the stability field of antigorite (250–600 °C; Evans 2004) or that the temperature did not exceed the lower amphibolite facies metamorphism range (i.e. below 500°C).



**Fig. 3** Plot of the analyzed pyroxenes on (a)  $\text{SiO}_2\text{--TiO}_2\text{--Na}_2\text{O}$  diagram (Beccaluva et al., 1989) and (b)  $\text{Ti}$  vs.  $\text{Al}^{\text{IV}}$  diagram (Beccaluva et al., 1989).

Serpentinites have been most likely formed directly from mantle-wedge olivine above the slab in which the fluids driven for the slab cause strong hydration and cooling of peridotites during an early stage of serpentinitization (400–600 °C; Khedr and Arai, 2010). Thus the antigorite formation usually occur at ~ 500°C (Moody, 1976), while the olivine after antigorite is commonly composed by dehydration at > 500°C; (Caruso and Chernosky, 1979), which is the minimum temperature for the ferrian chromite, antigorite and chlorite formation (Jan and Windley, 1990).

Many researchers have proposed that chromian spinel breakdown during metamorphism to form chlorite (Shen et al., 1988) at relatively high temperatures (> 400°C; Kimball, 1990) and in the presence of aqueous fluids (Merlini et al., 2009); implies outward Al and Mg diffusion from chromian spinel, leaving a residual  $\text{Fe}^{3+}$ -enriched and Al-, Mg-depleted Cr-spinel (ferrian chromite) (Kimball, 1990; Merlini et al., 2009). The serpentinitization of both pyroxene and olivine at temperatures between 200 and 300° C (Bach et al., 2006) could favor the creation of an aqueous fluid rich environment necessary for the chlorite and ferrian chromite formations.

At high oxidative conditions [i.e. increase in  $f(\text{O}_2)$ ], the reaction of chromian spinel with serpentine favor to produce chlorite and Cr-magnetite (Mellini et al., 2005). This increase in the oxidative conditions (necessary for Cr-magnetite formation) may be took place after the late

stages of serpentinization or during lower temperature amphibolite facies metamorphism (Bach et al., 2006).

The investigated pyroxenites display a very close relation to the serpentinites, which reflect that both are co-genetic with the rest of the mantle suite. Therefore, the KAD pyroxenites genesis could be related to the contamination of their mantle source by crustal material and/or subduction-related slab fluids during mantle evolution in supra subduction zone (SSZ) setting. Thus the low TiO<sub>2</sub> contents (0.07 -0.12 wt%, Table 1); the enrichment in LILE (Fig 2c) and LREE (Fig. 3d) and the Nb depletion (Fig 2c) indicate the remelting of a highly depleted mantle source and suggest their formation in a SSZ environment (i.e forearc).

## References

- Andráš, P., Kharbish, S. 2014. Gold sources in ancient Egypt. In: Andráš, P., Dirner, V., Kharbish, S. (Eds), *Historic deposits and their impact on environment*. 1<sup>st</sup> Ed., Technicka univerzita v Kosiciach Slovakia, ISBN 978-80-553-1756-4, 57-75.
- Bach, W., Paulick, H., Garrido, C.J., Ildefonse, B., Meurer, W., Humphris, S.E. 2006. Unravelling the sequence of serpentinization reactions: petrography, mineral chemistry, and petrophysics of serpentinites from MAR 15oN (ODP Leg 209, Site 1274). *Geophysical Research Letters* 25, 1467-1470. DOI: <https://doi.org/10.1029/2006GL025681>
- Beccaluva, L., Macchiota, G., Piccardo, G.B., Zeda, O. 1989. Clinopyroxene composition of ophiolitic basalts as petrogenetic indicator. *Chemical Geology* 77, 165–182. DOI: [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(89\)90073-9](https://doi.org/10.1016/0009-2541(89)90073-9)
- Bodinier, J.L., Godard, M. 2003. Orogenic, ophiolitic, and abyssal peridotites. In: Carlson, R.W. (Ed.), *Treatise on Geochemistry Mantle and core: Treatise on Geochemistry* 2. Elsevier Science Ltd, 103–170.
- Caruso, L.J., Chernosky, J.V. Jr. 1979. The stability of lizardite. *Canadian Mineralogist*, 17, 757–770.
- Evans, B.W. 2004. The Serpentinite Multisystem Revisited: Chrysotile Is Metastable. *International Geology Review*, 46, 479–506. DOI: <https://doi.org/10.2747/0020-6814.46.6.479>
- Farahat, E.S., El-Mahalawi, M.M., Hoinkes, G. 2004. Continental back-arc basin origin of some ophiolites from the Eastern Desert of Egypt. *Mineralogy and Petrology*, 82, 81–104. DOI 10.1007/s00710-004-0052-6
- Hellebrand, E., Snow, J.E., Dick, H.J.B., Hofmann, A.W. 2001. Coupled major and trace elements as indicators of the extent of melting in mid-ocean-ridge peridotites. *Nature*, 410, 677-681. DOI: 10.1038/35070546
- Jan, M.Q., Windley, B.F. 1990. Chromian spinel-silicate chemistry in ultramafic rocks of the Jijal Complex, northwest Pakistan. *Journal of Petrology*, 31, 67–71. DOI: <https://doi.org/10.1093/petrology/31.3.667>
- Kharbish, S., Andráš, P., 2014a. Exploitation of ores, rocks and minerals in ancient Egypt. *Acta Universitatis Matthiae Belii, seria Environmentalne Manažérstvo*, 1, 24 – 33.
- Kharbish, S., Andráš, P., 2014b. Pharaonic Egypt mines and quarries. In: Andráš, P., Dirner, V., Kharbish, S. (Eds), *Historic deposits and their impact on environment*. 1<sup>st</sup> Ed., Technicka univerzita v Kosiciach Slovakia, ISBN 978-80-553-1756-4, 36 – 57.
- Khedr, M.Z., Arai, S. 2010. Hydrous peridotites with Ti-rich chromian spinel as a low-temperature forearc mantle facies: evidence from the Happo-O’ne metaperidotites (Japan). *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 159, 137–157.
- Kimball, K.L. 1990. Effects of hydrothermal alteration on the composition of chromian spinels. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 105, 337-346.
- Maurel, C., Maurel, O., 1982. Étude experimentale de la distribution de l’aluminium entre bain silicaté basique et spinelle chromifère. Implications pétrogénétiques: teneur en chrome des spineless. *Bulletin de Minéralogie*, 105, 197-202.
- McDonough, W.F., Sun, S.S., 1995. The composition of the earth. *Chemical Geology*, 120, 223–253. DOI: [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)00140-4](https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)00140-4)
- Mellini, M., Rumori, C., Viti, C. 2005. Hydrothermally reset magmatic spines in retrograde serpentinites: formation of “ferritchromit” rims and chlorite aureoles. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 149, 266-275.
- Merlini, A., Grieco, G., Diella, V. 2009. Ferritchromite and chromian-chlorite formation in mélange-hosted Kalkan chromitite (Southern Urals, Russia). *American Mineralogist*, 94, 1459–1467. DOI: 10.2138/am.2009.3082
- Moghazi, A.M. 2002. Petrology and geochemistry of Pan-African granitoids, Kab Amiri area, Egypt – implications for tectonomagmatic stages in the Nubian Shield evolution. *Mineralogy and Petrology*, 75, 41–67.

- Shen, P., Hwang, S.L., Chu, H.T., Jeng, R.C. 1988. STEM study of “ferritchromit” from the Heng-Chun chromitite. *American Mineralogist*, 73, 383–388.
- Song S.G., Niu, Y.L m., Zhang, L.F.m – Bucher, K., 2009. The Luliangshan garnet peridotite massif of the North Qaidam UHPM belt, NW China – a review of its origin and metamorphic evolution. *Journal of Metamorphic Geology*, 27, 621–638. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.2009.00848.x>
- Stern, R.J., Johnson, P.R., Kröner, A., Yibas, B. 2004. Neoproterozoic ophiolites of the Arabian–Nubian Shield. In: Kusky, T.M. (Ed.). *Precambrian Ophiolites and Related Rocks. Development of Precambrian Geology*, 13, 95–128.
- Streckeisen, A. 1976. Classification of common igneous rocks by mean of their chemical composition. A provisional attempt. *Neues Jahrbuch für Mineralogie – Abhandlungen*, 1–15.
- Wilson, M. 1989. *Igneous petrogenesis*. London: U.K., Unwin Hyman, 466 pp.
- Zanetti, A., d'Antonio, M., Spadea, P., Raffone, N., Vannucci, R., Bruguier, O., 2006. Petrogenesis of mantle peridotites from the Izu-Bonin-Mariana (IBM) forearc. *Ophioliti*, 31, 2, 189-206. DOI: <https://doi.org/10.4454/ofioliti.v31i2.340>
- Zimmer, M., Kröner, A., Jochum, K.P., Reischmann, T., Todt, W. 1995. The Gabal Gerf complex: a Precambrian N-MORB ophiolite in the Nubian Shield, NE Africa. *Chemical Geology*, 123, 29–51. DOI: [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(95\)00018-H](https://doi.org/10.1016/0009-2541(95)00018-H)

# TECHNOLOGICKÉ POSTUPY ZÁCHRANNÝCH PRÁC NA ŽELEZNIČNOM PRIESTRÍ PRI NEHODE VLAKOVEJ SÚPRAVY SO ŠPECIÁLNÝM NÁKLADNÝM VOZIDLOM

## TECHNOLOGICAL PROCEDURES OF RESCUE WORK ON THE RAILWAY CROSSING IN THE ACCIDENT OF A TRAIN SET WITH A SPECIAL FREIGHT VEHICLE

*Mikuláš Monoší<sup>1</sup>, Michal Ballay<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>doc. Ing. Mikuláš Monoší, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, Korešpondenčná adresa: [mikulas.monosi@fbi.uniza.sk](mailto:mikulas.monosi@fbi.uniza.sk)

<sup>2</sup>Ing. Michal Ballay, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra technických vied a informatiky, kontakt: [michal.ballay@fbi.uniza.sk](mailto:michal.ballay@fbi.uniza.sk)

DOI <http://dx.doi.org/10.24040/actaem.2018.20.1.46-55>

**Abstract:** The high number of deaths and injuries to road users on railway crossings is mainly due to the historical development of the number of level crossings of the railway line and of the road transport and the increase of the traffic intensities of the road transport. In the event of an incident occurring on a railway crossing, it is necessary to cooperate with the IRS components, the operational center and other involved persons involved in the intervention activity. The layout, layout, and use of railroad junctions vary from place to place, so each railroad crossing is unique. The article highlights the time-consuming intervention activity for a particular accident event.

**Key words:** fire brigade, railway crossing, rescue work, extraordinary event, model situation.

**Abstrakt:** Vysoký počet úmrtí a zranených účastníkov cestnej premávky na železničných priecestiach je daný predovšetkým historickým vývojom počtu úrovňových krížení železničnej trate a pozemnej komunikácie a súčasne nárastom dopravných intenzít cestnej dopravy. V prípade vzniku mimoriadnej udalosti na železničnom priecestí je nutná spolupráca zložiek IZS, operačného strediska a ostatných zúčastnených osôb, ktorí sa podieľajú na zásahovej činnosti. Rozvrhnutie, priestorové umiestnenie a použitie železničných priecestí sa líši miesto od miesta, takže každé železničné priecestie je jedinečné. Článok poukazuje na časovú náročnú zásahovej činnosti pre konkrétnu nehodovú udalosť.

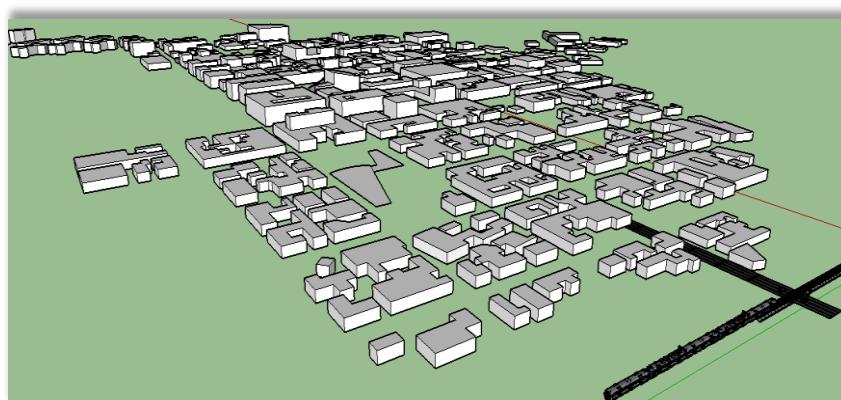
**Kľúčové slová:** hasičské jednotky, železničné priecestie, záchranné práce, mimoriadna udalosť, modelová situácia.

## 1 ÚVOD

Železničné priecestie je úrovňové križovanie pozemnej komunikácie so železničnou traťou, aj prechod cez železničnú trať. Z hľadiska zásahu, železničné priecestie predstavuje jednu z najťažších a najkomplikovanejších technických zásahov. Takýto zásah je charakteristický prekonávaním väčších vzdialenosí výhradne peši, fyzicky náročnou dopravou technických prostriedkov, náročným terénom a pod. Vzhľadom na odborné činnosti a manipuláciu treba zásah vykonávať v spolupráci s personálom železnice a operačným strediskom železníc.

## 2 SCENÁR NEHODOVEJ UDALOSTI – ZRÁŽKA ŠPECIÁLNEHO NÁKLADNÉHO VOZIDLA S NÁKLADNÝM VLAKOM

Vzhľadom k tomu, že nie je možné zahrnúť všetky možné scenáre a kombinácie nehôd, je v článku spracovaný jeden z najzávažnejších scenárov nehodovej udalosti na železničných priecestiach. Pre nasledujúce časti článku si v prvom rade zadefinujeme prostredie v ktorom sa bude vykonávať zásahová činnosť. Vytvorili sme modelovú situáciu pre každú nehodovú udalosť rovnako, a to pomocou programového produktu SketchUp 2016. Na obrázku 1 je znázorené prostredie modelovej situácie. Môžeme vidieť, že železničné priecestie sa nachádza na okraji obce. Z pohľadu železničnej dopravy ide o jednokoľajovú železničnú trať, po ktorej premávajú osobné a nákladné vlaky, ktoré sú v prednej časti hnacieho dráhového vozidla vybavené tzv. „pluhom“ (technické opatrenie železníc, pri nehodách na železničných priecestiach). Z pohľadu cestnej dopravy ide o obojsmernú premávkou pri ktorej sú účastníci premávky všetky kategórie vozidiel.



**Obr 1** Definícia priestoru realizácie modelových situácií [ALOHA]

**Fig 1** Definition of space for the implementation of model situations [ALOHA]

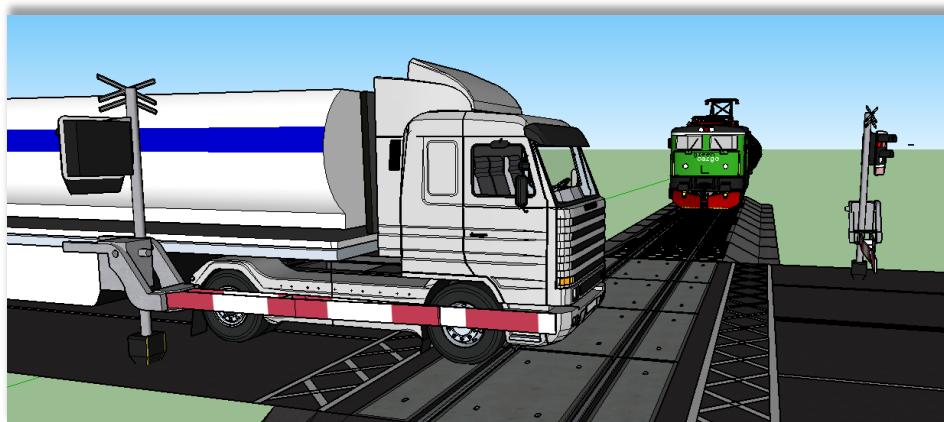
V druhom rade, je potrebné zadefinovať podmienky, vzhľadom k zásahovej činnosti hasičských jednotiek. V Tab 1 sú uvedené poveternostné podmienky.

**Tab 1** Atmosférické podmienky pre modelové situácie (autori)

**Tab 1** Atmospheric conditions for model situations (authors)

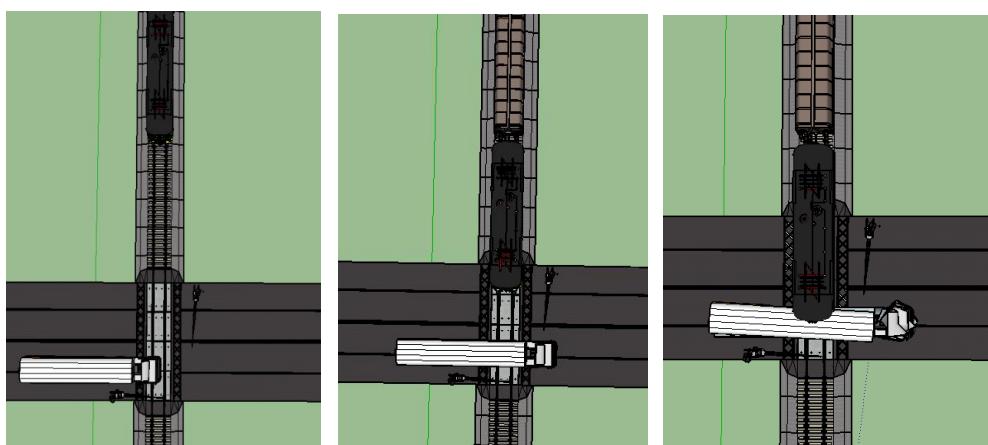
<b>Vznik nehodovej udalosti</b>	<b>13:30 hod.</b>
<b>Teplota prostredia</b>	21 °C
<b>Zrážky</b>	0 mm
<b>Prúdenie vetra</b>	Slabý vietor, 3 m/s zo severovýchodu

Scenár nehodovej udalosti je popísaný nasledovne: Vodič špeciálneho nákladného vozidla, prepravujúci amoniak vošiel, na železničné priecestie v čase, kedy boli priecestné zabezpečovacie zariadenia v činnosti. Svojou nepozornosťou prerazil závory a zostal stáť na železničnom priecestí (Obr 2). Došlo k zrážke medzi špeciálnym nákladným vozidlom a nákladným vlakom. Posádku vozidla tvoril jeden človek.



**Obr 2** Scenár mimoriadnej udalosti – špeciálne nákladné vozidlo s nákladným vlakom [ALOHA]

**Fig 2** Emergency accident scenario - Special Freight Truck with Freight Train [ALOHA]



**Obr 3** Priebeh vzniku nehodovej udalosti – špeciálne nákladné vozidlo x vlak (ALOHA)

**Fig 3** Behaviour of accident - special lorry x train (ALOHA)

Na uvedené scenáre mimoriadnych udalostí, bude aplikované technologické zabezpečenie záchranných prác. Zohľadňuje sa postup zásahovej činnosti, bezpečnosť hasičských jednotiek a technické zabezpečenie záchranných prác. Uvedená mimoriadna udalosť nepatrí v rámci SR medzi často vyskytujúcu sa udalosť, dovolíme si tvrdiť, že sa nevyskytuje skoro vôbec. Z posudzovania rizík, je známe, že takýto druh mimoriadnej udalosti je najzávažnejší. Uvedená modelová situácia vychádza opäť zo zlyhania ľudského faktora, kedy vodič špeciálneho nákladného vozidla vošiel na železničné priecestie v čase kedy boli priecestné zabezpečovacie zariadenia v činnosti. Došlo tak k porušeniu pravidel cestnej premávky (Obr 4).



**Obr 4** Nehodová udalosť špeciálny nákladný vozidlo (cisterna) prepravujúca NL x nákladný automobil (ALOHA)  
**Fig 4** Accidental - special cargo truck (tanker) carrying NL x truck (ALOHA)

### 3 MODELOVANIE ÚNIKU AMONIaku

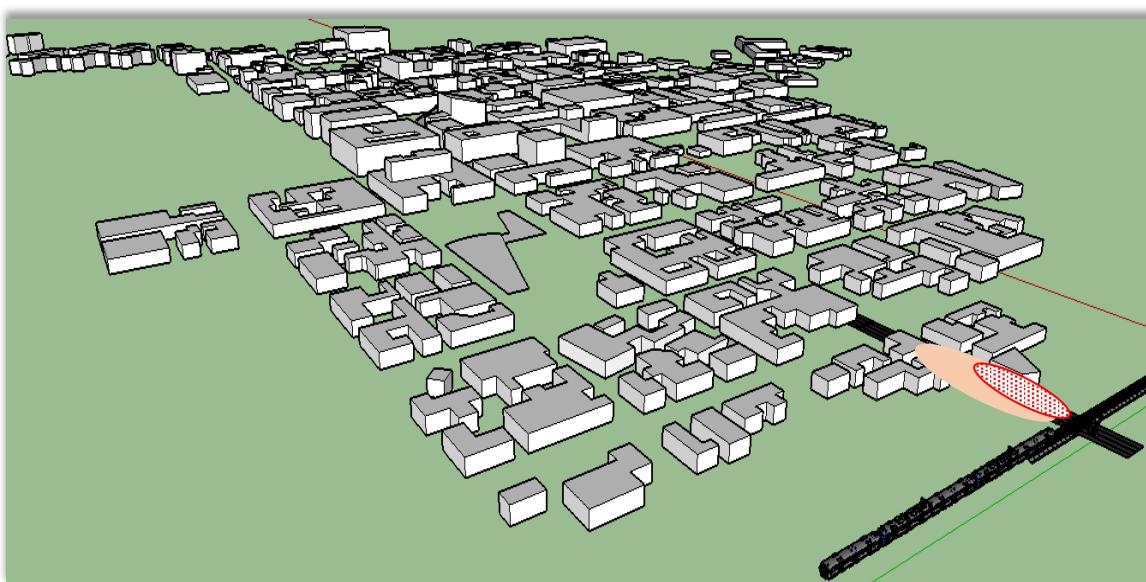
Špeciálne nákladné vozidlo prepravovalo v momente vzniku nehodovej udalosti nebezpečnú látku: Amoniak. Je to horľavý, bezfarebný a toxický plyn so známym charakteristickým prenikavo štipľavým, k slzeniu dráždiacim a dusivým zápachom

a lúhovitou príchuťou. Amoniak je ľahší ako vzduch. Kvapalný amoniak sa svojimi fyzikálnymi vlastnosťami v mnohom podobá vode: zmesi amoniaku so vzduchom alebo kyslíkom sú výbušné. (SketchUp)

Výbušnosť zmesi amoniaku a vzduchu alebo kyslíka závisí na jej zložení, na teplote a na prítomnosti vodných párov. Zmesi vzduchu s malým obsahom amoniaku nie sú výbušné. Ak dosiahne obsah amoniaku vo vzduchu pri teplote 18oC koncentráciu 15 % obj.

Je možné túto zmes priviesť k výbuchu. Ak je ale amoniaku vo vzduchu viacej ako 28 % obj., stáva sa zmes opäť nevýbušnou. Pri horení za vysokých teplôt vznikajú prudko toxické splodiny kysličníkov dusíka. (SketchUp)

Atmosférické údaje v rámci modelovej udalosti sú uvedené v úvode kapitoly 4. Modelová situácia je definovaná ako nehodová udalosť s následkami dopravnej nehody a únikom nebezpečnej látky. Pri úniku nebezpečnej látky je nutné poukázať na následky úniku amoniaku z porušeného plášťa špeciálneho nákladného vozidla. Pri úniku sme následky modelovali v programe ALOHA (Obr 5). (SketchUp)



**Obr 5** Následky úniku amoniaku z cisterny vozidla [ALOHA]  
**Fig 5** Consequences of leakage of ammonia from vehicle tank [ALOHA]

#### **4 ČASOVÁ ANALÝZA NADVÄZUJÚCICH ČINNOSTI HASIČSKÝCH JEDNOTIEK PRI NEHODOVEJ UDALOSTI ŠPECIÁLNE NÁKLADNÉ VOZIDLO X NÁKLADNÝ VLAK – METÓDA PERT**

Zásahová činnosť hasičských jednotiek je v tomto prípade pozmenená a doplnená o činnosť, ktoré je nutné vykonať pri úniku nebezpečnej látky a amoniaku. Rozpis činností je uvedený v Tab 2.

**Tab 2** Rozpis činností pri zásahu - nehodová udalosť špeciálne nákladné vozidlo (cisterna) x nákladný vlak (autori)

**Tab 2** Breakdown of intervention activities - accident event special freight vehicle (tanker) x freight train (authors)

Ozn.	Rozpis činnosti
<b>A</b>	Oznámenie o nehodovej udalosti na železničnom priecestí/výjazd HaZZ
<b>B</b>	Príjazd na miesto dopravnej nehody
<b>C</b>	Prieskum miesta nehodovej udalosti
<b>D</b>	Prvotné opatrenia
<b>E</b>	Rozmiestnenie hasičskej techniky
<b>F</b>	Uzatvorit' priestor nehodovej udalosti (nebezpečná a vonkajšia zóna)
<b>G</b>	Informovať starostu obce o úniku NL
<b>H</b>	Evakuácia obyvateľstva
<b>I</b>	Zaistenie bezpečnosti pri zásahu
<b>J</b>	Nasadenie vodný prúdu na kvapalný čpavok
<b>K</b>	Príprava hasiacich prostriedkov (trojnásobná požiarna ochrana)
<b>L</b>	Záchrana osoby z nebezpečnej zóny
<b>M</b>	Zamedzenie ďalšieho úniku amoniaku (utesnenie miesta úniku)
<b>N</b>	Monitoring koncentrácie amoniaku v okolí
<b>O</b>	Nasadenie sorbentov al. polyethylenovú fóliu
<b>P</b>	Monitorovať miesto zásahu
<b>R</b>	Zaistenie bezpečnosti vo vnútornom okruhu nehodovej udalosti
<b>S</b>	Prečerpávanie skvapalneného amoniaku
<b>T</b>	Odstránenie následkov dopravnej nehody
<b>V</b>	Nakoľajovanie hnacieho dráhového vozidla

Kvalifikované odhady dôb trvania jednotlivých činností boli vytvorené podobne, ako v predchádzajúcich prípadoch. Dotazník bol vyplnený piatimi príslušníkmi HaZZ. Vykonal sa priemer z každého odhadu. V Tab 3 sú uvedené tri odhady (optimistický, pesimistický a najpravdepodobnejší) pre každú činnosť.

**Tab 3** Optimistický, pesimistický a najpravdepodobnejší odhad činnosti zásahu -  
nehodová udalosť špeciálne nákladné vozidlo (cisterna) x nákladný vlak (autori)

**Table 3** Optimistic, pessimistic and most likely estimation of intervention -  
accident truck special truck (tanker) x freight train (authors)

Ozn.	Činnosť		Optimistický (a)	Najpravdepodobnejší (m)	Pesimistický (b)
	i	j			
<b>A</b>	0	1	1	1,5	2,6
<b>B</b>	1	2	10	12,5	15
<b>C</b>	2	3	3	3,2	4,6
<b>D</b>	3	4	4,6	6,2	8,2
<b>E</b>	3	5	2,2	2,9	4
<b>F</b>	4	6	5,6	8,2	11,2
<b>x1</b>	5	6	0	0	0
<b>G</b>	6	7	1	1,52	2,4
<b>H</b>	6	8	13,4	15,2	17,8
<b>x2</b>	7	9	0	0	0
<b>I</b>	8	9	6,6	8,2	10,4
<b>J</b>	9	10	5,8	7,5	9,8
<b>K</b>	10	11	6,6	8,1	10,4
<b>L</b>	10	12	4,2	4,6	6,2
<b>M</b>	11	13	5,8	7,5	9,4
<b>x3</b>	12	13	0	0	0
<b>N</b>	13	14	7,6	9,7	13,8
<b>O</b>	14	15	8,4	9,9	12,4
<b>P</b>	14	16	1	2,5	4,2
<b>R</b>	15	17	4,4	5,3	7,2
<b>x4</b>	16	17	0	0	0
<b>S</b>	17	18	52	59,4	67
<b>T</b>	18	19	30	34,5	41
<b>V</b>	19	20	35	38,3	43

V Tab 4 sú uvedené postupné výpočty strednej doby trvania činností, rozpäťia, rozptylu a smerodajná odchýlka. Tieto veličiny postačujú na analýzu – redukciu na deterministický model. (Kašpar, 1998)

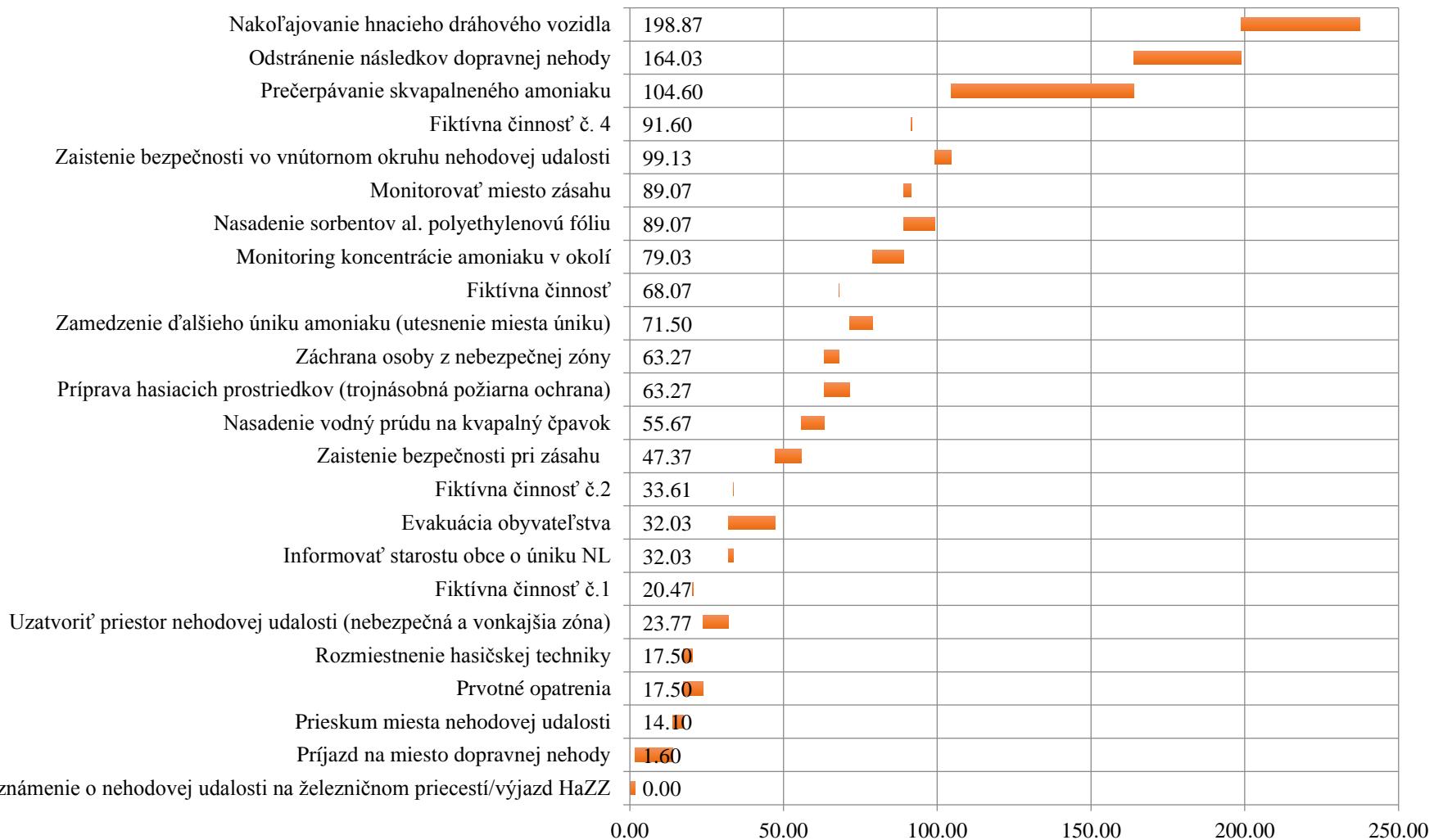
**Tab 4** Základné údaje o činnostiach v sieťovom grafe (autori)**Tab 4** Basic data on network chart activities (authors)

Ozn.	Činnosť		a	m	b	te	b-a	σte	σ²te
	i	j							
<b>A</b>	0	1	1	1,5	2,6	1,60	1,6	0,27	0,07
<b>B</b>	1	2	10	12,5	15	12,50	5	0,83	0,69
<b>C</b>	2	3	3	3,2	4,6	3,40	1,6	0,27	0,07
<b>D</b>	3	4	4,6	6,2	8,2	6,27	3,6	0,60	0,36
<b>E</b>	3	5	2,2	2,9	4	2,97	1,8	0,30	0,09
<b>F</b>	4	6	5,6	8,2	11,2	8,27	5,6	0,93	0,87
<b>x1</b>	5	6	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00
<b>G</b>	6	7	1	1,52	2,4	1,58	1,4	0,23	0,05
<b>H</b>	6	8	13,4	15,2	17,8	15,33	4,4	0,73	0,54
<b>x2</b>	7	9	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00
<b>I</b>	8	9	6,6	8,2	10,4	8,30	3,8	0,63	0,40
<b>J</b>	9	10	5,8	7,5	9,8	7,60	4	0,67	0,44
<b>K</b>	10	11	6,6	8,1	10,4	8,23	3,8	0,63	0,40
<b>L</b>	10	12	4,2	4,6	6,2	4,80	2	0,33	0,11
<b>M</b>	11	13	5,8	7,5	9,4	7,53	3,6	0,60	0,36
<b>x3</b>	12	13	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00
<b>N</b>	13	14	7,6	9,7	13,8	10,03	6,2	1,03	1,07
<b>O</b>	14	15	8,4	9,9	12,4	10,07	4	0,67	0,44
<b>P</b>	14	16	1	2,5	4,2	2,53	3,2	0,53	0,28
<b>R</b>	15	17	4,4	5,3	7,2	5,47	2,8	0,47	0,22
<b>x4</b>	16	17	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00
<b>S</b>	17	18	52	59,4	67	59,43	15	2,50	6,25
<b>T</b>	18	19	30	34,5	41	34,83	11	1,83	3,36
<b>V</b>	19	20	35	38,3	43	38,53	8	1,33	1,78

V nasledujúcej časti je uvedený variant výpočtu prevodom na deterministický model. V Tab 5 sú uvedené výsledky deterministického modelu. Výsledky sú zaokruhlené na dve desatinné miesta. Na Obr 6 je znázornený sieťový graf (Kašpar, 1998).

**Tab 5** Základné termínové ukazovatele činnosti sieťového grafu typu PERT (autori)**Tab 5** Basic Term Performance Indicators PERT network chart (authors)

Oz n.	Činnosť		a	m	b	te	Najskôr možný		Najneskôr možný		Rozp tyl	Celk. Rezer.
							začiatok	koniec	začiatok	koniec		
	i	j					$t_{zij}^0 = T_i$	$t_{kij}^0$	$t_{zij}^\lambda$	$t_{kij}^\lambda = T_j$	$\sigma^2$	CR <sub>ij</sub>
<b>A</b>	0	1	1	1,5	2,6	1,60	0	1,60		1,60	0,07	0,00
<b>B</b>	1	2	10	12,5	15	12,5	1,60	14,10	1,60	14,10	0,69	0,00
<b>C</b>	2	3	3	3,2	4,6	3,40	14,10	17,50	14,10	17,50	0,07	0,00
<b>D</b>	3	4	4,6	6,2	8,2	6,27	17,50	23,77	17,50	23,77	0,36	0,00
<b>E</b>	3	5	2,2	2,9	4	2,97	17,50	20,47	29,07	32,03	0,09	11,57
<b>F</b>	4	6	5,6	8,2	11,2	8,27	23,77	32,03	23,77	32,03	0,87	0,00
<b>x1</b>	5	6	0	0	0	0,00	20,47	20,47	32,03	32,03	0,00	11,57
<b>G</b>	6	7	1	1,52	2,4	1,58	32,03	33,61	54,09	55,67	0,05	22,05
<b>H</b>	6	8	13,4	15,2	17,8	15,33	32,03	47,37	32,03	47,37	0,54	0,00
<b>x2</b>	7	9	0	0	0	0,00	33,61	33,61	55,67	55,67	0,00	22,05
<b>I7</b>	8	9	6,6	8,2	10,4	8,30	47,37	55,67	47,37	55,67	0,40	0,00
<b>J</b>	9	10	5,8	7,5	9,8	7,60	55,67	63,27	55,67	63,27	0,44	0,00
<b>K</b>	10	11	6,6	8,1	10,4	8,23	63,27	71,50	63,27	71,50	0,40	0,00
<b>L</b>	10	12	4,2	4,6	6,2	4,80	63,27	68,07	74,23	79,03	0,11	10,97
<b>M</b>	11	13	5,8	7,5	9,4	7,53	71,50	79,03	71,50	79,03	0,36	0,00
<b>x3</b>	12	13	0	0	0	0,00	68,07	68,07	79,03	79,03	0,00	10,97
<b>N</b>	13	14	7,6	9,7	13,8	10,03	79,03	89,07	79,03	89,07	1,07	0,00
<b>O</b>	14	15	8,4	9,9	12,4	10,07	89,07	99,13	89,07	99,13	0,44	0,00
<b>P</b>	14	16	1	2,5	4,2	2,53	89,07	91,60	102,07	104,60	0,28	13,00
<b>R</b>	15	17	4,4	5,3	7,2	5,47	99,13	104,60	99,13	104,60	0,22	0,00
<b>x4</b>	16	17	0	0	0	0,00	91,60	91,60	104,60	104,60	0,00	13,00
<b>S</b>	17	18	52	59,4	67	59,43	104,60	164,03	104,60	164,03	6,25	0,00
<b>T</b>	18	19	30	34,5	41	34,83	164,03	198,87	164,03	198,87	3,36	0,00
<b>V</b>	19	20	35	38,3	43	38,53	198,87	237,40	198,87	237,40	1,78	0,00

**Obr. 6** Výpočet a zápis termínových ukazovateľov v sieti – metóda PERT(autori), **Fig. 6** Calculation and Writing of Term Indicators in the Network - PERT Method (Authors)

Pri nehodovej udalosti využijeme všetky prednosti metódy PERT. Pristupujeme k ďalšej fáze riešenia, k dodatočnému pravdepodobnostnému výpočtu (Tab 6).

**Tab 6** Pravdepodobnosť ukončenia zásahovej činnosti nehodová udalosť špeciálne nákladné vozidlo x nákladný vlak (autori)

**Tab 6** The likelihood of termination of the accident action incident specifically truck x freight train (authors)

<b>Pravdepodobnosť ukončenia zásahovej činnosti do 230, 240 a 250 min.</b>			
<b>P{T10≤230}</b>	-1,90813	1-Φ(1,90813)	0,023295
<b>P{T10≤240}</b>	0,670424	Φ(0,67042)	0,748571
<b>P{T10≤250}</b>	3,248977	Φ(3,24898)	0,999402
<b>Ukončenie zásahovej činnosti pri pravdepodobnosti 0,3; 0,5; 0,95</b>			
{T15=0,3}		235,3834	
{T15=0,7}		239,4166	
{T15=0,95}		243,7602	

Pravdepodobnosť, že uzol 20 ( a tým celá zásahová činnosť) bude ukončená v čase T = 230 min je 0,023295. Pri čase T=240 min. je pravdepodobnosť 0,748571 a pri čase T=250 je pravdepodobnosť 0,999402. Z uvedenej analýzy je zrejeme, že ide o ťažký technický zásah, ktorý sa vyznačuje množstvom činností.

## ZÁVER

Vytvorený scenár predstavuje vstupné a objektívne údaje, na ktoré sme mohli aplikovať zásahovú činnosť. Článok približuje a znázorňuje postup zásahovej činnosti pri nehodovej udalosti špeciálneho nákladného vozidla s nákladným vlakom, pri ktorom sme na základe pravdepodobnosti zistili čas trvania jednotlivých fáz zásahu. Na základe zistených časových údajov je možné konštatovať, že zásahová činnosť pri uvedenej nehodovej udalosti je časovo a fyzicky veľmi náročnú druh zásahu. Ďalej je možné konštatovať, že súbor bezpečnostných rizík na železničných priecestiach je prítomný a v prípade akejkoľvek nehodovej udalosti na železničnom priecestí dochádza k usmrteniu a vážnym zraneniam. História zdôrazňuje aj niektoré udalosti, ktoré tým, že sa železničné a cestné systémy pretínajú, majú v tomto mieste vysoký potenciál nehodových udalostí väčšieho rozsahu. Aj z tohto dôvodu je potrebné hľadať efektívne riešenia, pomocou ktorých sa zvýši bezpečnosť na železničných priecestiach.

## LITERATÚRY

ALOHA – 2D simulačný software

Kašpar, V. 1998. Vybrané metódy operačnej analýzy vo vojenskej doprave a vojenskom stavebilstve. Fakulta špeciálneho inžinierstva, Žilinskej univerzity v Žiline. ISBN 80-88829-27-5

SketchUp – 3D modelovací počítačový program

## EXPANZÍVNY DRUH *SAMBUCUS EBULUS* V ASOCIÁCII *SAMBUCETUM EBULI* V BRATISLAVE

### THE EXPANSIVE SPECIES *SAMBUCUS EBULUS* IN THE ASSOCIATION *SAMBUCETUM EBULI* IN BRATISLAVA

**Alena Rendeková<sup>1</sup>, Michal Hrabovsky<sup>2</sup>, Ján Miškovic<sup>3</sup>, Karol Mičieta<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Mgr. Alena Rendeková, Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra botaniky, Révová 39, 811 02 Bratislava 1, Slovenská republika, e-mail: alenarendekova@gmail.com

<sup>2</sup>Mgr. Michal Hrabovsky, PhD., Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra botaniky, Révová 39, 811 02 Bratislava 1, Slovenská republika, e-mail: michal.hrabovsky@uniba.sk

<sup>3</sup>Mgr. Ján Miškovic, Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra botaniky, Révová 39, 811 02 Bratislava 1, Slovenská republika, e-mail: jan.miskovic@uniba.sk

<sup>4</sup>Prof. RNDr. Karol Mičieta, CSc., Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra botaniky, Révová 39, 811 02 Bratislava 1, Slovenská republika, e-mail: [karol.micieta@rec.uniba.sk](mailto:karol.micieta@rec.uniba.sk)

DOI <http://dx.doi.org/10.24040/actaem.2018.20.1.56-64>

**Abstrakt:** Príspevok je venovaný výskumu asociácie *Sambucetum ebuli* na území mesta Bratislava. Ide o ruderálne rastlinné spoločenstvo z triedy *Galio-Urticetea*, v ktorom dominuje expanzívny druh *Sambucus ebulus*. V príspevku uvádzame fytocenologické zápis, lokality výskytu a charakteristiku asociácie na študovanom území na základe vlastných fytocenologických údajov, ako aj zhodnotenie biodiverzity porastov, ktoré ukázalo, že ide o druhovo chudobný typ vegetácie. Výsledky predkladanej práce môžu pomôcť k monitorovaniu rozšírenia expanzívneho druhu *Sambucus ebulus* a spoločenstiev s jeho dominanciou na Slovensku a pomôcť tak k ochrane životného prostredia.

**Kľúčové slová:** ekológia, fytocenológia, *Galio-Urticetea*, mesto, ruderálna vegetácia

**Abstract:** This paper is focused on the research of the association *Sambucetum ebuli* in the area of Bratislava. *Sambucetum ebuli* is ruderal plant community from the class *Galio-Urticetea* dominated by the expansive species *Sambucus ebulus*. In the paper we present the phytosociological relevés, the localities of occurrence and the characteristics of the association in the studied area based on the recorded phytosociological data, and also the analysis of the biodiversity of the stands, which showed, that stands of the association are poor on species. The results of the presented study can help with the monitoring of the distribution of the expansive species *Sambucus ebulus* and the communities dominated by this species in Slovakia. Consequently, the results would help with the protection of the environment.

**Key words:** ecology, phytosociology, *Galio-Urticetea*, city, ruderal vegetation

## Úvod

Invázie nepôvodných druhov rastlín sú globálnym problémom a predstavujú veľkú hrozbu pre biodiverzitu. Problematikou inváznych a druhov sa vo svete a aj na území Slovenska zaobera veľký počet ochranárov a botanikov. Avšak, menšia pozornosť je venovaná expanzívnym druhom, ktorých dopad na biodiverzitu sa podstatne nelíši od vplyvu nepôvodných inváznych rastlín. Podľa definície je expanzívnym druhom taký, ktorý je na danom území pôvodný, ale rozširuje sa na úkor ostatných druhov. Na Slovensku je evidovaných 29 expanzívnych taxónov, ku ktorým patrí aj druh baza chabzdová – *Sambucus ebulus* (Gojdičová et al., 2002).

Rod *Sambucus* z čeľade *Caprifoliaceae* je morfologicky veľmi variabilný, má rozsiahly areál výskytu a je taxonomicky rozdelený na niekoľko sekcií. Do rodu patrí približne 9 až 30 druhov. Na Slovensku sa vyskytujú tri druhy: *Sambucus ebulus* zo sekcie *Ebulus*, *S. nigra* zo sekcie *Sambucus* a *S. racemosa* zo sekcie *Botryosambucus*. Baza chabzdová – *Sambucus ebulus* je jediným bylinným zástupcom rodu *Sambucus* na Slovensku a jedným z troch bylinných zástupcov tohto rodu. Rastie predovšetkým v teplejších oblastiach územia na vlhkých, zásaditých až slabo kyslých humóznych, kamenitých i hlinitých, hlbokých pôdach v lužných lesoch, na krovinatých stráňach alebo lesných čistinách, na rúbaniskách, zboreniskách, dedinských priestranstvách, vo viniciach a ďalších ruderálnych biotopoch v mestách (Dostál, Červenka, 1992; Eriksson, Donoghue, 1997; Marhold, Hindák, 1998; Applequist 2015).

Druh *Sambucus ebulus* v ruderálnej vegetácii na území Slovenska dominuje väčšinou v porastoch asociácie *Sambucetum ebuli*. Predkladaný príspevok sa venuje práve výskumu porastov tejto asociácie na území mesta Bratislava. Asociácia z fytocenologického hľadiska patrí do zväzu *Galio-Alliarion*, radu *Lamio albi-Chenopodietalia boni-henrici* a triedy *Galio-Urticetea*. Asociácia je hojne rozšírená v takmer všetkých častiach Slovenska (Jarolímek et al., 1997; Jarolímek, Šibík 2008).

Jedným z dôsledkov šírenia expanzívnych druhov rastlín je ich negatívny vplyv na biodiverzitu, preto sa v predkladanej práci zameriavame aj na zhodnotenie diverzity zaznamenaných porastov. Biodiverzitu spoločenstva odráža jednak počet druhov vo fytocenologickom zápise, ale dá sa vypočítať aj pomocou rôznych indexov diverzity, najčastejšie pomocou Shannon–Wienerovho indexu biodiverzity [ $H'$ ] (Hill, 1973).

Z uvedených dôvodov sme stanovili nasledovné ciele štúdie: 1.) zdokumentovať a charakterizovať ruderálne porasty asociácie *Sambucetum ebuli*, v ktorých dominuje expanzívny druh *Sambucus ebulus* na území mesta Bratislava, 2.) zhodnotiť biodiverzitu zaznamenaných porastov na základe počtu druhov v zápisoch a výpočtu hodnôt Shannon–Wienerovho indexu biodiverzity.

## Metodika

Študované územie bolo vymedzené katastrálnymi hranicami mesta Bratislava. Mesto Bratislava leží v juhozápadnej časti Slovenskej republiky. Rozloha mesta je 368 km<sup>2</sup>. Na územie mesta zasahujú tri orografické celky: Borská nížina, Malé Karpaty a Podunajská rovina. Klíma Bratislavu má mierny až teplý kontinentálny charakter. Bratislava je jednou z najteplejších a najsuchších oblastí Slovenskej republiky. Pôdne pomery na ruderálnych biotopoch sú poznamenané rôznymi činnosťami človeka (stavebnými prácmi, obhospodarovaním a pod.) a pôvodné pôdy prekryvajú antrozeme (Hrnčiarová et al., 2006; Feráková, Jarolímek, 2011).

Na ruderálnych biotopoch Bratislavu sme počas vegetačných sezón rokov 2011 – 2014 zaznamenávali rastlinné spoločenstvá, v ktorých dominoval expanzívny druh *Sambucus ebulus*.

Fytocenologický výskum sme realizovali v súlade s metódami zürišsko-montpellierskej školy (Braun-Blanquet, 1964), pričom sme v zápisoch používali upravenú Braun-Blanquetovu stupnicu abundancie a dominancie, rozšírenú o stupne 2a, 2b, 2m (Barkman et al., 1964). Zápisu sme

následne uložili v programe TURBOWIN (Hennekens, Schaminée, 2001) a upravili v programe JUICE (Tichý, 2002).

Zápisu sme vyhodnocovali na základe celkového druhového zloženia, prítomnosti diagnostických, charakteristických a konštatných druhov a stanovištných podmienok, ako aj prostredníctvom numerickej klasifikácie v rámci rozsiahlejšieho vyhodnotenia pri výskume ruderálnej vegetácie Bratislavky (Rendeková, 2016). Numerickú klasifikáciu sme robili v programe SYN-TAX 2000 (Podani, 2001), pričom sme použili  $\beta$ -flexibilnú metódu ( $\beta$ -flexible) ( $\beta = -0,25$ ) v kombinácii s Wishartovým indexom (Wishart's index). Diagnostické, charakteristické a konštantné druhy sme determinovali podľa publikácií Jarolímka et al. (1997), Valachoviča (2001) a Jarolímka a Šibíka (2008).

Fytocenologické zápisu prezentujeme v tabuľke 1. Tabuľku sme vytvorili pomocou programu JUICE (Tichý, 2002) a upravili pomocou programu MICROSOFT EXCEL 2010. V tabuľke sú v riadkoch taxóny zoradené podľa klesajúcej frekvencie a podľa príslušnosti k jednotlivým fytocenologickým jednotkám (skupiny dominantných, diagnostických, charakteristických a konštatných druhov jednotlivých fytocenologických jednotiek). V stĺpcach sú v tabuľke za sebou jednotlivé zápisu zoradené podľa výsledkov numerickej klasifikácie. V poslednom stĺpci tabuľky uvádzame celkové hodnoty frekvencií výskytu taxónov v percentách. Hodnoty abundancie a dominancie 2a a 2b v tabuľke uvádzame v skrátenej forme (a, b). Taxóny vyskytujúce sa len v jednom zápisu uvádzame pod tabuľkou v abecednom poradí, pričom v závorke pri každom z nich je číslo zápisu, v ktorom sa taxón vyskytuje. Pod tabuľkou ďalej uvádzame lokality, na ktorých sme zápisu zaznamenali a ďalšie údaje k zápisom.

Pomocou programu JUICE (Tichý, 2002) sme ďalej vypočítali hodnoty Shannon–Wienerovho index biodiverzity [ $H'$ ] (Hill, 1973) pre každý fytocenologický zápis. Výsledky uvádzame v grafe na obrázku 3, ktorý sme vytvorili v programe STATISTICA 7.0 (Hill, Lewicki, 2007). V programe STATISTICA 7.0 sme vytvorili aj graf prezentujúci počty druhov v jednotlivých zápisoch (obr 2).

Nomenklátru taxónov uvádzame podľa Zoznamu nižších a vyšších rastlín Slovenska (Marhold, Hindák, 1998). Nomenklátru syntaxónov sme zjednotili podľa publikácie Jarolímka a Šibíka (2008).

## Výsledky a diskusia

Zápisu s dominanciou druhu *Sambucus ebulus* boli na základe celkového druhového zloženia zápisov, prítomnosti diagnostických, charakteristických a konštatných druhov a stanovištných podmienok, ako aj prostredníctvom numerickej klasifikácie priradené do asociácie *Sambucetum ebuli*.

Porasty asociácie *Sambucetum ebuli* tvoria predovšetkým husto rastúce, okolo 200 cm vysoké jedince expanzívneho druhu *Sambucus ebulus*, ktorý v asociácii dominuje. Detail súkvetia dominantného druhu *Sambucus ebulus* je zobrazený na fotografii na obrázku 1. Porasty asociácie sú veľmi husté, zomknuté (celková pokryvnosť je väčšinou 100 %), a to aj vďaka zastúpeniu popínavých a ovíjavých rastlín (*Calystegia sepium*, *Clematis vitalba*, *Humulus lupulus*), ktoré sú v porastoch časté a väčšinou dosahujú aj pomerne vysoké hodnoty abundancie a dominancie (tab 1). Keďže takéto podmienky sú nepriaznivé pre vývin podrastu, porasty bývajú obvykle druhovo chudobné. Okrem už uvedených taxónov sa na ich tvorbe často, a v niektorých prípadoch aj s vyššími hodnotami abundancie a dominancie, podieľajú aj ďalšie charakteristické druhy triedy *Galio-Urticetea* a jej nižších syntaxónov (napr. *Rubus caesius* a *Urtica dioica*). Frekventované sa tu objavujú tiež vysoké trávy (*Arrhenatherum elatius*, *Elytrigia repens*, *Phragmites australis*) a taxóny *Artemisia vulgaris*, *Ballota nigra*, *Cirsium arvense*, *Lactuca serriola* a *Rubus fruticosus* agg. V porastoch sa vyskytujú aj niektoré invázne neofyty, napr. *Aster xsalignus* a *Solidago gigantea* (tab 1).

Fytocenologické zápisy pochádzajú z rôznych opustených plôch medzi budovami alebo z okolia železničných tratí. Asociácia je na území Bratislavы pomerne hojne rozšírená a jej výskyt bol v meste zistený už v minulosti, približne pred tridsiatimi rokmi (Jarolímek, 1983). Porasty *Sambucetum ebuli* mali v minulosti mierne rozdielne druhové zloženie než v súčasnosti. Pred tridsiatimi rokmi sa v porastoch asociácie nevyskytovali neofyty *Ambrosia artemisiifolia*, *Medicago sativa*, *Solidago gigantea*, ale aj ďalšie, na území Slovenska pôvodné taxóny, ako napr. *Dactylis glomerata*, *Rubus fruticosus* agg., ktoré sme v porastoch v súčasnosti zaznamenali. Druhy *Arrhenatherum elatius*, *Cirsium arvense* a *Rubus caesius* sa v porastoch v minulosti uplatňovali s nižšou frekvenciou ako v súčasnosti. Rozdielne bolo aj zastúpenie niektorých popínavých druhov. V minulosti sa na rozdiel od súčasnosti v porastoch vyskytoval druh *Vitis vinifera*, absentoval druh *Humulus lupulus* a druh *Clematis vitalba* bol zastúpený menej často a s nižšími hodnotami abundancie a dominancie.

Asociácia *Sambucetum ebuli* sa hojne vyskytuje v takmer všetkých oblastiach Slovenskej republiky (Jarolímek et al., 1997). Pre porasty, ktoré sme aktuálne zaznamenali v Bratislave, je charakteristické, že oproti iným územiam Slovenska (Zaliberová, Jarolímek, 1995; Jarolímek et al., 1997; Medvecká et al., 2010) a Českej republiky (Chytrý, 2009) sa v nich o niečo frekventovanejšie vyskytujú druhy *Clematis vitalba* a *Humulus lupulus*. Tento fakt možno do istej miery odôvodniť tým, že uvedené druhy sú rozšírené predovšetkým v nížinách a stredných nadmorských výškach teplejších častí Slovenska, ku ktorým patrí aj Bratislava.

Veľký rozdiel vo floristickom zložení porastov asociácie pozorujeme v porovnaní s územiami ležiacimi na severe Slovenskej republiky: Hornou Oravou (Medvecká et al., 2010) a severovýchodným Slovenskom (Zaliberová, Jarolímek, 1995). Okrem už spomínaného väčšieho podielu druhov *Clematis vitalba* a *Humulus lupulus* sú v porastoch v Bratislave oproti severne položeným oblastiam častejšie aj viaceré ďalšie termofilné druhy (napr. *Ballota nigra*). Naopak, na rozdiel od Bratislavы sú v chladnejších oblastiach v porastoch *Sambucetum ebuli* frekventovanejšie zastúpené viaceré vlhkomilnejšie druhy (napr. *Aegopodium podagraria*, *Agrostis gigantea*, *Campanula trachelium*, *Heracleum sphondylium*, *Veronica chamaedrys*, druhy rodu *Chaerophyllum*). Vo väčšine severných regiónov v porastoch nie sú s tak vysokou stálosťou ako v Bratislave zastúpené taxóny *Rubus caesius*, *R. fruticosus* agg. a naopak, v porastoch asociácie na severe zvykne rásť v Bratislave nezaznamenaný druh *Rubus idaeus*. Oproti Hornej Orave sú navyše v porastoch v Bratislave s vyššou frekvenciou prítomné druhy *Arrhenatherum elatius*, *Elytrigia repens*.



**Obr 1** Detail súkvetia dominantného druhu asociácie *Sambucetum ebuli* – *Sambucus ebulus* v Bratislave (Autor: A.Rendeková)

**Fig 1** Detail of the inflorescence of dominant species of the association *Sambucetum ebuli* – *Sambucus ebulus* in Bratislava (Author: Rendeková)

**Tab 1** Fytocenologické zápisy z asociácie *Sambucetum ebuli* z Bratislavы**Tab 1** Phytosociological relevés of the association *Sambucetum ebuli* from Bratislava

Fytocenologický zápis č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	%
E <sub>1</sub> :														
Dominantý druh:														
<i>Sambucus ebulus</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	100
Diagnostické, charakteristické a konštantné taxóny triedy <i>Galio-Urticetea</i> a jej nižších syntaxónov:														
<i>Urtica dioica</i>	+	1	+	a	a	+	+	1	1	.	+	.	+	85
<i>Rubus caesius</i>	+	.	+	.	1	.	+	b	.	.	3	+	b	62
<i>Humulus lupulus</i>	.	.	1	1	+	b	a	.	.	.	+	3	4	62
<i>Clematis vitalba</i>	.	.	.	.	+	.	+	+	.	.	b	1	3	46
<i>Calystegia sepium</i>	+	+	1	.	.	.	1	.	.	r	.	.	.	38
<i>Galium aparine</i>	+	1	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	31
<i>Geum urbanum</i>	r	.	.	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	23
Diagnostické, charakteristické a konštantné taxóny triedy <i>Artemisietea vulgaris</i> a jej nižších syntaxónov:														
<i>Elytrigia repens</i>	+	a	+	+	.	+	+	+	.	1	1	+	1	85
<i>Artemisia vulgaris</i>	.	.	r	r	+	r	.	+	+	+	+	+	r	77
<i>Ballota nigra</i>	.	.	+	+	a	+	.	+	+	.	r	.	+	62
<i>Silene latifolia</i> subsp. <i>alba</i>	.	r	.	r	.	.	.	.	.	.	+	.	.	23
<i>Vicia villosa</i>	.	r	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	15
<i>Convolvulus arvensis</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	15
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	15
<i>Medicago sativa</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	15
Ostatné taxóny:														
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1	+	+	+	+	.	.	+	.	+	+	+	+	77
<i>Dactylis glomerata</i>	+	+	.	.	.	+	.	+	.	r	.	.	.	38
<i>Cirsium arvense</i>	.	r	.	.	.	.	a	+	+	r	.	.	.	38
<i>Rubus fruticosus</i> agg.	.	.	+	1	.	1	.	r	.	.	1	.	.	38
<i>Lactuca serriola</i>	.	.	.	.	.	.	.	r	+	.	+	+	+	38
<i>Hypericum perforatum</i>	.	r	+	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	31
<i>Solidago gigantea</i>	A	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	23
<i>Equisetum arvense</i>	+	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	23
<i>Aster xsalignus</i>	.	.	r	.	+	.	.	.	b	.	.	.	.	23
<i>Calamagrostis epigejos</i>	.	.	.	.	.	r	.	.	+	a	.	.	.	23
<i>Phragmites australis</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	b	.	.	.	15
<i>Bromus sterilis</i>	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	15
<i>Vicia hirsuta</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	15
<i>Taraxacum</i> sect. <i>Ruderalia</i>	.	.	+	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	15
<i>Poa pratensis</i>	.	.	r	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	15
<i>Rosa canina</i> agg. (juv.)	.	.	r	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	15
<i>Conyza canadensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	15
<i>Papaver rhoes</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	15

Taxóny, ktoré sa vyskytujú v jednom fytocenologickom zápisе:

E<sub>1</sub>: *Acer campestre* (juv.) (3): r; *Acer pseudoplatanus* (juv.) (1): r; *Allium scorodoprasum* (13): r; *Bromus inermis* (8): +; *Cichorium intybus* (5): r; *Cuscuta europaea* (2): +; *Echium vulgare* (11): r; *Eragrostis minor* (10): +; *Falcaria vulgaris* (11): r; *Fallopia convolvulus* (12): r; *Fallopia dumetorum* (11): +; *Fraxinus excelsior* (juv.) (1): +; *Helianthus tuberosus* (8): r; *Holcus lanatus* (10): +; *Hordeum murinum* (13): +; *Impatiens glandulifera* (7): 1; *Iva xanthiifolia* (5): r; *Lamium purpureum* (4): +; *Lycium barbarum* (juv.) (2): +; *Medicago falcata* (8): +; *Oenothera biennis* (10): r; *Plantago lanceolata* (4): r; *Polygonum arenastrum* (12): r; *Reseda lutea* (11): r; *Robinia pseudoacacia* (juv.) (1): +; *Rumex conglomeratus* (10): r; *Rumex crispus* (5): r; *Rumex patientia* (10): +; *Sonchus arvensis* (12): r; *Stenactis annua* (7): +; *Tanacetum vulgare* (9): r; *Verbascum thapsus* (4): r;

E<sub>2</sub>: *Rosa canina* agg. (8): 1;

E<sub>0</sub>: *Brachythecium velutinum* (1): +; *Eurhynchium hians* (1): +

Údaje k fytocenologickým zápisom (údaje sú uvedené v nasledovnom poradí: číslo fytocenologického zápisu; autor/autori fytocenologického zápisu; dátum fytocenologického zápisu; lokalita fytocenologického zápisu: orografický celok, mesto, konkrétna lokalita, zemepisné súradnice: zemepisná šírka, zemepisná dĺžka, presnosť GPS, nadmorská výška, sklon, orientácia svahu, pôdný druh, veľkosť plochy fytocenologického zápisu; celková pokryvnosť, pokryvnosť E<sub>1</sub>, pokryvnosť E<sub>2</sub>, pokryvnosť E<sub>3</sub>, pokryvnosť E<sub>0</sub>; výšky vrstiev porastu v E<sub>1</sub>, výšky vrstiev porastu v E<sub>2</sub>, výšky vrstiev porastu v E<sub>3</sub>):

Fytocenol. zápis č. 1; A.Rendeková, J.Podroužková Medvecká; 13.6.2011; Malé Karpaty, Bratislava, Dúbravka, Horné Krčace, 160 m od futbalového ihriska, mierny svah nad garážami, 48°10'36.80", 17°02'59.60", ± 5 m, 192 m, 20°, 160° (JJV), hlinitý, 48.00 m<sup>2</sup>; 100%, 100%, -, -, 1%; 130 cm - 200 cm, -, -;

Fytocenol. zápis č. 2; A.Rendeková; 26.6.2013; Borská nížina, Bratislava, Devínska Nová Ves, 160 m od Mlynskej ulice, plocha pri železničnej trati 200 m od železničného podjazdu, 48°12'58.90", 16°58'38.70", ± 4 m, 142 m, 0°, -, hlinitý + prímes piesku, 40.00 m<sup>2</sup>; 100%, 100%, -, -, -; 65 cm - 180 cm, -, -;

Fytocenol. zápis č. 3; A.Rendeková; 13.7.2011; Malé Karpaty, Bratislava, Polianky, 160 m od trafostanice, svah nad chodníkom, 48°10'27.60", 17°03'44.20", ± 7 m, 207 m, 54°, 270° (Z), hlinitý, 36.00 m<sup>2</sup>; 100%, 100%, -, -, -; 15 cm - 210 cm, -, -;

Fytocenol. zápis č. 4; A.Rendeková; 30.7.2011; Malé Karpaty, Bratislava, Kramáre, ulica Pod Krásnou hôrkou, opustená plocha nad nemocnicou, 48°10'12.60", 17°05'23.10", ± 6 m, 263 m, 3°, 178° (J), hlinitý, 40.00 m<sup>2</sup>; 100%, 100%, -, -, -; 20 cm - 210 cm, -, -;

Fytocenol. zápis č. 5; A.Rendeková; 30.6.2013; Podunajská rovina, Bratislava, Petržalka, Kopčianska ulica, 20 m od železničnej trate, opustená plocha, 48°06'43.80", 17°05'29.80", ± 10 m, 138 m, 0°, -, hlinitý + prímes piesku, 24.00 m<sup>2</sup>; 100%, 100%, -, -, -; 65 cm - 165 cm, -, -;

Fytocenol. zápis č. 6; A.Rendeková; 14.8.2012; Podunajská rovina, Bratislava, Rača, ulica Knížková cesta, 120 m od amfiteátra, opustená zanedbaná stará záhrada, 48°12'52.90", 17°08'40.00", ± 8 m, 188 m, 0°, -, hlinitý + prímes piesku, 24.00 m<sup>2</sup>; 98%, 98%, -, -, -; 80 cm - 130 cm - 170 cm, -, -;

Fytocenol. zápis č. 7; A.Rendeková; 26.7.2013; Podunajská rovina, Bratislava, Čunovo, za Sochorovou ulicou, opustená plocha pri kostole, 48°02'07.40", 17°12'09.90", ± 8 m, 128 m, 0°, -, hlinitý + prímes piesku, 28.00 m<sup>2</sup>; 100%, 100%, -, -, -; 65 cm - 165 cm, -, -;

Fytocenol. zápis č. 8; A.Rendeková; 6.8.2012; Malé Karpaty, Bratislava, Karlova Ves, ulica Staré grunty, 20 m od záhrad, opustená plocha pri ceste, 48°09'06.50", 17°03'58.00", ± 6 m, 196 m, 6°, 180° (J), hlinitý + prímes piesku, 24.00 m<sup>2</sup>; 100%, 100%, 5%, -, -; 60 cm - 180 cm, 2 m, -;

Fytocenol. zápis č. 9; A.Rendeková; 3.8.2012; Borská nížina, Bratislava, Záhorská Bystrica, opustená plocha medzi rodinnými domami a záhradami, 48°14'34.20", 17°03'19.10", ± 9 m, 216 m, 0°, -, hlinitý + prímes piesku, 26.00 m<sup>2</sup>; 100%, 100%, -, -, -; 65 cm - 150 cm - 165 cm, -, -;

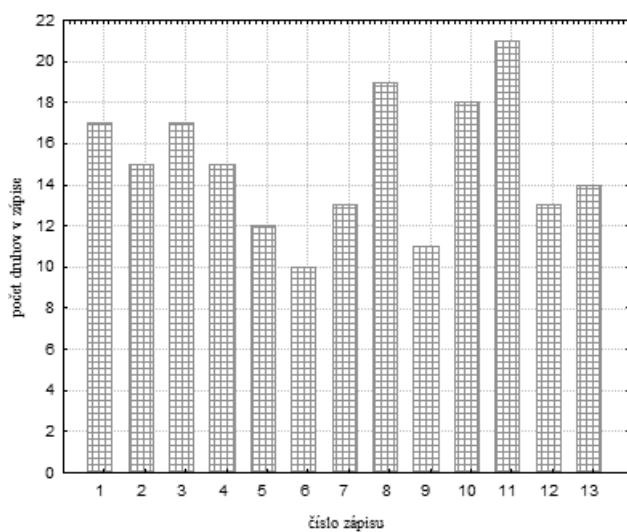
Fytocenol. zápis č. 10; A.Rendeková; 28.6.2013; Borská nížina, Bratislava, Devínska Nová Ves, opustená plocha 22 m od Železničnej stanice Devínska Nová Ves, 48°13'10.60", 16°58'23.10", ± 10 m, 144 m, 0°, -, hlinitý + prímes piesku, 28.00 m<sup>2</sup>; 100%, 100%, -, -, -; 65 cm - 165 cm, -, -;

Fytocenol. zápis č. 11; A.Rendeková; 8.8.2013; Podunajská rovina, Bratislava, Nové Mesto, 200 m od Pionierskej ulice, opustená plocha 60 m od Výskumného ústavu, 48°10'11.20", 17°07'27.40", ± 6 m, 152 m, 0°, -, hlinitý + prímes piesku, 40.00 m<sup>2</sup>; 100%, 100%, -, -, -; 65 cm - 165 cm - 180 cm, -, -;

Fytocenol. zápis č. 12; A.Rendeková; 16.8.2014; Podunajská rovina, Bratislava, Nové Mesto, 200 m od Rožňavskej ulice, opustená plocha pri železničnej trati, 48°10'05.20", 17°09'21.00", ± 12 m, 142 m, 0°, -, hlinitý + prímes piesku, 26.00 m<sup>2</sup>; 100%, 100%, -, -, -; 65 cm - 180 cm, -, -;

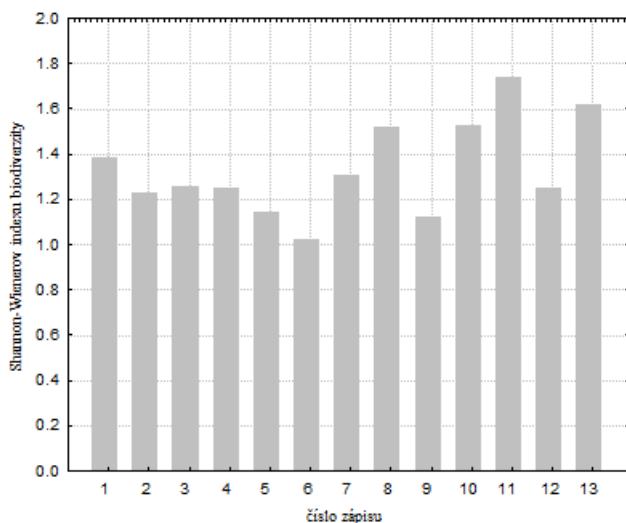
Fytocenol. zápis č. 13; A.Rendeková; 26.6.2013; Malé Karpaty, Bratislava, ulica Devínska cesta, plocha pri ceste 60 m od zastávky autobusu Zlaté schody, 48°09'06.30", 17°01'58.60", ± 14 m, 140 m, 6°, 180° (J), hlinitý + prímes piesku, 22.00 m<sup>2</sup>; 100%, 100%, -, -, -; 65 cm - 200 cm, -, -.

Počet druhov v zaznamenaných zápisoch asociácie *Sambucetum ebuli* sa pohybuje od 10 do 19 druhov (obr 2), priemerný počet druhov v zápise je 15, čo je pomerne málo. V zápisoch zo študovanej asociácie sme na území Bratislavы zaznamenali nízke hodnoty indexu diverzity, ktoré sa pohybovali od 1,025 do 1,615 (obr 3). Za bežné hodnoty Shannon–Wienerovho indexu diverzity pre väčšinu ekologických štúdií sa považujú hodnoty medzi 1,5 až 3,5 (Magurran, 2004). Na základe našich zistení môžeme konštatovať, že biodiverzita vegetácie, v ktorej dominuje druh *Sambucus ebulus*, je nízka.



**Obr 2** Počet druhov v zaznamenaných zápisoch asociácie *Sambucetum ebuli* v Bratislave

**Fig 2** Number of the species in the recorded relevés of the association *Sambucetum ebuli* in Bratislava



**Obr 3** Hodnoty Shannon–Wienerovho indexu diverzity v zaznamenaných zápisoch asociácie *Sambucetum ebuli* v Bratislave

**Fig 3** The values of the Shannon-Wiener diversity index in the recorded relevés of the association *Sambucetum ebuli* in Bratislava

Prezentovaná práca ukázala, že vegetácia, v ktorej dominuje expanzívny druh *Sambucus ebulus*, je druhovo chudobná a vyskytuje sa na mnohých ruderálnych plochách. Z ruderálnych biotopov z miest môžu tieto typy vegetácie prenikať aj do prirozených rastlinných spoločenstiev a znižovať tak ich biodiverzitu. Monitorovanie expanzívnych druhov a vegetácie, v ktorej dominujú, prináša informácie a poznatky, ktoré môžu prispieť k ochrane životného prostredia.

## **Poděkovanie**

Ďakujeme Dr. Jane Podroužkovej Medveckej za pomoc pri zapisovaní zápisu č.1. Príspevok vznikol s podporou grantu Grant Agency VEGA (Bratislava), č. 1/0885/16.

## **Literatúra**

- Applequist, W. L. 2015. A brief review of recent controversies in the taxonomy and nomenclature of *Sambucus nigra* sensu lato. *Acta Horticulturae*, roč. 1061, s. 25-33. ISSN 0567-7572. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1061.1
- Barkman, J. J. – Doing, H. – Segal, S. 1964. Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. *Acta Botanica Neerlandica*, roč. 13, s. 394-419. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1964.tb00164.x>
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. 3. vyd., Wien : Springer-Verlag. 865 s.
- Dostál, J., Červenka, M. 1992. *Veľký klúč na určovanie vyšších rastlín* 2. Bratislava : Slovenské pedagogické nakladatel'stvo. 1568 s. ISBN 80-08-00003-1.
- Eriksson, T., Donoghue, M. J. 1997. Phylogenetic relationships of *Sambucus* and *Adoxa* (*Adoxoideae, Adoxaceae*) based on nuclear ribosomal ITS sequences and preliminary morphological data. *Systematic Botany*, roč. 22, č. 3, s. 555-573. ISSN 1548-2324.
- Feráková, V., Jarolímek, I. 2011. Bratislava, s. 79-129. In Kelcey, J.-K. – Müller, N. (eds.): *Plants and Habitats of European Cities*. New York : Springer, 2011. 685 s. ISBN 978-0-387-89683-0.
- Gojdičová, E., Cvachová, A., Karasová, E. 2002. Zoznam nepôvodných, inváznych a expanzívnych cievnatých rastlín Slovenska 2, s. 59 – 79. In: *Ochrana prírody* 21. Banská Bystrica, 2002. ISBN 80-89035-18-3.
- Hennekens, S. M., Schaminée, J. H. J. 2001. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, roč. 12, s. 589-591. DOI: <https://doi.org/10.2307/3237010>
- Hill, M. O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, roč. 54, s. 427-432. ISSN 1939-9170.
- Hill, T., Lewicki, P. 2007. *STATISTICS: Methods and Applications*. Tulsa, OK : StatSoft. 800 s. ISBN 1-884233-59-7.
- Hrnčiarová, T., Izakovičová, Z., Pauditšová, E., Krnáčová, Z., Štefunková, D., Dobrovodská, M., Kalivodová, E., Moyzeová, M., Špulerová, J., Popovičová-Waters, J. 2006. *Krajinnoekologické pomery rozvoja Bratislavы*. Bratislava : Veda. 315 s. ISBN 8022409103.
- Chytrý, M. 2009. *Vegetace České republiky* 2. Ruderální, plevelová, skalní a suťová vegetace. Praha : Academia. 524 s. ISBN 978-80-200-1769-7.
- Jarolímek, I. 1983. *Ruderálne spoločenstvá Bratislavы*. Kandidátska dizertačná práca (Deponované Botanický ústav SAV, Bratislava). 180 s. (nepublikované)
- Jarolímek, I., Zaliberová, M., Mucina, L., Mochnacký, S. 1997. *Rastlinné spoločenstvá Slovenska*. 2. *Synantropná vegetácia*. Bratislava : Veda. 420 s. ISBN 80-224-0522-1.
- Jarolímek, I., Šibík, J. 2008. *Diagnostic, constant and dominant species of the higher vegetation units of Slovakia*. Bratislava : Veda. 332 s. ISBN 978-80-224-1024-3.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Oxford : Blackwell Publishing. 264 s. ISBN 978-0-632-05633-0.
- Marhold, K., Hindák, F. 1998. *Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska*. Bratislava : Veda. 687 s. ISBN 80-224-0526-4.
- Medvecká, J., Zaliberová, M., Jarolímek, I. 2010. Ruderal Vegetation of the Horná Orava Region 2. *Galio-Urticetea, Epilobietea angustifolii. Thaiszia – J. Bot.*, roč. 20, s. 17-52.
- Podani, J. 2001. *SYN-TAX 2000. Computer Program for Data Analysis in Ecology and Systematics for Windows 95, 98 & NT. User's manual*. Budapest : Scientia Publ. 53 s. ISBN 9638326239.

- Rendeková, A. 2016. *Dynamika synantropnej flóry a vegetácie v mestských aglomeráciách*. Písomná práca k dizertačnej skúške (Deponované Katedra botaniky PríF UK, Bratislava). 98 s. (nepublikované)
- Tichý, L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, roč. 13, s. 451-453.
- Valachovič, M. (ed.) 2001. *Rastlinné spoločenstvá Slovenska. 3. Vegetácia mokradí*. Bratislava : Veda. 435 s. ISBN 80-224-0688-0.
- Zaliberová, M., Jarolímek, I. 1995. Ruderal plant communities of north-eastern Slovakia I. *Artemisietea, Galio-Urticetea, Bidentetea. Thaiszia – J. Bot.*, roč. 5, s. 31-59. ISSN 1210-0420.

# STAKEHOLDER MANAŽMENT V DWEJRA HERITAGE PARK (MALTA) AKO ZÁKLAD STRATEGICKÉHO PLÁNOVANIA V KONTEXTE OCHRANY ENVIRONMENTÁLNEHO KAPÍTÁLU

## STAKEHOLDER MANAGEMENT OF DWEJRA HERITAGE PARK (MALTA) AS THE BASIS OF STRATEGIC PLANNING IN THE CONTEXT OF THE PROTECTION OF ENVIRONMENTAL CAPITAL

**Judita Tomaškinová, Ján Tomaškin, Jozef Kručay**

RNDr. Judita Tomaškinová, PhD., doc. Ing. Ján Tomaškin, PhD., Jozef Kručay, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika, e-mail: [judita.tomaskinova@umb.sk](mailto:judita.tomaskinova@umb.sk), [jan.tomaskin@umb.sk](mailto:jan.tomaskin@umb.sk), [krucay.jozef@gmail.com](mailto:krucay.jozef@gmail.com)

DOI <http://dx.doi.org/10.24040/actaem.2018.20.1.65-77>

**Abstrakt:** Hlavným cieľom predkladaného príspevku je vyhodnotiť súčasný stav manažmentu a stupeň zapojenia kľúčových stakeholderov v Dwejra Heritage Park na Maltských ostrovoch v kontexte ochrany prírody a krajiny. Výskum prebiehal v rozmedzí od 1.8. 2016 do 30.9. 2016 a od 1.2. 2017 do 31.3. 2017. Za účelom naplnenia hlavného a čiastkových cieľov vedeckého príspevku boli použité metódy brainstorming, súradnicová siet vplyv / záujem (na klasifikáciu stakeholderov), diskusia a SWOT analýza. Príspevok vychádza z hodnotenia súčasného stavu riešenej problematiky, ktorá sa zaobrá ochranou prírody a krajiny na Maltských ostrovoch, medzinárodnými strategickými rámcami ochrany prírody a krajiny a definovaním stakeholder manažmentu chráneného územia. Výskum bol zameraný na podrobne hodnotenie stakeholder manažmentu v hodnotenom CHÚ a návrhu opatrení pre udržateľný rozvoj územia. Medzi silné stránky boli zaradené najmä vysoká biodiverzita územia podmienená rozdielnosťou biotopov, kumulovaný vyšší počet endemitov flóry a fauny, hodnotné ekosystémové služby a vysoký kultúrny potenciál z pohľadu udržateľnosti oblasti. Najvýznamnejšími slabými stránkami sú konflikty záujmu zainteresovaných strán, absencia riadenia pohybu turistov a citlivosť krasovej krajiny na antropogénnu činnosť. Predpokladaným prínosom práce je zostavenie objektívnych odporúčaní pre zefektívnenie manažmentu v Dwejra Heritage Park, z ktorých najvyššia priorita bola priradená zostavaniu kvalitného a funkčného tímu vrcholového manažmentu za účelom okamžitej implementácie efektívneho stakeholder manažmentu (alebo správu a manažment CHÚ opäť zveriť Nature Trust Malta, ktorá efektívnejšie riadila územie v rokoch 2004 – 2012 v porovnaní so súčasným stavom manažmentu). Ďalšími navrhovanými opatreniami s najvyššou prioritou sú urýchlene zadefinovanie zón CHÚ a v nadväznosti na zonáciu neodkladne zadefinovať Program starostlivosti a ochrany hodnoteného CHÚ (zaviesť integrovanú ochranu lokality, ktorá sa považuje za územie významného ekologického, geologického a historického významu, nie len na národnej ale aj medzinárodnej úrovni).

**Kľúčové slová:** Dwejra Heritage Park, manažment, stakeholder, chránené územie.

**Abstract:** The main objective of the present article is to evaluate the current state of management and the degree of involvement of key stakeholders in the Dwejra Heritage Park in the Maltese Islands in the context of nature and landscape conservation. The survey ran from 1.8. 2016 to 30.9. 2016 and from 1.2. 2017 to 31.3. 2017. In order to meet the main and partial objectives of the scientific contribution, brainstorming methods, a coordinated network of power / interest (to stakeholder classification), discussion and SWOT analysis were used. The contribution is based on an assessment of the current state of the problem solving, which deals with nature and landscape protection in the Maltese Islands, international strategic frameworks for nature and landscape protection and the definition of a stakeholder for the management of the protected area. The research was focused on the detailed assessment of stakeholder management in the evaluated protected area (PA) and the proposal for measures for sustainable development of the area. Among the strengths included, in particular, the high biodiversity of the site

is conditioned by the diversity of habitats, the accumulated higher number of flora and fauna endemites, valuable ecosystem services and high cultural potential from the point of view of the area's sustainability. The most significant weaknesses are the conflicts of stakeholder interest, the lack of tourism control and the sensitivity of the karst landscape to anthropogenic activity. The supposed contribution of this contribution is to set up objective recommendations for management efficiency in Dwejra Heritage Park, of which the highest priority was assigned to assembling a quality and functional top management team to immediately implement effective stakeholder management (or to give responsibility for PA again to Nature Trust Malta, which provided more effective management in 2004 - 2012 as compared to the present state of the management). Other high priority measures are to define the protected area's zones as a matter of the highest urgency and, as a consequence of the zoning, to define immediately the Program of Care and Protection of the assessed PA (implement an integrated protection of the locality that is considered as an area of significant ecological, geological and historical importance not only at national but also at international level).

**Key words:** Dwejra Heritage Park, management, stakeholder, protected area.

## Úvod

Lokalita Maltských ostrovov v oblasti Stredozemného mora ich predurčuje k vysokej biodiverzite a rôznorodosti prírodných podmienok (Tomaškinová, Tomaškin, 2013). Z dôvodu veľkého počtu endemitov bola Stredozemná oblasť zapísaná, ako jeden z 25 najdôležitejších svetových hotspotov (Myers et al., 2000). Pri manažovaní národných parkov je potrebné prihliadať na špecifickosť jednotlivých daných území - ako z pohľadu prírodných podmienok, tak aj z pohľadu rôznorodosti úrovní biodiverzity, na základe ktorých poskytované ekosystémové služby (protipovodňová a protierózna ochrana, biofiltrácia, produkcia O<sub>2</sub>, zadržiavanie vody v krajinie a iné.) a spomínaná rôznorodosť biotických a abiotických podmienok tvorí východisko pre základný ekonomický rozvoj regiónu. S týmto tvrdením súhlasia aj McNeely (2009), Getzner (2010), Getzner, Jungmeier, Lange (2010), Buckley (2011), ktorí uvádzajú, že využívanie ekologického kapitálu chránených území a ich environmentálnych služieb tvoria platformu primárnych ekonomických benefitov, ktoré môže človek využívať vo svoj prospech priamo aj nepriamo.

Integrácia manažmentu národného parku Dwejra Heritage Park vo všetkých jeho oblastiach - ekologickej, ekonomickej, sociálnej a kultúrnej dimenzie je dôležitá z hľadiska udržateľnosti komplexného charakteru tohto územia, ktoré svojimi historickými pamiatkami, rozmanitosťou biodiversity a špecifickosťou prírodných pomerov prispieva k národného a aj medzinárodnému prírodnému bohatstvu. Silné stránky parku ako rôznorodosť biotopov, široká škála možností využitia ekologických aktivít alebo príležitosť využitia štrukturálnych fondov EÚ kolidujú s pytliactvom, náchylnosťou krasového územia na zásahy človeka a obmedzeným finančným rozpočtom.

Cieľom práce je zhodnotiť súčasný stav manažmentu a stupeň zapojenia kľúčových stakeholderov v Dwejra Heritage Park na Maltských ostrovoch v kontexte ochrany prírody a krajiny.

## Metodika

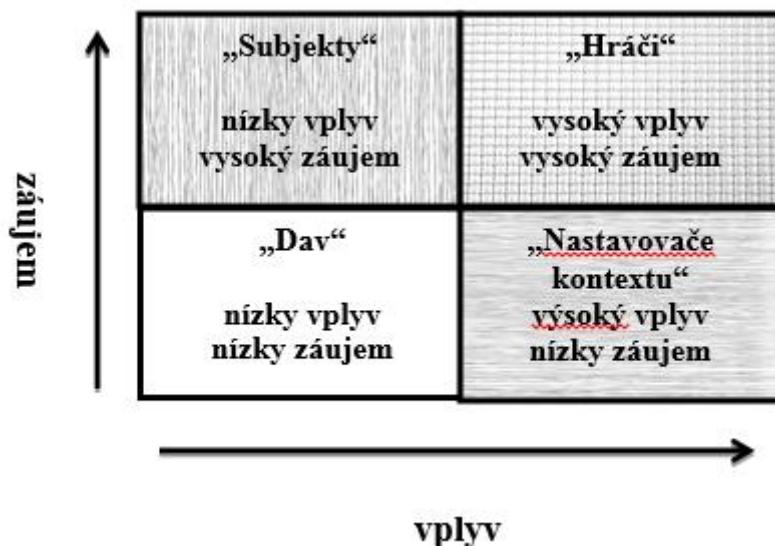
Dwejra Heritage Park má rozlohu 0,80 ha a bol založený 1. apríla 2004 v rámci projektu LIFE03 TCY/MT/000047 pod názvom „DWEJRA - Setting up the first coastal nature reserve in Malta“ (DWEJRA - Vytvorenie prvej pobrežnej prírodnej rezervácie na Malte). Hodnotené chránené územie (CHÚ) sa nachádza v katastrálnom území obce San Lawrenz na ostrove Gozo a jeho poloha je definovaná GPS súradnicami N36.050784° E14.182402°.

Hodnotenie stakeholder manažmentu v Dwejra Heritage Park na Maltských ostrovoch sme realizovali počas odborných stáží v Nature Trust Malta (NTM) v období 1.8. - 30.9.2016 a 1.2. - 31.3. 2017.

V rámci výskumu bol zadefinovaný nasledovný metodologický postup:

1. Identifikácia stakeholderov (metódou brainstorming).
2. Kvalifikácia stakeholderov a analyzovanie kľúčových stakeholderov (metódou súradnicová sieť vplyv / záujem Obr. 1).
3. Hodnotenie stupňa zapojenia kľúčových stakeholderov do riadenia Dwejra Heritage Park (metódou diskusie so zástupcami (NTM) jednej z troch hlavných organizácií zapojených do manažmentu riešeného CHÚ, stupeň zapojenia stakeholderov sme hodnotili štvorstupňovou škálou v rozpätí od „vysoký“ (maximálne možné zapojenie) po „veľmi nízky“ (hraničiaci s nezáujmom).
4. Identifikácia súčasného stavu manažmentu v hodnotenom CHÚ (metódou SWOT analýza).
5. Návrh odporúčaní na zefektívnenie manažmentu v Dwejra Heritage Park.

Metóda súradnicová sieť vplyv / záujem zohľadňuje štyri kvadranty siete, ktoré môžu byť definované ako štyri kategórie zainteresovaných strán (Obr. 1). Zúčastnené strany v horných dvoch kategóriách sú subjekty s najväčším podielom (t.j. s vysokým "záujmom") v manažmente CHÚ, ale s rôznym stupňom vplyvu: tí na pravej strane majú viac schopnosť ovplyvňovať strategiu manažmentu (t.j. majú "vplyv"). Takže "Hráči" sú tie zainteresované strany, ktoré majú tiež vysoký stupeň vplyvu/moci podporovať (alebo sabotovať) stratégie manažmentu, zatiaľ čo "subjekty" majú záujem, ale majú menší vplyv. Dve nižšie kategórie možno považovať skôr za "potenciálne" zainteresované strany, ktoré ešte „neprejavili veľa záujmu.“ "Nastavovače kontextu" môžu mať vysoký stupeň vplyvu/moci nad budúcnosťou, najmä z hľadiska ovplyvňovania budúceho kontextu, v rámci ktorého budú stratégie fungovať, zatiaľ čo posledný kvadrant je "Dav" (v súčasnosti) nemajú záujem a ani právomoc/vplyv/moc ovplyvňovať strategické výsledky. (Ackermann, Eden, 2011)



**Obr 1** Metóda súradnicová sieť vplyv / záujem (Zdroj: Ackermann, Eden, 2011).

**Fig 1** Coordination network power / interest method (Source: Ackermann, Eden, 2011).

Hodnotenie súčasného stavu manažmentu sme realizovali identifikáciou silných a slabých stránok a príležitostí a hrozieb v súvislosti s hodnoteným chráneným územím a to prostredníctvom SWOT analýzy, ktorú sme zamerali na perspektívnu ochrany, a to tak z ekologického ako aj zo sociálno-ekonomickejho hľadiska v kontexte udržateľného rozvoja (Scolozzi, Schirpke, Morri, D'Amato, Santolini, 2014). V prípadovej štúdii sme na základe tejto analytickej metódy použili 3-krokový prístup k hodnoteniu územia NATURA 2000, vrátane:

- *Krok 1:* Rozhodnutie o tom, čo sa má porovnať (výber dimenzií (ekologická a sociálno-ekonomická)).
- *Krok 2:* Identifikácia interných a externých klúčových faktorov pri kreovaní efektívneho manažmentu (vnútorné faktory (silné a slabé stránky) životného prostredia a dynamiku lokality, a taktiež aj vonkajšie faktory (príležitosti a hrozby)).
- *Krok 3:* Návrh odporúčaní na zefektívnenie manažmentu.

## Výsledky a diskusia

S myšlienkom založiť CHÚ s komplexnou ochranou, ktorá by zastrešovala prírodné a aj kultúrne dedičstvo prišla nezisková organizácia Nature Trust Malta (NTM), ktorá sa podujala vypracovať projektový zámer. Hlavným partnermi projektu boli nezisková organizácia NTM, ako hlavný koordinátor spolu s Národnou agentúrou pre životné prostredie a plánovanie na Malte (MEPA) a WWF Taliansko ako skúsený partner v oblasti správy lokalít NATURA 2000 a zároveň aj jeden z hlavných partnerov projektu. Ďalší dvaja klúčoví stakeholderi boli zapojení od samého začiatku projektu a to je Ministerstvo pre Gozo (ostrov Gozo má samostatnú tzv. regionálnu vládu v podobe Ministerstva Gozo) a Miestna samospráva San Lawrenz ako samospráva, v ktorej katastrálnom území sa Dwejra nachádza.

Oblast' Dwejra je významnou lokalitou pre svoju jedinečnosť, ktorá spočíva v jej komplexe geologických, geomorfologických, ekologických, archeologických, historických a estetických záujmov. Vyznačuje sa širokou diverzitou krajinnej štruktúry, z ktorej najvýznamnejšie sú vápencové útesy a séria veľkých údolí, ako aj množstvo pobrežných znakov erózie, suchých riečnych dolín a dočasných rybníkov. Dwejra bola z týchto dôvodov zaradená do národnej a aj medzinárodnej site CHÚ (chránené vtácie územie s regisračným kódom MT0000019 v rámci NATURA 2000) a je najväčšou susediacou chránenou pevninskou a morskou oblasťou na Malte. Táto lokalita v priebehu rokov degradovala kvôli veľkému vplyvu antropologickej činnosti, rozvoju cestovného ruchu a aktívnej ťažby vápenca. V tejto lokalite sa nachádzajú aj nelegálne stavby spolu s nelegálnymi skládkami a inými negatívnymi antropologickými zásahmi, z ktorých všetky prispievajú k poškodeniu tejto vzácnej časti krasovej krajiny.

Dwejra Heritage Park je navštevovaný verejnosc'ou bez akejkoľvek kontroly alebo riadenia návštevníkov. Hodnotené CHÚ je považované za tretie najobľúbenejšie miesto v Stredomorí a ročne ho navštívi 850 000 turistov (národnostné zloženie tvorí väčšinou angličania, nemci, francúzi a taliania) spolu s ďalšími 100 000 obyvateľmi Maltských ostrovov, ktorí prídu na miesto pre zábavu a odpočinok a potápanie; čo znamená ďalších 60 000 návštevníkov za rok. Turisti prichádzajú na miesto verejnou dopravou (autobusmi), zatiaľ čo miestni obyvatelia navštevujú oblasť na autách, ktoré náhodne zaparkujú kdekoľvek na mieste. Je známe, že viac ako 60 % turistov, ktorí navštívia Maltské ostrovy, navštívia aj oblasť Dwejra a to väčšinou počas jednodňovej návštevy ostrova Gozo. Ako náhle sa návštevníci na mieste nachádzajú, tak prechádzajú celou touto chránenou oblasťou bez riadneho vedenia alebo dohľadu správou parku.

Výsledkom absencie zavedenia akéhokoľvek návštevného poriadku v CHÚ je časté poškodenie vzácných fosílnych ložísk, zároveň aj celkového ničenia flóry a fauny v oblasti. Intenzívna antropologická činnosť tiež prispieva k zvýšenej erózii (v tejto oblasti je veľmi nízky pôdny profil 0,03 – 0,6 cm), spolu s častým poškodením morskej ekológie a fosílnych ložísk. Najviac navštevovanou prírodnou pamiatkou v lokalite bolo „Azure window“ a mnohí návštevníci sa často prechádzali po jeho vrchole, čo prispelo k zrýchlenej erózii vápenca a jeho narušeniu a v konečnom dôsledku k celkovému kolapsu a zrúteniu do mora tohto 28 m vysokého prírodného útvaru (kolaps a zrútenie nastalo po silnej búrke dňa 8. marca 2017 o 8.40 hod. miestneho času). S absenciou akéhokoľvek manažmentu a zavedenia Programu starostlivosti o CHÚ sa zvyšuje aj nelegálne skládkovanie odpadu v riešenej oblasti. Úrad pre životné prostredie a plánovanie na Maltských ostrovoch (MEPA) síce podnikol pred niekoľkými rokmi určité kroky na zastavenie ilegálneho skládkovania v oblasti, ale bez zavedenia prísnej kontroly a sankcií je ich eliminácia stále veľmi pomalá.

Niektoré z kameňolomov nachádzajúce sa v blízkosti CHÚ, pôsobia mimo povolených limitov, dodnes spôsobujú vibrácie pri ťažbe vápenca a emitujú jemné časticie, ktoré vznikajú pri ich činnosti. Tieto časticie sú často príčinou ekologického poškodenia oblasti. Tieto lomy majú všeobecne veľmi negatívny vplyv na ekologickú, ale aj estetickú hodnotu danej oblasti. Je

potrebné však zdôrazniť, že Maltské ostrovy majú zavedenú prísnu legislatívu spojenú so zachovaním charakteristického vzhladu obcí a miest a tak musia pri rekonštrukcii a stavbe budov dodržiavať tradičné postupy a zachovávať tradičný vzhlad domov a budov. Na tieto účely je jediným vhodným stavebným materiálom vápenec z tejto lokality a to pre všetky Maltské ostrovy, nielen pre ostrov Gozo. Potreba udržateľného riadenia lokality je zjavná.

Charakteristika hodnoteného územia:

- spôsob manažmentu: integrovaný manažment pod vedením OZ Nature Trust Malta (2004 – 2012); od roku 2012 prešla správa hodnoteného CHÚ pod miestnu samosprávu obce San Lawrenz
- podrobnosti o spoločnej práci / činnosti v kontexte zapojenia do ekologických sietí:

NTM, ako najstaršia ekologická mimovládna organizácia na Maltských ostrovoch zaoberajúca sa ochranou biodiverzity voľne žijúcich druhov a biotopov úzko spolupracovala a stále spolupracuje s WWF a prostredníctvom siete mimovládnych organizácií aj v členských štátach EÚ, kde sa zameriava aj na riešenie spoločných otázok programu Natura 2000. Uvedené dlhorocné skúsenosti a odborné spôsobilosti sa prejavili aj na kvalite a efektívnosti manažmentu v oblasti Dwejra počas rokov keď bolo CHÚ v správe NTM.

Súčasný manažment nedisponuje dostatočným množstvom kvalifikovaných a skúsených manažérov a zameriava sa väčšinou na zapojenie hodnoteného CHÚ do ekonomických a sociálnych sietí v kontexte podpory lokálnej ekonomiky. Absencia efektívnejšieho zapojenia do rôznych ekologických sietí sa prejavuje v nedostatočnej ochrane biodiverzity a vzácných biotopov.

- antropogénna činnosť/aktivity na mieste: cestovný ruch, rekreácia, rybolov, potápanie, ťažba, lov / pytlactvo, vybrané činnosti/aktivity poľnohospodárstva.
- prioritne chránené druhy uvádzame v Tab. 1.
- prioritne chránené biotopy uvádzame v Tab. 2.
- profil zainteresovaných skupín a ich úroveň zapojenia v manažmente uvádzame v Tab. 3.
- komunikačný profil manažmentu: Komunikačná stratégia je v súčasnosti nekoordinovaná a na veľmi nízkej úrovni, nakoľko Miestna samospráva San Lawrenz má obmedzené ľudské zdroje a nemá vyhradený personál, ktorý by túto stratégiu koordinoval a zabezpečoval jej efektívnu implementáciu. Činnosti súvisiace s komunikačným profilom riadenia CHÚ v kontexte ochrany delegujú na jednotlivých pracovníkov a pridelujú jednotlivé prioritné úlohy, keď je potrebné ich akútne riešiť. V súčasnosti prebieha iba nevyhnutná komunikácia s bývalým správcom územia Nature Trust Malta a sa tak otázky ochrany prírody a krajiny dostávajú na okraj ich záujmu.

Komunikačný profil zahŕňa aktivity/činnosti a spôsoby komunikácie so stakeholdermi:

- ✓ propagačné a vzdelávacie materiály (farebné letáky, publikácia, DVD a iné (napr. vzdelávacie návštevy, sprievodcovské služby na požiadanie);
- ✓ využívanie sezónnych pracovníkov / dobrovoľníkov;
- ✓ zadefinované cieľové skupiny pre komunikáciu:
  - verejnosť,
  - výskumní a vedeckí pracovníci,
  - stakeholderi TOP manažmentu CHÚ,
  - ostatní manažéri v území (zdrúženia farmárov, rybárov, poľovníkov),
  - lokálna komunita,
  - návštěvníci CHÚ;
- ✓ manažment nemá vyhradenú samostatnú komunikačnú stratégiu pre program Natura 2000;

- ✓ komunikačné kanály v podobe centrálnej webovej stránky ostrova Gozo (absencia webovej stránky CHÚ), printové materiály (letáky a iba jeden druh publikácie, ktorý nie je bežne dostupný a dá sa v súčasnosti zakúpiť iba v Centre udržateľného rozvoja Xrobb L-Għagin, ktoré je v správe NTM), informačné kampane v médiách.

**Tab 1** Zoznam prioritne chránených druhov v Dwejra Heritage Park**Tab 1** List of priority protected species in Dwejra Heritage Park

Kód druhu	Latinský názov	Anglický / miestny názov
4079	<i>Cremonophyton lanfrancoi</i>	Maltese Cliff Orache
4083	<i>Helichrysum melitense</i>	Maltese Everlasting

**Tab 2** Zoznam prioritne chránených biotopov v Dwejra Heritage Park**Tab 2** List of Priority Protected Habitats in Dwejra Heritage Park

Kód biotopu	Anglický / miestny názov
1120 *	Posidonia beds (Il-Port)
1150 *	Coastal lagoons (Qawra)
3170 *	Mediterranean Temporary Ponds

(\* označuje prioritné biotopy)

**Tab 3** Hodnotenie zapojenia stakeholderov v Dwejra Heritage Park**Tab 3** Assessment of engagement in Dwejra Heritage Park

Skupina stakeholderov	Úroveň aktivity		
	vysoká	← →	veľmi nízka
Miestna vláda (ostrova Gozo)			
Centrálna vláda (Maltských ostrovov)			
Výskumné tímy			
Súkromní majitelia pôdy			
Zelené mimovládne organizácie			
Súkromný sektor			
Súkromní jednotlivci			
Poľnohospodári/farmári			
Rybári			
Pol'ovníci			
Rekreačné skupiny			

V hodnotenom CHÚ, ktorý má vysoký potenciál z hľadiska environmentálneho kapitálu, môžeme na základe výsledkov výskumu konštatovať, že bola značne podcenená komunikácia a participácia klúčových skupín stakeholderov v manažmente, nakoľko v súčasnosti prevláda nízka a stredná úroveň zapojenia klúčových stakeholderov (Tab. 3). Na základe výskumu Tomaškinovej (2013) môžeme konštatovať, že zmena správy hodnoteného CHÚ má negatívny dopad na efektívnosť riadenia parku, nakoľko stupeň zapojenia strategických stakeholderov sa v súčasnosti znížil oproti hodnoteniu z roku 2013. Tomaškinová (2013) uvádzá, že napriek podceneniu identifikácie a participácie klúčových skupín stakeholderov v iniciačných fázach integrovaného manažmentu, (nakoľko neboli v týchto fázach manažmentu zapojené všetky skupiny klúčových stakeholderov), bol však stupeň ich zapojenia na veľmi vysokej úrovni.

## **SWOT analýza súčasného stavu manažmentu:**

### **Silné stránky:**

- vysoký ekologický potenciál (vysoká biodiverzita územia podmienená rozdielnosťou biotopov (vápencové plošiny, jaskynné útesy, sutiny balvanov, morské pobrežie), kumulovaný vyšší počet endemitov flóry a fauny);
- hodnotné ekosystémové služby;
- ochrana avifauny – vyhlásené chránené vtácie územie NATURA 2000;
- vysoký kultúrny potenciál (Veža Dwejra, archeologické nálezy z doby bronzovej, atď.);
- veľmi dobrá propagácia CHÚ na Maltských ostrovoch (jedno z najznámejších miest turistických lokalít na ostrovoch);
- bohatý potenciál využiteľnosti v rámci udržateľného turizmu (potápanie, peší turizmus, pozorovanie fauny a flóry, etnoturizmus);
- veľmi dobrá infraštruktúra verejnej dopravy;
- komplexný systém ochrany zahrňujúci prírodné a kultúrne dedičstvo zaradením hodnoteného CHÚ do národnej siete Heritage Park;
- ponuka sprievodcovských služieb;
- organizovanie výchovno-vzdelávacích aktivít pre študentov, širokú verejnosť a turistov zameraných na zvyšovanie povedomia o prírodných a kultúrno-historických hodnotách územia;
- aktívne zapojenie neziskových a medzivládnych organizácií do manažmentu a ochrany CHÚ (napr. Nature Trust Malta);
- realizovanie vedecko-výskumných aktivít pod dohľadom expertov;
- náučný chodník zahrňujúci komplexné informácie o prírodnom a kultúrnom potenciály územia;
- realizovanie dobrovoľníckych aktivít praktickej ochrany (zber odpadkov, sprievodcovské služby);
- rozmanitosť a etnické bohatstvo v lokálnych oblastiach s tradičnou kuchyňou a regionálnymi špeciality;
- ponuka lokálnych produktov.

### **Slabé stránky:**

- správa CHÚ je pod vedením Mestského zastupiteľstva obce San Lawrenz, ktoré nedisponuje odborníkmi s dostatočnými praktickými skúsenosťami z odboru ochrany prírody a krajiny,
- konflikty medzi zainteresovanými stranami - environmentálne, obchodné a osobné záujmy (privátne vlastníctvo pôdy),
- vzácná krasová krajina, ktorá je veľmi citlivá na akýkoľvek antropogénny zásah,
- miestny podnikatelia nelegálne upravujú rozloženie parku napr. využitie výbušní za účelom umelého zväčšovania vchodov do jaskýň (silné vibrácie po výbuchu mohli viest' k rýchlejšiemu kolapsu a následnému zrúteniu PP Azure Window),
- rušivé zdroje v rámci lokality (nekontrolovaný vysoký počet návštevníkov, atď.),
- absencia zadefinovania zón ochrany v CHÚ,
- absencia implementácie akéhokoľvek Programu starostlivosti CHÚ,
- absencia riadenia pohybu turistov v celom areáli parku (turisti sa pohybujú bez obmedzenia a akejkoľvek kontroly),
- povolený prístup osobnej dopravy pričom nie sú vyhradené parkovacie miesta a nie je zavedená žiadna kontrola,

- interná fragmentácia CHÚ v dôsledku konfliktov záujmov,
- degradácia biotopov a scénického majetku,
- aktívna a neprimeraná činnosť lomov na tăžbu vápenca,
- nelegálne skládkovanie odpadu,
- nelegálna stavba budov bez kontroly a stavebných povolení.

**Príležitosti:**

- existencia legislatívneho rámca, ktorý umožňuje implementovať zvýšenú ochranu hodnoteného CHÚ (CAP 549 Zákon o ochrane životného prostredia na Maltských ostrovoch, subsidiárny zákon 549.44 o ochrane flóry, fauny a prírodných biotopov na Maltských ostrovoch);
- zadefinovanie a následné implementovanie Programu starostlivosti CHÚ;
- zachovanie prírodných ekosystémov a snaha o zníženie negatívnych antropogénnych vplyvov;
- zavedenie komunikačnej stratégie s kľúčovými zainteresovanými stranami;
- zadefinovanie stratégie spolupráce so zainteresovanými stranami;
- možnosť využitia financovania z Európskych fondov a národných grantových schém zameraných na ochranu prírody a krajiny;
- (ekologická a sociálna) podpora údržby lokality;
- ochrana pred antropogénnou činnosťou poškodených častí lokality, ktoré na území zapríčinili sekundárnu sukcesiu (vyznačené turistické trasy, likvidácia nepôvodných druhov, atď.);
- charakteristika lokality, ktorá posilňuje biodiverzitu ekosystémov (napr. ktoré sú súčasťou širšej ekologickej siete);
- charakteristika okolia oblasti, ktorá podporuje toky služieb (napr. blízkosť cieľových príjemcov);
- potenciál lokality, ktorý podporuje ekonomickú dimenziu (CHÚ je turistickou atrakciou);
- umiestnenie lokality a jej prírodný a kultúrny potenciál, ktorý podporuje implementovanie foriem udržateľného turizmu v kontexte najvyššej možnej ochrany hodnoteného CHÚ;
- rast záujmu obyvateľov o environmentálnu problematiku;
- získať silnú podporu lokálneho obyvateľstva pre potreby implementovania udržateľných foriem športových aktivít a turizmu s cieľom zabezpečiť najvyššiu možnú ochranu biodiverzity a biotopov;
- zvýšenie úrovne údržby v oblasti;
- obnova územia, ktoré sa považuje za územie významného ekologickeho, geologického a historického významu;
- diverzifikácia produktov a služieb ekoturistiky, ktoré pomôžu generovať viac príjmov pre lokálne obyvateľstvo (priamo pomôžu pri vytváraní pracovných miest v prospech miestnej komunity a tá získa pozitívnejší vzťah k ochrane tejto lokality);
- vysoký medzinárodný záujem o ekoturistiku, agroturistiku, vidiecku turistiku, dobrodružnú turistiku;
- podnebie priaznivé pre turistickú činnosť počas celého roka;
- možnosť prilákať turistov využitím prírodného, ale aj historického a kultúrneho dedičstva.

**Ogrozenia:**

- zvýšenie urbanizácie / priamejšie narušenia (napr. znečistenie, vyrušovanie aktivitami ľudí);
- intenzifikácia poľnohospodárstva (intenzívnejšie poľnohospodárstvo / priamejšie narušenie biodiverzity (napr. znečistovaním, extrakcia vody);
- pytliactvo, ktoré je na Maltských ostrovoch tăžko kontrolované aj napriek malej rozlohe územia;
- nerešpektovanie vyznačenej turistickej trasy, vstupovanie na pobrežie a narušovanie pobrežnej infraštruktúry (podpora erózie vápenca, otrasy) a okolitej bioty;
- konflikty záujmov medzi zainteresovanými stranami - environmentálne, obchodné a osobné záujmy;
- charakteristika využívania lokality, čo by mohlo znížiť biodiverzitu ekosystémov a ich odolnosť;
- vyskytujúce sa prvky v prostredí, ktoré by mohli znížiť toku ekosystémových služieb (často sa vyskytujúce nelegálne skládky odpadov a zvýšenie intenzity poľnohospodárskeho využívania okolitej pôdy (napr. v súčasnosti sa implementuje projekt Eko-Gozo, ktorý bude mať za následok aj zintenzívnenie pasenia oviec a kôz, nakoľko ovčí a kozí syr je tradičným farmárskym produkтом na Maltských ostrovoch);
- nadmerné využívanie alebo opustenie prírodných aktív;
- nedostatok záujmu samosprávy o environmentálnu problematiku.

**Odporúčania na zefektívnenie manažmentu:**

- zostaviť kvalitný a funkčný tím za účelom okamžitej implementácie efektívneho stakeholder manažmentu alebo správu a manažment CHÚ opäť zveriť NTM;
- urýchlene zadefinovať zonáciu CHÚ;
- zadefinovať Program starostlivosti a ochrany hodnoteného CHÚ (zaviesť integrovanú ochranu lokality, ktorá sa považuje za územie významného ekologického, geologického a historického významu);
- vytvoriť subsidiárne plány, ktoré zabránia parciálnym slabým stránkam v tom, aby ohrozili strategické plánovanie ochrany vzhľadom na vonkajšie hrozby;
- vytvoriť rámec pre environmentálne riadenie umožňujúce efektívnu spoluprácu medzi vládnymi agentúrami, inštitúciami, miestnymi komunitami a zainteresovanými stranami;
- vytvoriť efektívne spojenectvo všetkých zainteresovaných strán v tejto oblasti (vytvoriť užší rámec spolupráce vedúci k lepšej správe oblasti prostredníctvom stretnutí, seminárov a workshopov);
- podporovať rozvoj medzinárodných aktivít na podporu spolupráce v oblasti výskumu a vývoja rozvoja udržateľných foriem turizmu;
- investovať do zlepšenia zabezpečenia ochrany lokality (vytvoriť riadené parkovacie plochy, obmedziť vstup motorových vozidiel len pre pracovníkov a zásobovanie);
- zaviesť profesionálnu strážnu službu v hodnotenom CHÚ (zabezpečiť ochranu oblasti parku v čo najväčšej miere mimo turistického chodníka, predovšetkým z dôvodu ochrany pred eróziou);
- zaviesť do prevádzky niekoľko ochranárskych staníc na zabezpečenie zvýšenej ochrany ŽP a hliadok s cieľom zlepšiť kapacitu ochrany;
- zvýšiť financovanie vedeckého výskumu v hodnotenej oblasti s cieľom znížiť negatívne dopady;
- integrácia plánu nakladania s odpadom do environmentálneho vzdelenávania a plánovanie pravidiel a nariadení pre nakladanie s odpadom pre návštěvníkov;

- zvýšiť využívanie finančných zdrojov z eurofondov;
- vytvoriť strategické plány aktivít ekologickej vzdelávania a ekologickeho cestovného ruchu pre lokálne obyvateľstvo a kľúčových stakeholderov;
- propagácia spoločenskej a ekologickej hodnoty územia v snahe o pozdvihnutie environmentálneho povedomia a získavanie nových finančných partnerov;
- vytvoriť minimálny plán vstupného na zlepšenie základných manažmentu ochrany;
- podporiť kvalitné produkty a služby cestovného ruchu s dôrazom na atrakcie v oblasti ekoturizmu, rurálneho turizmu a etnoturizmu.

Vysokú prioritu pre zavedenie navrhovaných opatrení si vyžaduje aj oblasť výskumu a monitoringu. Vedecký výskum by mal napomôcť všetkým chráneným oblastiam, najmä však tým s prísnou ochranou (Dudley, 2008). Tu odporúčame vytvoriť najprv profil vedených a plánovaných výskumov, vytvoriť koncept a v neposlednom rade zaradiť efektívny monitoring prebiehajúcich výskumných aktivít. Kľúčovým v tomto kontexte je aj vypracovanie regionálneho finančného plánu v spolupráci so strategickými stakeholdermi a zabezpečiť jeho implementáciu, aktualizáciu a monitoring. Odporúčame vytvoriť informačnú platformu pre tento účel. Pre rozvoj regiónu a CHÚ je tiež veľmi potrebné uzatváranie nových a udržiavanie už existujúcich partnerstiev, spoluprác a aliancií (združení). Pre výmenu informácií a zdrojov je nevyhnutné udržiavať s partnermi pozitívne vzťahy (McKercher, 2003, Mianardes, Alves, Raposo, 2012, Mittermeier, 2014). Celému procesu rozvoja regiónu prospeje aj vytvorenie a propagácia vlastnej obchodnej značky, pod ktorou sa výrobky a služby budú ponúkať. Na základe výsledkov hodnotenia navrhujeme zamerať sa pri definovaní Programu starostlivosti o hodnotené CHÚ aj na kontrolu efektívnosti manažmentu. V tomto kontexte je tiež dôležité správne zadefinovanie indikátorov úspechu pre aktivitu hodnotenia efektívnosti manažmentu ako ukazovatele progresu a efektívneho implementovania tohto nástroja, s čím súvisí monitorovanie a následné testovanie (Nolte et al., 2010, Von Meding et al., 2013).

## Záver

S rastúcou populáciou rastie aj spotreba prírodných obnoviteľných či neobnoviteľných zdrojov a využívanie ekosystémových služieb v kontexte upokojovania potrieb. Z tohto dôvodu je nárast počtu chránených území logickým riešením, ako udržať stabilitu ekosystémov, ich biodiverzitu a širokú škálu ekosystémových služieb, ktoré ľudia využívajú. Dôležitým faktorom v rozvoji a zakladaní chránených území je aj konflikt záujmov zainteresovaných strán, environmentálne, ekonomicke a osobné záujmy kľúčových stakeholderov daného územia.

Medzi najsilnejšie stránky hodnoteného CHÚ môžeme jednoznačne zaradiť vysoký ekologický potenciál z pohľadu udržateľnosti a ekologickej stability. Bohatú biodiverzitu dokazuje aj vysoký počet druhov flóry, fauny a endemitov, ktoré toto unikátné prostredie poskytuje. Ďalšou silnou stránkou je bohatý potenciál využiteľnosti v rámci udržateľného turizmu, kde táto krajina poskytuje aj vysoký kultúrny potenciál a široký okruh možností pre ekoturizmus (ako potápanie spojené s pozorovaním morského prostredia, peší turizmus spojený s pozorovaním jedinečnej fauny a flóry) a etnoturizmus (veľká ponuka aktivít spojená s prezentovaním miestnych tradícii, zvykov a kulinárskych špecialít (napr. miestne festivaly)). Pozitívom sú aj často organizované výchovno-vzdelávacie aktivity pre študentov, širokú verejnosť a turistov, ktoré sa realizujú pod vedením skúsených odborníkov a sú spájané s aktívnym zapojením širokej verejnosti do praktickej ochrany (ako napr. zber odpadkov) alebo nepriame komplexné informácie o prírodnom a kultúrnom potenciály územia na paneloch náučného chodníka. Výsledky SWOT analýzy poukazujú na nedostatočnú efektivitu manažmentu, ktorú je potrebné posilniť. Hlavnými problémami manažmentu Dwejra Heritage Park sú vo všeobecnosti správa

chráneného územia, ktorá je pod vedením zastupiteľstva obce San Lawrenz (vo vedení chýbajú kvalifikovaní odborníci v kontexte ochrany prírody a krajiny s dostatočnými praktickými skúsenosťami), absencia zadefinovania zón a absencia Programu starostlivosti o CHÚ. Chýbajú efektívne nástroje na monitoring indikátorov dosiahnutia cieľov a celkového hodnotenia vstupov a výstupov, čo tvorí po investoriach a dotáciách základný ekonomický rámec parku. Je potrebné sa tiež zameriť na rozvoj regiónu, odstrániť problémy s pytliactvom a nadviazať partnerstvo s lokálnymi a regionálnymi dodávateľmi produktov a služieb, ktoré môže park využiť v prospech udržateľných foriem turizmu. Pre implementovanie kvalitného a efektívneho manažmentu je potrebné zvýšiť sociálnu kvalifikáciu pracovníkov a nadviazať spoluprácu v sieti ostatných chránených území na ostrove aj v Európe, vynaložiť prostriedky na spoločnú synergiu.

V záujme zefektívnenia manažmentu parku navrhujeme zostaviť kvalitný a funkčný tím vrcholového manažmentu parku za účelom implementácie efektívneho stakeholder manažmentu alebo správu opäť zveriť Nature Trust Malta, ktoré spravovalo územie s vysšou efektivitou manažmentu v kontexte ochrany prírody a krajiny v rokoch 2004 – 2012. Nevyhnutnou podmienkou pre zlepšenie manažmentu v hodnotenom CHÚ je urýchlene zadefinovanie zonácie CHÚ a v nadväznosti na ňu, aj okamžité sformulovanie a zavedenie Program starostlivosti a ochrany prírody a krajiny. Dôraz kladieme na vytvorenie efektívneho spojenectva všetkých zainteresovaných strán a vytvorenie rámcu pre environmentálne riadenie umožňujúce efektívnu spoluprácu medzi vládnymi agentúrami, inštitúciami, miestnymi komunitami a zainteresovanými stranami. V otázke finančných zdrojov je možné riešiť deficit nie len zintenzívnením využívania finančných zdrojov z eurofondov, ale aj zavedením poplatkov pri návšteve územia a vytvorením strategických plánov aktivít ekologického vzdelávania a ekologického cestovného ruchu pre lokálne obyvateľstvo a zainteresované strany.

## Poděkovanie

Príspevok vznikol v rámci riešenia Projektu ITMS 26210120024 „Obnova a budovanie infraštruktúry pre ekologický a environmentálny výskum na UMB“.

## Literatúra

- Ackermann, F., Eden, C. 2011. Strategic Management of Stakeholders: Theory and Practice. *Long Range planning*, 2011, No. 44, pp. 179 – 196. DOI: 10.1016/j.lrp.2010.08.001
- Buckley, R. 2011. Tourism and environment. *Annual Review of Environment and Resources*. Queensland: Griffith University, 2011, Vol. 36, pp. 1 – 22. DOI: 10.1146/annurev-environ-041210-132637
- Dudley, N. 2008. *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories*. IUCN, Gland: IUCN, 2008. 48 pp.
- Getzner, M. 2010. Economic and cultural values related to Protected Areas. *Der öffentliche Sektor, Special Issue*, 2010, Vol. 36, No. 1-2.
- Getzner, M., Jungmeier, M., Lange, S. 2010. *People, Parks and Money: Stakeholder involvement and regional development*. Klagenfurt: Verlag, Johannes Heyn, 2010. 210 pp.
- Mainardes, E. W., Alves, H., Raposo, M. 2012. A model for stakeholder classification and stakeholder relationships. *Management Decision*, Vol. 50, No. 10, p. 1861 – 1879.
- Mittermeier, A. 2014. *World Parks Congress: Greater protected area commitments needed to meet global demands on nature*. Sydney : IUCN, 2014. 266 pp.
- McKercher, B. 2003. *Sustainable tourism development – guiding principles for planning and management*. Hong Kong: The Hong Kong Polytechnic University, 2003. 55 pp.
- McNeely, J. 2009. *The Wealth of Nature: Ecosystem services, Biodiversity, and Human Well-Being*. [s.l.]: [s.n.], 2009. 97 s.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A.B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 2000, No. 403, pp. 856 – 858. DOI: 10.1038/35002501

- Nolte, C., et. al. 2010. Protected Area Management Effectivness Assessments. *Europe – a review of methods, applications and results*, 2010, Vol. 7, No. 1, p. 42. ISBN 978-3-89624-006-4
- Scolozzi, R., Schirpke, U., Morri, E., D'Amato, D., Santolini, R. 2014. Ecosystem services-based SWOT analysis of protected areas for conservation strategies. *Journal of Environmental management*, Vol. 15, No. 146, p. 543 – 551. DOI: 10.1016/j.jenvman.2014.05.040
- Tomaškinová, J., Tomaškin, J. 2013. *Integrovaný manažment Národného parku Slovenský kras*. Banská Bystrica : Belianum, 2013. 148 pp. ISBN 978-80-557-0589-7.
- Tomaškinová, J. 2013. Hodnotenie prípravnej fázy a fázy plánovania v životnom cykle Heritage Park Dwejra, Gozo (Malta). In Acta Universitatis Matthiae Belii, séria Environmentálne manažérstvo, Vol. XV., No. 2, p. 39 – 47.
- Von Meding, J., et. al. 2013 A framework for stakeholder management and corporate culture. *Built Environment Project and Asset Management*, Vol. 3, No. 1, p. 24-41. DOI: <https://doi.org/10.1108/BEPAM-07-2012-0042>

## POZOROVANIA A KOUČING - METÓDY ZVYŠOVANIA SPOĽAHLIVOSTI ĽUDSKÉHO ČINITEĽA

### MONITORING AND CAUTION - METHODS OF INCREASING HUMAN RELIABILITY FACTOR

*Ivana Tureková*

doc. Ing. Ivana Tureková, PhD., Katedra techniky a informačných technológií, pedagogická fakulta, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre. Email: [iturekova@ukf.sk](mailto:iturekova@ukf.sk)

DOI <http://dx.doi.org/10.24040/actaem.2018.20.1.78-88>

**Abstrakt:** Článok popisuje identifikáciu ľudských chýb pri reálnom postupe pracovníkov počas opravy elektromotora v atómovej elektrárni. Metódou partnerskej kontroly pri riadenej činnosti bolo hodnotené dodržiavanie zásad bezpečnosti práce nestranným pozorovateľom. Cieľom bolo zistiť chybovosť ľudského činiteľa. Ako nástroje zistovania odchýlok od štandardného postupu pri oprave elektromotora boli použité koučing a pozorovanie. Boli identifikované viaceré zlyhania ľudského činiteľa. Opatrenia na uplatnenie nástrojov na prevenciu ľudských chýb boli založené na preškoľovaní a sebauvedomovaní sa nesprávnosti postupov zamestnancov v dôsledku objektívnych aj subjektívnych príčin. Uplatňovaným nástrojom v prostredí atómových elektrární je implementácia metód efektívneho koučingu, kontrola manažmentom, čím sa dosahuje požadovaná zmena správania sa a uvedomenie si osobnej zodpovednosti pracovníkov za kvalitne a bezpečne vykonanú prácu.

**Kľúčové slová:** ľudský faktor, chyba, údržba, prevádzková bezpečnosť, pozorovanie, koučing

**Abstract:** The article describes the identification of human errors in the real work during the repair of an electric motor in power plant. These processes are managed by internal regulations, technological procedures and the implementation step process in which human factor contributes. The partner control method for managed activity has been assessed to observe the principles of work safety by an impartial observer. The aim was to identify human error factor. Couching and observation were used as tools to identify the deviations from the standard procedure when repairing the electric engine. Human factor errors were identified. The measures for applications of the tools to prevent human errors were set up on retraining and self-perception of the incorrect procedures of the employees due to objective and subjective reasons. The implementation of methods of the effective couching and the control from the management are the measures in the area of nuclear power stations and, thus, they lead to achieve desirable behaviour change and awareness of the personal responsibility for quality and safe work performed by the staff.

**Key words:** human factor, error, electromotor, maintenance, operational safety, observation, coaching

## Úvod

Otázkam bezpečnosti jadrových elektrární je venovaná taká pozornosť ako máloktorej inej oblasti ľudskej činnosti. Je to spôsobené predovšetkým fyzikálno-chemickým procesom, ktorý prebieha v jadrovom reaktore - štiepením jadrového paliva. Aby štiepenie bolo využiteľné, musí byť v ktoromkoľvek okamžiku ovládateľné. Štiepna reakcia je zdrojom tepla, ktoré treba odvádzat. Ovládanie štiepnej reakcie a zabránenie úniku rádioaktívnych látok sú základnými princípmi bezpečnosti (IAEA a), 2002; Horbaj, 2008).

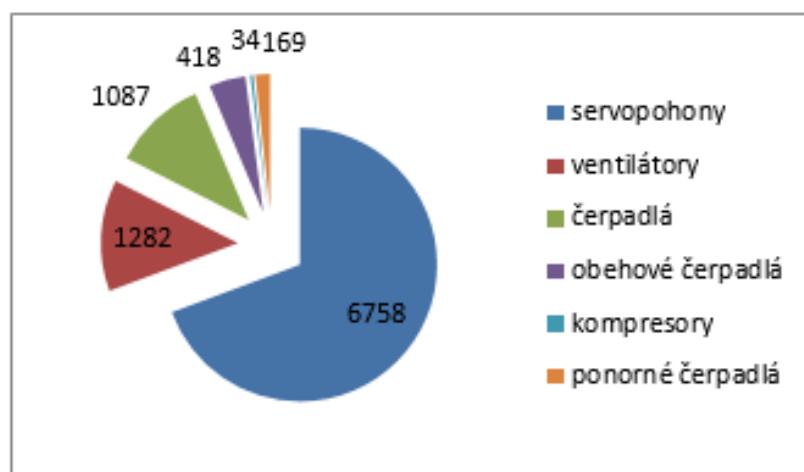
Opatrný, starostlivý a konzervatívny prístup k problémom a využívanie skúseností vlastných i cudzích sú základnými zásadami kultúry bezpečnosti (Turek, 2012). Kultúra bezpečnosti sa týka najmä výchovy a uvedomelosti všetkých jednotlivcov, ktorí sú zapojení do činností majúcich vplyv na bezpečnosť JE (García-Herrero et al, 2013). Ako výstraha pre ľudstvo sú v tomto smere havárie, ktoré sa stali v americkej elektrárni Three Mile Island (Fleming, 1982), ale hlavne v ukrajinskej elektrárni Černobyl' (Simopoulos, 1991) a elektrárni Fukushima v Japonsku (Iida, 2013). Tieto udalosti zaktivovali odbornú i laickú verejnosť. Všetky jadrové elektrárne boli podrobene bezpečnostným previerkam a boli zrealizované opatrenia na zvýšenie ich spoľahlivosti vrátane spoľahlivosti ľudského činiteľa, ktorý sa významnou mieru podpísal pod dôsledky havárií (Joskow & Parsons, 2012; Gertman, 2005).

Pojem ľudská spoľahlivosť sa v jadrových elektrárnach začal intenzívnejšie skloňovať v roku 2010. Vtedy bol odštartovaný „projekt pre dosiahnutie excelentnej výkonnosti“, ktorého jedným z cieľov bolo zvýšiť ľudskú spoľahlivosť, znížiť výskyt ľudských chýb (Verma et al, 2010).

Bezpečnosť, spoľahlivosť a funkčnosť zložitých technologických systémov je nevyhnutnou podmienkou pred nežiaducimi prevádzkovými udalosťami. Štatisticky práve človek sa podieľa až 80 % na takýchto udalostach. Hlavne v podmienkach jadrových elektrární sú aplikované programy na prevenciu ľudskej chyby. Eliminácia chýb človeka je nevyhnutná v celom životnom cykle zariadení, nevynímajúc ani údržbu (Tureková, 2016).

Chyba človeka môže byť priamou príčinou udalosti – nie je však koreňovou príčinou udalosti. Chyba je neúmyselná a nie je vyvolaná nedostatočnou motiváciou. K chybám dochádza najčastejšie pri neštandardných situáciách ku ktorým radíme aj údržbu zariadení.

V priestoroch atómových elektrární je nainštalovaných viac ako desaťtisíc elektromotorov, ktoré poháňajú čerpadilá, ventilátory, kompresory (Obr 1) a iné zariadenia alebo sú súčasťou ponorných čerpadiel a servopohonov (Tinák, 2015).



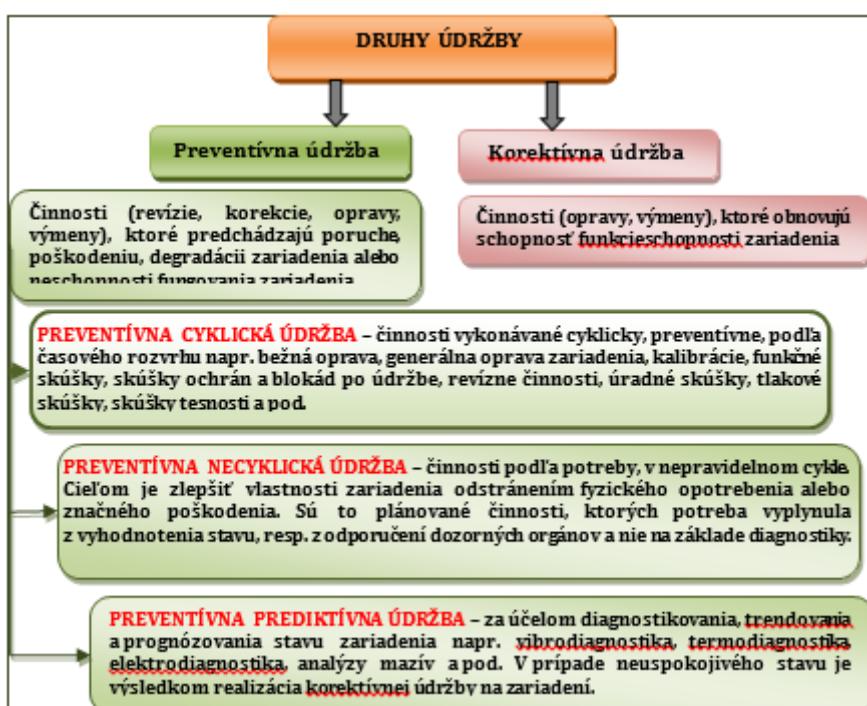
**Obr 1** Druhy a počty zariadení poháňaných elektromotormi v JE (Tinák, 2015)

**Fig 1** Types and number of devices powered by electric motors in NPP (Tinák, 2015)

Takmer 99 % elektromotorov patria medzi vyhradené technické zariadenia rizikových skupín A alebo B. Do skupiny A sa zaraďujú elektromotory s príkonom 250 kW a viac, do skupiny B sa zaraďujú elektromotory, ktoré nie sú zaradené v skupine A, s prúdom alebo napäťím, ktoré nie sú bezpečné. Na elektromotoroch skupiny A je potrebné okrem odbornej prehliadky a odbornej skúšky vykonávať aj úradné a opakovane úradné skúšky (Vyhláška 508/2009 Z. z.).

V ďalších požiadavkách na jadrovú bezpečnosť sa vybrané zariadenia v atómových elektrárňach zaraďujú do štyroch bezpečnostných tried (I., II., III., IV.). Podľa druhu bezpečostnej triedy sa uplatňuje odstupňovaný prístup k zariadeniam a k ich údržbe. Zariadenia zaradené do triedy I. majú najvyššie nároky na spoľahlivosť, zabezpečovanie kvality, rozsah kontrol, príslušnú dokumentáciu (STN EN 13306: 2011).

Údržba je kombinácia všetkých technických, administratívnych a riadiacich činností počas životného cyklu objektu, zameraných na udržanie, alebo obnovenie takého jeho stavu, v ktorom môže plniť požadovanú funkciu. Rozdelenie údržby zariadení je na Obr 2 (Tinák, 2015; Grenčík et al, 2013; Havelka, 1995; Karasev & Roitman, 2004).



Obr 2 Prehľad typov uplatňovanej údržby v JE (Havelka et al, 1995)

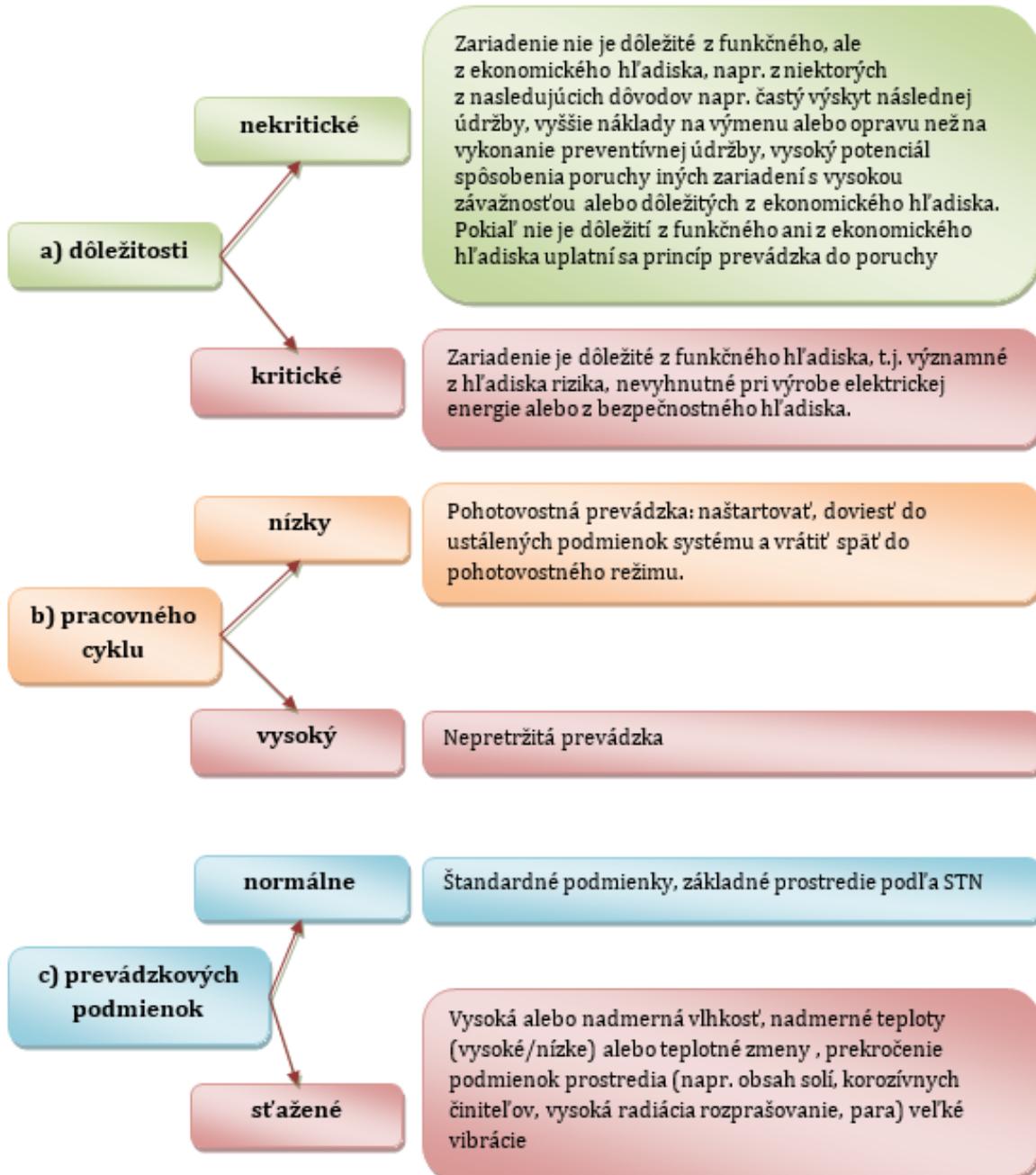
Fig 2 Overview of applied maintenance types in NPP (Havelka et al, 1995)

### Systém manažérstva spoľahlivosti zariadení

Systém manažérstva spoľahlivosti zariadení EQR (equipment reliability) zabezpečuje, že zariadenie pracuje v zmysle projektu vždy a tak dlho ako je potrebné bez neočakávanej poruchy, pričom tento stav je dlhodobo udržateľný. EQR znamená strategiu udržiavania zariadení podľa Obr. 3 (IAEA b), 2002; Vyhláška ÚJD SR 431/2011 Z. z., Hudeczek, 2011).

Proces riadenia prác (opráv) začína plánovaním činností, pokračuje tvorbou zákaziek, naplánovaním presného termínu opravy, realizáciou prác a ukončením procesu.

Cieľom procesu rozvrhovania prác je efektívne a účinne plánovať práce (korektívne či preventívne) takým spôsobom, aby bola zaistená dostupnosť požadovaných ľudských zdrojov a podporných činností (Saha, 2003).



Obr 3 Stratégie udržiavania zariadení (Havelka et al, 1995)  
**Fig 3** Device Maintenance Strategy (Havelka et al, 1995)

Zákazka je riadiaci dokument v elektronickej aj tlačenej forme slúžiaci na realizáciu udržiavania zariadení bezpečným a efektívnym spôsobom. Zákazka na údržbársky zásah sa pripravuje v softvérovej aplikácii a zabezpečuje vykonanie požadovaných prác na zariadení s väzbou na postupnosť činností v súvisiacich dokumentoch. Určuje čas, popis práce, rozpis operácií - ich kapacitné a materiálové zabezpečenie, zoznam predpísaných kontrol pre

jednotlivé operácie, zoznam dokumentov, potrebných pre vykonanie prác. Súčasťou všetkých zákaziek je vykonanie analýzy potenciálneho rizika pri realizácii prác (Tab 1). Cieľom analýzy rizika je zistiť v predstihu potenciálne riziká a navrhnúť technické resp. organizačné opatrenia odstupňovaným princípom na minimalizáciu ich vplyvu na bezpečnosť pracovnej skupiny vykonávajúcej prácu, na okolie a životné prostredie ako aj na bezpečnosť a prevádzkyschopnosť zariadenia a systémov. Pre hodnotenie rizika sa využíva metóda založená na maticovej aplikácii (Mentlík et al, 2008, Zelený, Marková, 2015).

**Tab 1** Riadenie rizika z výkonu prác (Tinák, 2015)**Tab 1** Risk management of work performance (Tinák, 2015)

	<i>P</i>	Práce s ohrozením zdravia Rutinné postupy Rutinné činnosti normálne prostredie Štandardné použité prostriedky BOZP	Práce s ohrozením zdravia Zmena postupov Zmena stavu prostredia Nové činnosti	Práce s ohrozením zdravia Práce vo výbušnom prostredí Práce vo výškach, stiesnených priestorov zriedkavé činnosti
<i>Z</i>	Uraz s ošetrením (PN viac ako 3 dni) resp. úraz s následkom smrti	Nízke riziko	Stredné riziko	Vysoké riziko
	Uraz s ošetrením (PN do 3 dní)	Akceptovateľné riziko	Nízke riziko	Stredné riziko
	Drobné poranenia bez potreby ošetrenia	Akceptovateľné riziko	Akceptovateľné riziko	Nízke riziko

Kde : P – pravdepodobnosť výskytu rizika

Z – závažnosť rizika

PN - práčeneschopnosť

Výsledok analýzy rizika je uvedený v dokumente zákazky. Vysoké riziko musí byť riadené. Bezpečnostní manažéri musia selektovať zákazky s vyšším rizikom pri práci, vyjadrovať sa k prácам a prijímať nápravné opatrenia na jeho zníženie alebo odstránenie. Cieľom nápravných opatrení musí byť zníženie rizika na čo najnižšiu možnú akceptovateľnú úroveň. Nápravným opatrením môže byť aj vytvorenie napr. aj tvorba nového bezpečného pracovného postupu.

V poslednom kroku koordinátor výkonu prác určí zamestnancov na výkon opravy, kontroluje zaistenie zariadenia a preberá tieto zariadenia do údržby. V prípade, že na oprave zariadenia pracuje niekoľko realizačných skupín, vykonáva medzi nimi koordináciu činností. Po vykonanej oprave opravené zariadenie je odovzdané na funkčné odskúšanie (Paleček et al, 2008, Marková, Očkajová, 2018).

## Metódy

Cieľom experimentu bolo zistiť, ako pracovníci údržby dodržiavajú zásady bezpečnosti práce, aké nástroje používajú na prevenciu ľudských chýb a najmä či sa dokážu kriticky pozerať na výkon svojej práce a identifikovať svoje a prípadne systémové nedostatky. Ako nástroje zistovania odchýlok od štandardného prístupu k práci boli určené pozorovanie a koučing.

Koučing je nástroj na profesionálny rozvoj schopností a zručností pracovníka a pracovných skupín. Pozorovanie a koučing je v jadrovej elektrárni plánovanou metódou a jeho vykonávaním sú poverení manažéri a zodpovední vedúci. Okrem vopred dlhodobo naplánovaných koučingov sa vykonávajú aj operatívne koučingy pri zvlášť rizikových prácach alebo prácach s činnosťami, ktoré sa dosiaľ nevykonávali. Účelom pozorovania a koučovania je dosiahnutie správneho používania nástrojov na prevenciu ľudských chýb, odstránenie neželaného správania a posilnenie prejavov želaného správania na pracovisku. Hlavným cieľom

pozorovania a koučovania je znížiť pravdepodobnosť zlyhania ľudského činiteľa pri práciach a identifikovať slabé miesta ľudskej spoločnosti v podniku. Medzi ďalšie ciele patria:

- upevňovať štandardy a očakávania vedenia spoločnosti,
- identifikovať nové cieľové oblasti pre zlepšenie a neustále sa zlepšovať,
- zabezpečiť lepšiu analýzu príčin vzniku ľudských chýb a identifikovať nápravné opatrenia na odstránenie zistených príčin,
- sledovať a určiť efektívnosť minulých nápravných opatrení,
- monitorovať najlepšiu prax v odvetví,
- zvýšiť bezpečnosť pri práci,
- získať spätnú väzbu z priebehu vykonávanej práce,
- oceniť výkonnosť nad úrovňou očakávaní,
- podporiť osobnú zodpovednosť a angažovanosť zamestnancov v snahe o dosiahnutie najvyšších štandardov pri výkone každej činnosti,
- podporiť dodržiavanie princípov kultúry bezpečnosti a neustáleho zlepšovania kultúry bezpečnosti,
- aktívne vyhľadávať a odstraňovať skryté chyby (Reason, 1990).

Oprava bola uskutočnená na elektromotore typ 2N4 355Y- 6, ktorý poháňa kondenzačné čerpadlá. Umiestnenie reálneho čerpadla bolo v na strojovni na podlaží -3,5 m. Čerpadlá nasávajú kondenzát z hlavného kondenzátora a tlačia ho ďalej do blokovej úpravy kondenzátu. Ešte predtým je však na výtlaku odbočka na chladenie generátora, cez ktorú preteká asi 1/3 z celkového množstva kondenzátu. Pasportizačné údaje elektromotora sú uvedené v Tab 2.

**Tab 2** Pasportizačné údaje elektromotora typu 2N4 355Y-6

**Tab 2** Passport data of 2N4 type 355Y-6 electric motor

Charakteristika parametra	Číselná hodnota
výkon	200 kW
napätie	6000 V
prúd	24,3 A
otáčky	989 ot/min.
frekvencia	50 Hz
izolácia	F
krytie	IP 44
tvar	IM 3011
hmotnosť	2240 kg

Na základe zavedeného systému EQR zariadenie podlieha pravidelným činnostiam podľa riadeného časového harmonogramu (Tab 3).

**Tab 3** Popis činnosti na elektromotore a periodicitu vykonania úkonu

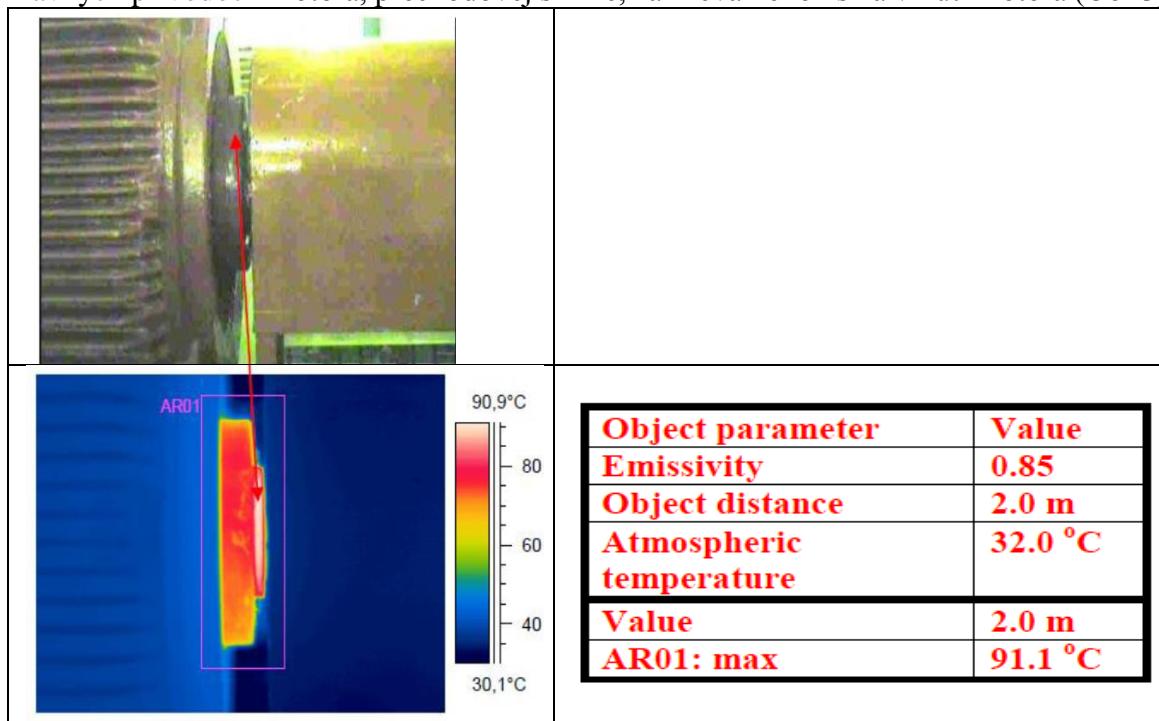
**Tab 3** Activity description on the electric motor and periodicity of the operation

Číslo	Cinnosť	Cyklus
1.	Vibrodiagnostika	1 x za 6 mesiacov
2.	Termovízia	1 x za 6 mesiacov
3.	Domazanie	1 x za 6 mesiacov
4.	Mechanická kontrola on-line	1 x za 1 rok
5.	Elektrodiagnostika	1 x za 3 roky
6.	Revízia OP a OS	1 x za 3 roky
7.	Mechanická kontrola off-line	1 x za 3 roky
8.	Generálna oprava	1 x za 6 rokov

1. **Vibrodiagnistikou** sa vykonáva monitorovanie vibrácií a je zameraná na riešenie všetkých príčin opotrebovávania ložísk a ďalších otáčavých komponentov. Výsledkami

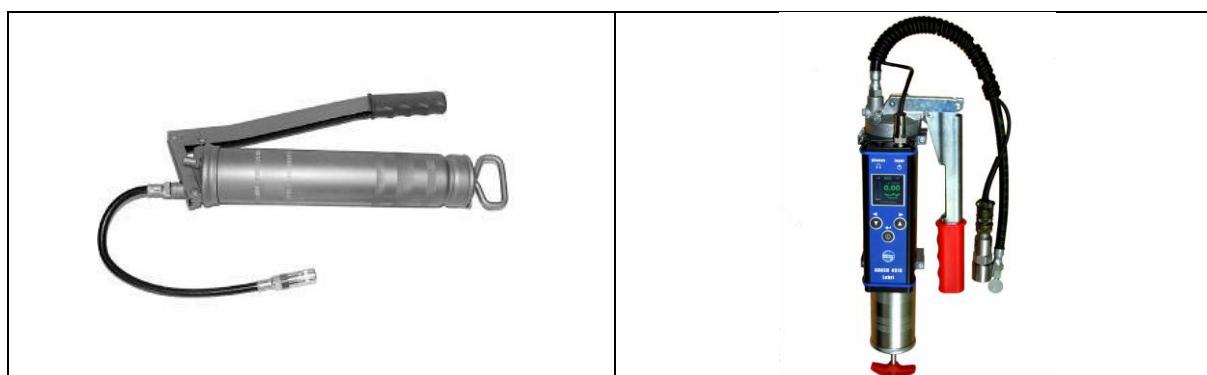
vibrodiagnostického merania môže byť odporučenie zosúosenie sústrojenstva, domazanie ložísk, výmena ložísk, vyváženie rotačných častí a iná oprava zariadenia. Informácie o technickom stave zariadenia slúžia na efektívne plánovanie opráv podľa stavu zariadenia [14].

2. **Termovíznym meraním** pomocou termovíznej kamery sa kontroluje zahrievanie spojov na hlavných prívodoch motora, prechodovej skrine, zahrievanie ložísk a vinutí motora (Obr 3)



Obr 3 Výstup z termovízneho merania (Tinák, 2015)  
Fig 3 Output from thermowood measurement (Tinák, 2015)

3. **Domazanie** je doplnenia maziva na udržiavanie správnych parametrov pre prevádzku ložísk, čo minimalizuje vznik a rozvoj príčin opotrebenia ložísk. Doplnenie maziva do ložísk sa vykoná mazacím lisom (Obr 4) alebo prístrojom A4910 – Lubri (obr 5).



Obr 4 Mazací lis  
Fig 4 Lubrication press

Obr 5 Domazávací prístroj A4910 - Lubri  
Fig 5 A4910 Lubrication Device

4. **Pod mechanickou kontrolou on-line** sa rozumie kontrola elektromotora za jeho prevádzky. Vykonáva sa najmä vizuálna a akustická kontrola. Kontroly spočívajú v sledovaní elektromotora a jeho jednotlivých dielov, či nevibrujú, či nie sú uvoľnené alebo chýbajúce. Ďalej sa kontrolujú prívodné káble, ochrany káblor, teplomery a snímače úniku vody. Pri

motoroch s vodným chladením alebo olejovým mazaním sa kontrolujú dostupné prírubi na potrubiach, ložiskové stojany a ložiská na únik prevádzkových kvapalín

5. **Elektrodiagnistikou** sa zistuje degradácia izolácie, skraty a integritu všetkých elektrických spojov elektromotorov. Cieľom týchto meraní je identifikovať aktuálny stav elektromotora a určiť časový trend vývoja jeho stavu.
6. **Odbornou prehliadkou a odbornou skúškou** sa preveruje stav bezpečnosti elektromotora, prívodného kábla a prechodovej skrine. Vykonáva ju odborne spôsobilá osoba – revízny technik. Výstupom je protokol. Revízia sa vykonáva v súlade s platným predpisom.
7. **Mechanická kontrola off-line** je kontrola elektromotora počas jeho odstavenia. Kontrolou sa sleduje stav jednotlivých dielov a v prípade potreby alebo na základe výsledkov z iných meraní sa tieto diely vymieňajú.
8. Cieľom **generálnej opravy** je funkčná obnova častí, ktoré sa opotrebuju prevádzkou zariadenia, napr. ložisk, spojky, spojkových čapov a puzzier, ložiskových štitov, izolátorov v svorkovnici a tesnení a ďalších dielov (Hudeczek, 2011).

## Výsledky

V konkrétnom prípade sa jednalo o generálnu opravu. Činnosť vykonávala šesťčlenná skupina, jeden člen bol poverený vedením činnosti. Pred začatím prác bola vykonaná vizuálna obhliadka elektromotora a zmapovaný reálny stav elektromotora, prístupové a únikové cesty. Oprava elektromotora bola posúdená ako činnosť so zvýšeným rizikom, boli preto prijaté dve nápravné opatrenia a to stavba zábradlia a použitie prostriedkov osobného zabezpečenia pri otváraní a zatváraní poklopov. Osobné zabezpečenie predstavovalo bezpečnostný postroj a samonavíjacia kladka, istiacim bodom bolo zábradlie.

Pozorovaním sme zistili viaceré nezhody. Pri vlastnej činnosti formou nestranného pozorovania a partnerskej kontroly boli postupne mapované všetky činnosti a konfrontované s návodmi a bezpečnými pracovnými postupmi. Výsledkom je nasledujúca Tab 4.

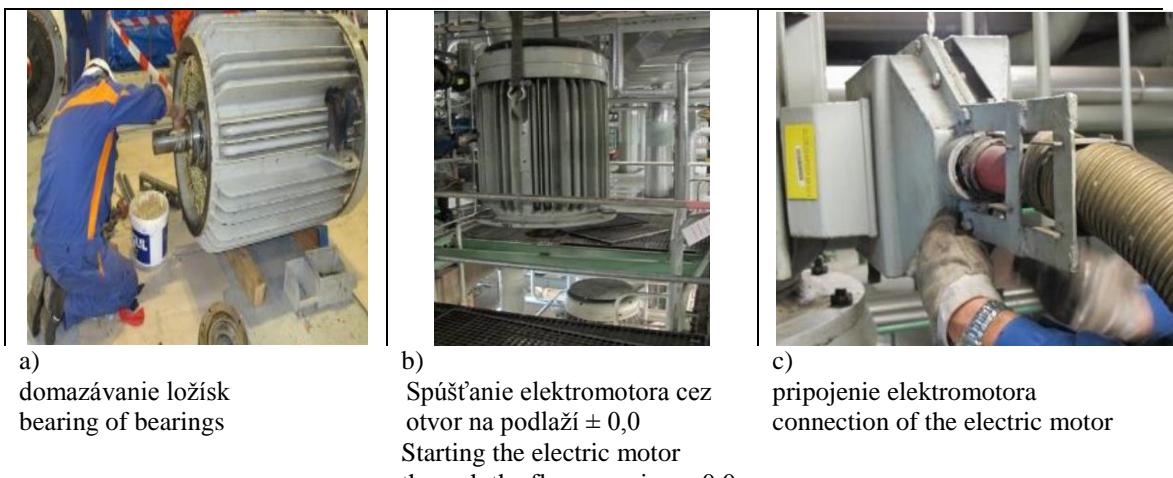
**Tab 4** Zistené nezhody pri oprave elektromotora a existujúce preventívne opatrenia (Tinák, 2015)

**Tab 4** Malfunctions detected in the repair of the electric motor and existing preventive measures (Tinák, 2015)

Číslo	Popis nezhody	Dôsledok	Existujúce opatrenia na prevenciu	Popis existujúcich opatrení
1.	Pri odkladaní roštov na podlaží $\pm 0,0$ m sa pracovník na podlaží – 3,5 m nachádzal priamo pod nimi.	zranenie pracovníka v dôsledku pádu roštu	ÁNO	odborná spôsobilosť – školenie viazačov bremien
2.	Pracovník, ktorý dával znamenia pri odkladaní a ukladaní motora na – 3,5 m, nemal výstražné označenie	prehliadnutie zamestnanca, nesprávne načasovanie operácií	ÁNO	odborná spôsobilosť – školenie viazačov bremien
3.	Pri demontáži spojky kvapkal hydraulický olej z hydraulického sťahováka	deštrukcia sťahováka	NIE	neexistujú opatrenia
4.	Nedodržanie stanoveného sledu činností podľa zákazky, neskôr meranie izolačných a ohnických odporov.	riziko predĺženia času opravy	ÁNO	Operácia v konkrétnej zákazke
5.	Po montáži nových ložísk pri ich domazávaní bol použitý nesprávny typ maziva	môže zapríčiniť prehrievanie ložiska a skratiť jeho životnosť	ÁNO	Technologický postup opravy motora
6.	Pracovníci nepoužívali momentové kľúče.	nedotiahnuté alebo príliš dotiahnuté spoje môžu mať za následok prehrievanie alebo mechanické poškodenie spojov	ÁNO	Je v meracom protokole

Z Tab 4 vyplynulo, že k bodu 3 neexistuje opatrenie, ktoré by zabezpečilo prevenciu pred zistenou nezhodou. V závere prebehla diskusia s pracovníkmi realizačnej skupiny. S niektorými nezhodami sa pracovníci stotožnili, ale z diskusie vyplynulo mnoho podnetných návrhov (Obr 6):

- a) Odkladanie rošťov na podlaží  $\pm 0,0$  m je zdľavé a nebezpečné. Po odložení rošťov je potrebné prekladať ľažké I – profily a vtedy hrozí nebezpečenstvo ich vyšmyknutia a pádu do hlbky alebo úrazu pracovníkov.
- b) Absentuje množstvo akumulátorového náradia pri povoľovaní a dotahovaní matíc.
- c) Množstvo prác sa vykonáva na kolenách, čo je fyzicky veľmi namáhavé.
- d) Chýba kolíska na otáčanie motora. Situácia, keď sa motor z horizontálnej polohy zdvíha do vertikálnej (a opačne) pomocou dvoch žeriaľových hákov, nie je bezpečná.



**Obr 6** Činnosti pri oprave elektromotoru  
**Fig 6** Electric motor repair activities

Spätná väzba od pracovníkov bola cenným zdrojom informácií, na základe ktorého bolo možné identifikovať a odstrániť skryté chyby, ktoré by za iných okolností mohli zapríčiniť rozvoj udalosti. Vyhodnotenie práce po jej skončení, ako jedna z metód koučingu, umožnila získať informácie na zefektívnenie existujúcich pracovných postupov a metód.

## Záver

Dôležitými podmienkami pre dobre vykonanú údržbu zariadenia sú vhodne spracované interné predpisy, technologické postupy a zákazky. Avšak ani dokonalý predpis nezaručí bezchybnú opravu, pokiaľ ho pracovníci nebudú dodržiavať.

Koučingom a pozorovaním postupu prác bolo zistené, že ľudský činitel zlyhal vo viacerých prípadoch opravy elektromotora. Diskusiou a vyhodnotením priebehu prác boli identifikované ľudské zlyhania, ktoré mali aj objektívne príčiny. Boli navrhnuté viaceré nápravné opatrenia. Potvrdila sa dôležitosť preškolovania viazačov v rizikových prácach - pri vertikálnom presune zariadení cez viac ako jedno podlažie. Brífing vedúcim zamestnancom na začiatku výkonu prác môže zabezpečiť správny sled činností pri oprave, použitie správneho náradia, vhodný spôsob mazania ložísk podľa technologického reglementu, používanie momentových kľúčov s predpísaným momentom uťahovania. Bola zistená aj organizačná nezhoda, kvapkovajúci olej z hydraulického stahováka. Preto bol podaný návrh na doplnenie organizačnej smernice a určenie osoby zodpovednej za stav náradia.

Vzájomnou konfrontáciou sa zvýšilo sebauvedomanie pri vykonávaných činnostiach, čím je predpoklad skvalitnenia práce a zníženie chybovosti, zapríčinenej ľudským zlyhaním, ktorá pri rizikových prácach môže mať následky aj na zdraví zamestnancov.

Kvalita jednotlivých výkonov a dozoru, dodržiavanie noriem a očakávaní, efektívnosť administratívnych procesov, postupov a odbornej prípravy, ako aj stav zariadení a kultúra bezpečnosti organizácie vyžadujú nepretržitý dohľad. Pozorovania v teréne poskytujú manažérom a vedúcim pracovníkom aj schopnosť merať efektívnosť zvyšovania spoľahlivosti. Tieto pozorovania v reálnom čase umožňujú:

- priamo vidieť skutočné podmienky na pracovisku a praktiky zamestnancov,
- zamestnancom poskytnúť spätnú väzbu,
- odhaliť organizačné a programové slabosti súvisiace s podporou pracovných činností v teréne,
- posilniť organizačnú orientáciu na očakávania a hodnoty,
- zdokumentovať kľúčové aspekty (faktorov organizácie) vrátane okamžite vykonaného kroku (na zvýšenie efektívnosti organizácie).

Záznamy z údajov z pozorovaní pomáhajú zisťovať zdanlivo nevýznamné skutočnosti, ktoré by mohli viesť k významnejším problémom. Skúsenosť ukázala, že príčiny nezávažných udalostí sú podobné príčinám udalostí, ktoré majú závažné dôsledky. Identifikácia a včasná náprava slabých riadiacich nástrojov a bariér a nebezpečných/rizikových praktík môžu zabrániť závažným udalostiam. Zaznamenávanie pozorovaných problémov spoľahlivosti pomáha manažérom a vedúcim identifikovať cieľové oblasti, ktoré je počas pozorovaní v budúcnosti potrebné sledovať. Práve tak ako zamestnanec potrebuje spätnú väzbu ohľadom jeho spoľahlivosti, aj jednotlivci vykonávajúci pozorovania môžu mať prospech zo spätej väzby na to, ako dobre vykonávajú pozorovanie a koučovanie.

## Poděkovanie

Príspevok vznikol s podporou grantu Grant Agency KEGA č. 014UKF-4/2016.

## Literatúra

- Fleming, R., Baum, A., Gisriel, M. M., & Gatchel, R. J. 1982. Mediating influences of social support on stress at Three Mile Island. *Journal of Human stress*, 8, 3, 14-23.
- García-Herrero, S., Mariscal, M. A., Gutiérrez, J. M., & Toca-Otero, A. 2013. Bayesian network analysis of safety culture and organizational culture in a nuclear power plant. *Safety science*, 53, 82-95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.09.004>
- Gertman, D., Blackman, H., Marble, J., Byers, J., & Smith, C. 2005. The SPAR-H human reliability analysis method. [online] US Nuclear Regulatory Commission. [online] Available in: <https://www.nrc.gov/readings-rm/doc-collections/nuregs/contract/cr6883/cr6883.pdf>
- Grenčík a kol. 2013. Manažérstvo údržby (Synergia teórie a praxe). 1.vydanie. Košice: BEKI design, 2013. s. 629. ISBN 978-80-89522-03-3
- Havelka, J., Dresler, J., JÍLEK, V. 1995. Montáž, údržba a opravy elektrických strojov točivých. 1.vydanie. Praha: STRO.M, 1995. s. 231
- Horbaj, P. 2005. Súčasný stav jadrovej energetiky v Slovenskej republike a vo svete. *AT&P journal* 10/2005.
- Hudeczek, M. 2011. Zvyšování spolehlivosti asynchronných elektromotorov včetne poháněných strojů (Technická diagnostika). 1.vydanie. Albrechtice: Hudeczek Servise. s. 299. ISBN 978-80-905032-0-5.
- IAEA a) Fundamental safety principles. Safety Standards SF-1 IAEA 2008. [online] [cit. 2018-04-30]. Dostupné na: <http://www.ujd.gov.sk/>
- IAEA b) Safety Standards Series No. NS-G-2.6, Maintenance, Surveillance and In-service Inspection in Nuclear Power Plant, IAEA, Vienna (2002). [online] [cit. 2018-04-30]. Dostupné na: <http://www.ujd.gov.sk/>

- Iida, T. 2013. Fukushima nuclear disaster. *Sustainable energy*, 84.
- Joskow, P. L., & Parsons, J. E. 2012. The future of nuclear power after Fukushima. [online] *Economics of Energy & Environmental Policy*, 1(2), 99-114. [cit. 2018-04-29] Dostupné na: <http://cepr.mit.edu/files/papers/2012-001.pdf>
- Karasev, V.A., Roitman, A.B. 2004. Prevention of machine strength failures by vibrodiagnostic methods. Springer 4/12, p. 1672-1676. ISSN 1573-9325.
- Marková, I., Očkajová, A. 2018. Hodnotenie rizika drevných prachov v pracovnom a životnom prostredí [elektronický zdroj] rec. Anton Osvald, Zuzana Giertlová, Jozef Lauko. - 1. vyd. - Banská Bystrica : Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela - Belianum, 2018. ISBN 978-80-557-1391-5
- Mentlík, V., et al. 2008. Diagnostika elektrických zařízení. Praha: BEN - technická literatura, 440 p. ISBN 978-80-7300-232-9
- Paleček M a kol. 2008. Spolehlivost lidského činitele. Praha. ISBN 978-80-86973-28-9
- Perrow, C. 1984. Normal accidents: Living with high-risk technologies. New York: Basic Books.
- Reason J. 1990. Human error. 1. vydanie. Cambridge : Cambridge University Pres. ISBN 0-521-31419-4
- Saha, T. K. 2003. Review of Modern Diagnostic Techniques for Assessing Insulation Condition in Aged Transformers. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*. Vol. 10/5 p. 903-917. ISSN 1070-9878.
- Simopoulos, S. E., & Agelopoulos, M. G. 1991. Deposition measurments in Europe after the Chernobyl accident and comparison with the Greek NTUA data set. In *Workshop on the Long term follow up of the Chernobyl Disaster*, Athens, Greece (pp. 6-8).
- STN EN 13 306: 2011, Údržba. Terminológia.
- Tinák, J. 2015. Údržba elektromotorov a ich prevádzková bezpečnosť v podmienkach atómových elektrární.[Bakalárska práca]. Nitra: PF UKF, 2015. 59 s.
- Turek, L. 2012. *Štúdium cieľov a princípov jadrovej bezpečnosti v súvislosti s najvýznamnejšími udalosťami jadrovej energetiky*. (Deponované MtF STU v Trnave). 134 s.
- Tureková, I. 2016. *Evaluation of human reliability by methods of observation and coaching in the maintenance process*. INTED 2016. IATED Academy, 2016. , p. 752-761. ISBN 978-84-608-5617-7.
- Verma, A. K., Ajit, S., & Karanki, D. R. 2010. Reliability and safety engineering (Vol. 43, pp. 373-392). London: Springer.
- Vyhláška MPSVaR 508/2009 Z. z. ktorou sa ustanovujú podrobnosti na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci s technickými zariadeniami tlakovými, zdvívacími, elektrickými a plynovými a ktorou sa ustanovujú technické zariadenia, ktoré sa považujú za vyhradené technické zariadenia v znení neskorších predpisov
- Vyhláška ÚJD SR 431/2011 Z. z. o systéme manažérstva kvality

## BIONICS – INSPIRATION IN NATURE FOR NEW ADSORBENTS DESIGN AND THEIR POTENTIAL IN PHARMACEUTICALS REMOVAL

### BIONIKA - INŠPIRÁCIA V PRÍRODE PRE NOVÉ ADSORBENTY A ICH POTENCIÁL V ODSTRAŇOVANÍ FARMACEUTICKÝCH LÁTOK

*Eva Chmielewska*

Prof. Ing. Eva Chmielewska, CSc., Faculty of Natural Sciences, Department of Environmental Ecology, Comenius University, Mlynská dolina B2, 842 15 Bratislava, Slovak Republic,

\*Corresponding author: [chmielewska@fns.uniba.sk](mailto:chmielewska@fns.uniba.sk)

DOI <http://dx.doi.org/10.24040/actaem.2018.20.1.89-96>

**Abstract:** According to a new definition, zeolites are clathrates or inclusion compounds, able to host various guest substances in their versatile structure. The most industrially used natural zeolite is clinoptilolite. Materials designed using components derived from biological sources such as collagen, chitosan, three-dimensional polymeric hydrogels like surfactants, alginate, plant proteins and polysaccharides have been investigated thoroughly for use in environmental remediation. These biomaterials possess some advantages over their synthetic counterparts, such as their capability to be environmentally viable and thus recognized by the living microenvironment. Using mostly biomimetic sol-gel method, we also prepared the octadecylammonium (ODA surfactant) coated zeolite, chitosan and alginate composed zeolites as well as lately iron oxihydroxide immobilized zeolite, which showed improved adsorption properties to broaden range of pollutants. Prophylaxis antibiotic (cefazoline) removal using the aqueous solutions and stationary (batch) system at laboratory was applied to compare several adsorbents like native, ODA- and carbonized zeolite (clinoptilolite tuff), montmorillonite, German commercial GEH, active coke and beringite. The best performance in cefazoline uptake proved especially carbon rich adsorbents and ODA-zeolite.

**Keywords:** biomaterials, zeolite, clinoptilolite tuff, pharmaceuticals, water pollution, cefazoline, biomimetics

**Abstrakt:** Podľa novej definície sú zeolity klatráty alebo inkluzívne zlúčeniny, schopné vo svojej rozmanitej štruktúre zachytávať rôzne hostujúce látky. V priemysle najviac využívaným zeolitom je klinoptilolit. Pri environmentálnej remediacii sa spravidla využívajú materiály odvodené resp. získané z biologických zdrojov ako kolagén, chitosan, trojrozmerné polymérne hydrogely ako povrchovo aktívne látky (tenzidy), algináty, rastlinné proteíny a polysacharidy. Oproti ich syntetickým analógom, majú prírodné produkty mnohé prednosti, pretože sú kompatibilné a znášanlivé s biotou. Pomocou biomimetickej sol-gélovej metódy sme aj my v laboratóriu pripravili ODA (oktadecylammónny) – zeolit, chitosan – a alginátový kompozit so zeolitovou matricou ako aj FeO(OH) – zeolit, ktoré sa prejavili k špecifickým polutantom vôd s vyššou účinnosťou. V podmienkach stacionárneho režimu sme overili účinnosť odstraňovania antibiotika cefazolínu z modelových roztokov na niektorých adsorpčných materiáloch ako prírodný, ODA- a karbonizovaný zeolit (klinoptilolitový tuf), montmorillonit, granulovaný oxohydroxid GEH, aktívne uhlie a beringit. Najvyššiu kapacitu k cefazolínu prejavili obzvlášť uhlíkaté adsorbenty a ODA-zeolit.

**Kľúčové slová:** biomateriály, zeolit, klinoptilolitový tuf, farmaceutiká, znečistenie vôd, cefazolín, biomimetika

## INTRODUCTION

Current industrial adsorbents consist of a broad variety of chemical substances and different geometrical structures. In today's society also environmental requirements are becoming of great importance since there is an increased interest in the industrial use of renewable resources. "Green" designates in a novel advanced adsorbent fabrication to adopt from a Nature bioinspiring (basically polysaccharide) materials and by the synthesis to mimic the exceptional features of natural species with their impressive behaviour (Biomimetic Materials Chemistry. 1996, Behrens and Bauerlein, 2007).

Actually, biopolymers present fascinating templates for creating bioinorganic materials, e.g. starch that is stored in plants, meets all the required criteria. Combined with the traditional chemical techniques, the biopolymer assisted synthesis may prove promising route how to prepare a „new generation“ of biomimetic adsorbents guiding oriented growth of organic substances on the surface. Some interesting remarks of living cells base on excretion of biogenic surfactants or specific biopolymeric acids like alginic acid and their salts. Alginate is a copolymer of the isomers manuronate and guluronate acids enabling the dense packing of submicrometer-sized particles in suspensions in order to enhance their colloidal stability (Biomimetic Materials Chemistry. 1996, Chmielewska, Xu, 2015, Behrens and Bauerlein, 2007).

To promote the zeolite performance and to prepare more effective adsorbent for specific post-treatment processes, flexible component, i.e. alginate with a rigid component (powdered) zeolite was crosslinked using Fe(III) and Ca(II) ions. While incorporated Fe(III) cations in new adsorbent were responsible for electrostatic interactions "oxyanionic pollutants vs. biopolymer pelletized zeolite", Ca ions were responsible for exchange of metallic cations. Finally, such as alginate-zeolitic adsorbent showed during examination its adsorption capacity towards metallic pollutants considerably enhanced (Chmielewska, Xu, 2015)

Using the hydrophilic, expandable and permeable hydrogels with low interfacial tension for the novel adsorbent synthesis, substances which resemble to soft living tissues, is another excellent example for advanced surface treatment strategy how to enhance clinoptilolite tuff performance. Various aspects regarding above mentioned surfactant octadecylammonium (ODA) clinoptilolite have been reviewed and highlighted in literature (Chmielewska, Xu, 2015, Altshuller,d 1999, Favret, Fuentes, 2009)..

Iron oxides are effective, low cost adsorbents for heavy metals and radionuclides removal, respectively. Their sorption process is mainly controlled by complexation. When their particle size is reduced to below 20 nm, the adsorption capacity increases by 10 to 100 times, suggesting a „nanoscale effect“. While nanomaterials embedded in a solid matrix like zeolite may expect minimum release into the environment, research is needed to develop simple, low cost technique to immobilize nanomaterials without significantly impacting their adsorption performance. Based upon the encouraging results of Slovakian natural clinoptilolite producer, achieved recently, and simultaneously necessity to immobilize a nanosized iron oxide onto solid surfaces, we study various routes how to prepare environmentally viable as well as economically feasible adsorbent with zeolite matrix (Altshuller,d 1999, Favret, Fuentes, 2009).

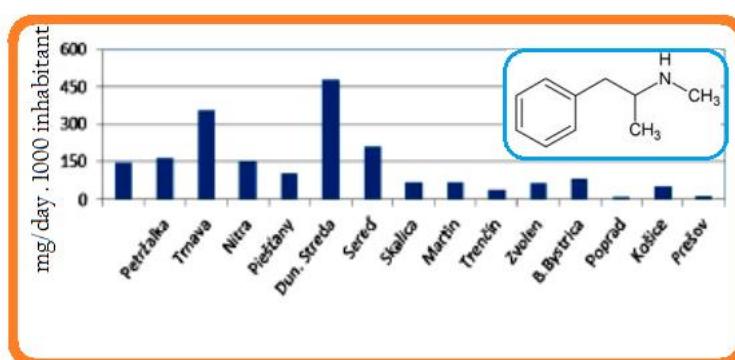
## EMERGING CONTAMINANTS IN ENVIRONMENT

Pharmaceuticals, as today called emerging contaminants ( ECs), can enter the environment by a number of pathways and can be further distributed to various environmental media. One prominent pathway could be the use of wastewater sludge or waste water for field fertilization and irrigation. In water environments, a large variety of these compounds and their metabolites

have been detected and also soil could be an important source of water contamination (Petrie et al. 2015, Sabourin et al., 2012, Ort et al. 2010 a, Miao et al. 2005).

The presence and distribution of pharmaceuticals in the soil via land application are far from known because of a lack of appropriate methodologies. Liquid chromatography combined with mass spectrometry (LC-MS) or with tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) is popular techniques currently being used in pharmaceutical analyses. The latter allows detection of extremely low concentrations (ng/L or ng/g) of these compounds in various complex liquid or solid matrices.

The presence of ECs in the environment is mainly attributed to the discharge of treated wastewater from water treatment facilities. Conventional secondary processes (activated sludge and trickling filters) represent the most extensively used and studied processes. An increase in drug use may be anticipated during music festivals, public holidays, major sporting events and by students during exam periods (Petrie et al., 2015, Sabourin et al., 2012, Ort et al., 2010, Miao et al., 2005) However, above mentioned bioprocesses are not designed to remove ECs resulting in their discharge to receiving surface waters including rivers, lakes and coastal discharge. E.g. during anaerobic digestion, biosolids (or treated sludge) are generated. These are often applied to agricultural land as a fertiliser in many countries. Despite lengthy digestion (in average 4 weeks) and outdoor storage for up to six months following treatment, some ECs have shown to persist.



**Fig 1** Methamphetamine consumption in Slovakian towns (Mackulák et al., 2014)

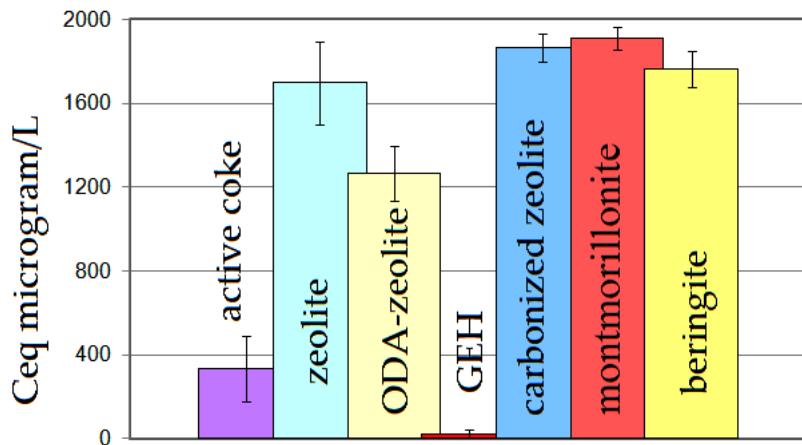
The presence of these chemicals in the environment is more serious considering that they do not appear individually, but as a complex mixture, which could lead to unwanted synergistic effects. Parent chemicals are often excreted from the human body also with a number of associated metabolites. As an example, the ibuprofen is excreted as the unchanged drug. Approximately 70 pharmaceuticals, belonging to a variety of therapeutic classes, have been reported only in UK waters (Petrie et al., 2015). The analgesic tramadol has been observed in river water at the highest concentration up to a maximum of 7731 ng /L (Petrie et al., 2015, Heal et al., 2013). The hallucinogen 3,4-methylenedioxymethamphetamine (MDMA) and the stimulant cocaine have been observed in river water at concentrations of 25 and 17 ng /L, respectively (Petrie et al., 2015, Gottschalk et al., 2009, European Chemicals Bureau, 2014, European Protection Agency, 2014). To date more than 200 different pharmaceuticals alone have been reported in river waters globally, with concentrations up to a maximum of 6.5 mg /L for the antibiotic ciprofloxacin (Petrie et al., 2015, Heal et al., 2013, Gehrke et al., 2015).

Methamphetamine (locally called pervitin) is an extremely addictive stimulant drug that is chemically similar to amphetamine (Mackulák, T. et al. 2014). It takes the form of a white, odorless, bitter-tasting crystalline powder. Methamphetamine is taken orally, smoked, snorted, or dissolved in water or alcohol and injected. Smoking or injecting the drug delivers it very quickly to the brain, where it produces an immediate, intense euphoria. According to monitoring provided by the national water authorities and researchers, consumption of this chemical in Czech and Slovak Republics belongs to the highest in the world (Fig 1) (Mackulák, T. et al. 2014).

## **AN ATTEMPT TO REMOVE ANTIBIOTICS BY POLISHING OR POSTTREATMENT OF WATER USING THE ADSORPTION**

Nevertheless, removal of environmental pollutants released or discharged over a vast area of the world, require preferentially relatively cheap, cost effective or economically viable technology. Current treatment processes for contaminated waste streams used to consist mostly from chemical precipitation, membrane filtration, ion exchange or adsorption. Among those different techniques, adsorption based processes have drawn much interest even in past due to the relatively simple approach for the removal of plenty of environmental pollutants. Activated carbon, clay minerals, biomass, natural zeolites and even some industrial solid waste have been widely used as adsorbents for removal of ions and organics out of contaminated waters. On the base of the excellent selectivity of natural zeolites to different adsorbates as well as worldwide abundance of these precious tuffaceous materials, their utilization in environmental cleanup technologies became since 1960's popular. Most of the reported applications of natural zeolites in the past decades have focused on the removal of ammonium and heavy metals. Nevertheless, the unique chemical and structural characteristics of natural zeolites made them appropriate for multitude environmental applications, where effectiveness and low cost of materials are needed (Chmielewská, 2014). Today, some update or plenty zeolitic applications related to water treatment and purification processes are available by hundreds. However, recent literature reports the state of the art mainly in zeolite surface modification using the hydrophobization (sol-gel technique for coating the zeolitic surface by different surfactants, moreover with zero valent iron ZVI-addition), metal doping or peletization of zeolite matrices with some biopolymeric eco-friendly carbohydrates. Since the last decade by our investigations, several new surface modified or hybridized zeolite adsorbents have been successfully synthesized whose performance and favourable, much extended adsorption properties towards aqueous pollutants have been achieved.

In general for water and wastewater treatment, a significant majority of recent developments relate to biological processes and treatment technologies using advanced adsorption and filtration media. Adsorption is the capability of all solid substances to attract to their surfaces molecules of gases or solutions with which they are in close contact. Due to their high specific surface area, especially nanoadsorbents show a considerably higher rate of adsorption for organic compounds compared with granular or powdered activated carbon. They have great potential for novel, more efficient, and faster decontamination processes aimed at removal of organic and inorganic pollutants like heavy metals and micropollutants (Gehrke et al., 2015).



**Fig 2** Average equilibrium concentrations of cefazoline removal onto some selected adsorption materials

Nanometals and zeolites benefit from their cost-effectiveness and compatibility with existing water treatment systems since they can be implemented in pellets and beads for fixed absorbers. Evidently, the photocatalytic degradation of organic pollutants incl. ECs by TiO<sub>2</sub> supported solid matrices belong to the latest progress in field (AOP). Titanium dioxide has been widely used as photocatalytic material in removal of toxic chemicals from waters, but due to its fine sized grains (4-30 nm), it aggregates rapidly by losing efficiency. TiO<sub>2</sub> is not porous and its surface exhibits polar property, however as immobilized on porous solids (semiconductor graded solids) using mostly the sol-gel route, provides higher specific surface area and facilitates more effective adsorption sites than bare TiO<sub>2</sub> (Bhatnagar, 2013, Ternes et al. 2002).

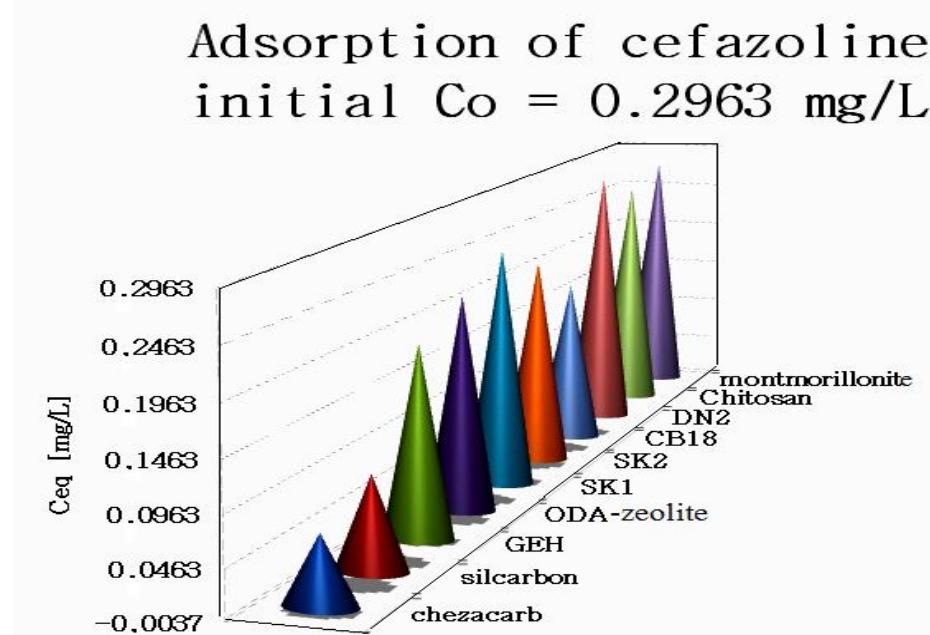
Prophylaxis antibiotic (cefazoline) removal using the aqueous solutions and stationary (batch) system at laboratory was applied to compare several adsorbents like native, ODA- and carbonized zeolite (clinoptilolite-rich tuff), montmorillonite, German commercial GEH, active coke and beringite (Fig 2). Aqueous model solutions of cefazoline were analysed by means of Diode Array (UV-VIS) Spectrometer Hewlett Packard 8452A at the wavelength 272 nm.

Cefazoline is an antibiotic used for the treatment of a number of bacterial infections. The drug is usually administered by either injection into a muscle or into a vein. It is on the World Health Organization's List of Essential Medicines - the most important medications needed for a basic health system (Tab 1b).

According to above graphical plot, the highest capacity towards cefazoline showed GEH and active coke, however also ODA-surfactant coated zeolite exhibited acceptable uptake performance. Beringite is basically aluminium silicate rock made up of albite, barkevite and orthoclase. Fig.3 presents some broader range of selected adsorbents for examination of cefazoline uptake. German provenience silcarbon, industrial ashes chezacarb (amorphous carbon) from Chemopetrol Litvínov (Czech Republic), German granulated ferric hydroxide (GEH) with the main components of akaganeite ( $\beta$ -FeOOH) and goethite [ $\alpha$ -FeO(OH)], montmorillonite from the deposit in Slovak Republic, obtained from the rock after sedimentation and purification procedures and commercial Happy End (Great Britain), mostly natural resources derived and mixed products denoted as SK1, SK2, DN2 and CB18 were compared. The SK1 and SK2 contain the mixture of cellulose, calcium carbonate and clays, while DN2 is manufactured mainly from natural silicate resources based on the former

commercial Absodan and CB18 means a high quality peat (Tab 1a). Peat contains lignin, cellulose, fulvic and humic acids as major constituents that bear polar functional groups, such as alcohols, aldehydes, ketones, phenolic hydroxides and ethers, using them in chemical bonding (Chmielewská, 2014).

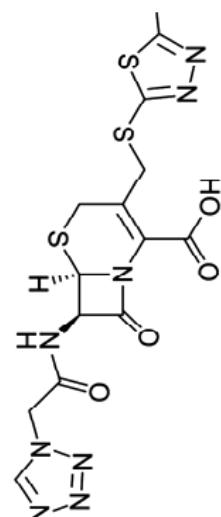
According to Fig 2 and Fig 3 the ODA-zeolite has among the other described mostly commercial and costly products in the removal efficiency for an unpolar heavily substituted carboxylic acid cefazoline competitive position (Tab 1b). As can be seen, carbon based adsorbents (chezacarb and silcarbon) proved the best removal performance beside the GEH and ODA-zeolite while for cefazoline removal the Happy End products under SB18 (peat) was moreover preferred.



**Fig 3** A broader range of selected adsorbents for examination of cefazoline uptake (Chmielewská and Xu, 2015)

**Tab 1** Commercial products Absodan and Spilkleen manufactured from natural materials and applied for a) cefazoline removal; b) structure formula of cefazoline (Chmielewská, 2014)

	SK1 denotes a mixture of natural resources, mostly the cellulose, calcium carbonate and clays
	Spilkleen SK2 is a commercial product similar like SK1
	CB18 means a high quality peat
	DN2 is manufactured mainly from natural silicate resources based on the former commercial Absodan



## CONCLUSIONS

The presence of pharmaceuticals (ECs) in the environment has been a topic of concern. Most environmental data focus on the occurrence, fate, and transport of these compounds in wastewater or receiving waters. Their presence in source waters and drinking water is particularly problematic as this pathway represents a vector for human exposure. Several promising options for the pharmaceutical removal from water are available, and many technologies employ an advanced oxidation process (AOP). AOPs have been shown to be better suited for removing recalcitrant pharmaceuticals from water as compared to conventional treatment processes (Muthanna, 2017, Xinbo et al., 2016)

Although numerous adsorbents have been developed and examined in water treatment, their potential needs to be further assessed on pilot scale with real surface/ground water or/and wastewater. Development of some synthetic, hybrid and nano-scale adsorbents show high efficiency towards specific pollutants removal, but more research is needed prior to their use in full-scale application in water and wastewater treatment.

At last but not least has to be mentioned the development of wastewater treatment systems using oyster shells as the biological growth media that prove enhanced affinity to microorganisms or for even trace concentrations of ECs in water, development of biomimetic adsorbents imitating lipids from white whales, arctic wolves, South African fur seals, marketable fish and mussels, based on high accumulation affinity of organism's lipids towards ECs.

## Acknowledgment

This project is supported by the APVV agency of Slovakia under the code: SK-SRB-2015-0001 – Zeolite-based adsorbents for environmental remediation.

## REFERENCES

- Altshuller, G. 1999. *The innovation algorithm, TRIZ, systematic innovation and technical creativity*. Technical Innovation Center Inc., Worcester, Massachusetts, USA, 1999.
- Behrens, P., Bauerlein, E. (Eds.) 2007. *Handbook of Biomineralization, Biomimetic and Bioinspired Chemistry*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim 2007, 415 p. ISBN: 978-3-527-31805-6.
- Bhatnagar, A. 2013. *Application of adsorbents for water pollution control. A note on the advances in adsorption technology for water treatment: Progress and challenges*. eISBN 978-1-60805-269-1, 523-528, Bentham Sci.Publ. Ltd., 2013.
- Biomimetic Materials Chemistry. S. Mann (Ed.) John Wiley & Sons, Inc. Bath (United Kingdom) 1996, 383 p. ISBN: 1-56081-669-4.
- European Chemicals Bureau. Technical Guidance Document on Risk Assessment. [online] Dublin, UK: Institute for Health and Consumer Protection, European Commission; 2003. Accessed July 24, 2014. [cit. 2017-12-22] Available from: [http://echa.europa.eu/documents/10162/16960216/tgdpart2\\_2ed\\_en.pdf](http://echa.europa.eu/documents/10162/16960216/tgdpart2_2ed_en.pdf).
- European Protection Agency. Office of Research. Nanomaterial case study: nanoscale silver in disinfectant spray. EPA/600/R-10/081F, 2012. [online] Accessed July 24, 2014. [cit. 2017-12-22] Available from: <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=24166>
- Favret, E.A., Fuentes, N.O. 2009. *Functional Properties of Bio-Inspired Surfaces, Characterization and Technological Applications*, © World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 416 p, 2009
- Gehrke, I., Geiser, A., Somborn-Schulz, A. 2015. *Innovations in nanotechnology for water treatment. Nanotechnology, Science and Applications*. Dovepress 2015, 8 1–17.
- Gottschalk, F., Sonderer, T., Scholz, R.W., Nowack B. 2009. Modeled environmental concentrations of engineered nanomaterials (TiO<sub>2</sub>, ZnO, Ag, CNT, fullerenes) for different regions. *Environ Sci Technol*. 2009, 43, 9216–9222. DOI:10.1021/es9015553

- Heal, D.J., Smith, S.L., Gosden, J., Nutt, D.J., 2013. Amphetamine, past and present a pharmacological and clinical perspective. *J. Psychopharmacol.* 27, 479e496. <http://dx.doi.org/10.1177/0269881113482532>.
- Chmielewska, E. 2014. *Environmental zeolites and aqueous media. Examples of practical solutions*. Bentham Science Publishers (Bentham eBooks), 2014. 220 p. ISBN: 978-1-60805-933-1. Available on: <http://ebooks.benthamscience.com/book/9781608059324>.
- Chmielewska, E.; Xu, F. Functional gradient adsorbents processed with biogenic components for ecologically benign water purification, *Current Green Chemistry*, 2015, 2(4), 362-370. DOI: 10.2174/221334610204151028111435
- Mackuľák, T. et al. 2014. National study of illicit drug use in Slovakia based on wastewater analysis. *Sci. Total Environment* 494(2014), 158-165. DOI: doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.06.089
- Miao, X.-S., Yang, J.-J., Metcalfe, C.D., 2005. Carbamazepine and its metabolites in wastewater and in biosolids in a municipal wastewater treatment plant. *Environ. Sci. Technol.* 39, 7469e7475. <http://dx.doi.org/10.1021/es050261e>
- Muthanna J. A. 2017. Adsorption of quinolone, tetracycline, and penicillin antibiotics from aqueous solution using activated carbons. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 50, 1-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.etap.2017.01.004>
- Ort, C., Lawrence, M.G., Reungoat, J., Mueller, J.F., 2010a. Sampling for PPCPs in wastewater systems: comparison of different sampling modes and optimization strategies. *Environ. Sci. Technol.* 44, 6289e6296. <http://dx.doi.org/10.1021/es100778d>
- Petrie, B., Barden, R., Kasprzyk-Hordern, B. A. 2015. The review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: Current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. *Water Research* 72 (2015) 3 – 27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.08.053>
- Sabourin, L., Duenk, P., Bonte-Gelok, S., Payne, M., Lapen, D.R., Topp, E., 2012. Uptake of pharmaceuticals, hormones and parabens into vegetables grown in soil fertilized with municipal biosolids. *Sci. Total Environ.* 431, 233e236. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.05.017>
- Ternes, T.A., Meisenheimer, M., Mc Dowell, D., Sacher, F., Brauch, H.J., Haist-Gulde, B., Preuss, G., Wilme, U., Zulei-Seibert, N. 2002. Removal of pharmaceuticals during drinking water treatment. *Environ. Sci. Technol.* 2002, 36, 3855-3863. DOI: 10.1021/es015757k
- Xinbo Zhang, Wenshan Guo, Huu HaoNgo, Haitao Wen, Nan Li, WeiWu. 2016. Performance evaluation of powdered activated carbon for removing 28 types of antibiotics from water. *J. Environmental Management* 172, 193 – 200. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.02.038

# PREDBEŽNÝ MODEL ROZPTYLU BODOVÝCH A FUGITÍVNYCH EMISIÍ TUHÝCH ZNEČISŤUJÚCICH LÁTOK Z VÝROBY DREVNÝCH PELIET

## PRELIMINARY MODEL OF DISPERSION OF FUGITIVE AND POINT EMISSIONS OF PARTICULATE MATTER SOURCES FROM WOOD PELLETS PRODUCING

*Emília Hroncová, Juraj Ladomerský*

doc. Ing. Emília Hroncová, PhD., prof. Mgr. Juraj Ladomerský, CSc., Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, e-mail: emilia.hroncova@umb.sk; [juraj.ladomersky@umb.sk](mailto:juraj.ladomersky@umb.sk)

DOI <http://dx.doi.org/10.24040/actaem.2018.20.1.101-108>

**Abstrakt:** V tomto príspevku sa zameriavame na znečisťovanie pracovného ovzdušia a vonkajšieho ovzdušia ultrajemnými a respirabilnými časticami pri výrobe drevených peliet o maximálnej spotrebe pilín na výrobu peliet 18,5 ton/deň. Navrhnutým predbežným modelom hodnotíme ako fugitívne a bodové emisie PM<sub>10</sub> (a PM<sub>2,5</sub>, alebo TSP) môžu ovplyvniť čistotu ovzdušia v blízko stojacej obytnej budove (do 50 m). Predbežným modelom bola zistená teoreticky najvyššia hodnota hmotnostnej koncentrácie 38,1 µg.m<sup>-3</sup> respirabilnej frakcie na atike najbližšej obytnej budovy (vo vzdialosti 42 m od zdroja), pričom najväčším príspevkom sa na tom podielajú fugitívne emisie 37,6 µg.m<sup>-3</sup>. Tieto hodnoty by sa dosiahli pri rýchlosi vetra 4 m.s<sup>-1</sup> vo výške 10 m, prúdiacom v smere od zdroja presne k sledovanej obytnej budove. Požiadavky kvality ovzdušia sú splnené, napriek tomu obyvatelia majú pocit silne znečisteného ovzdušia. Následne bude predbežný model verifikovaný reálnymi meraniami, simuláciou a ďalej spresňovaný.

Kľúčové slová: znečisťovanie ovzdušia, emisie, výroba peliet, PM, model

**Abstract:** V tomto príspevku sa zameriavame na znečisťovanie pracovného ovzdušia a vonkajšieho ovzdušia ultrajemnými a respirabilnými časticami pri výrobe drevených peliet o maximálnej spotrebe pilín na výrobu peliet 18,5 ton/deň. Navrhnutým predbežným modelom hodnotíme ako fugitívne a bodové emisie PM<sub>10</sub> (a PM<sub>2,5</sub>, alebo TSP) môžu ovplyvniť čistotu ovzdušia v blízko stojacej obytnej budove (do 50 m). Predbežným modelom bola zistená teoreticky najvyššia hodnota hmotostnej koncentrácie 38,1 µg.m<sup>-3</sup> respirabilnej frakcie na atike najbližšej obytnej budovy (vo vzdialosti 42 m od zdroja), pričom najväčším príspevkom sa na tom podielajú fugitívne emisie 37,6 µg.m<sup>-3</sup>. Tieto hodnoty by sa dosiahli pri rýchlosi vetra 4 m.s<sup>-1</sup> vo výške 10 m, prúdiacom v smere od zdroja presne k sledovanej obytnej budove. Požiadavky kvality ovzdušia sú splnené, napriek tomu obyvatelia majú pocit silne znečisteného ovzdušia. Následne bude predbežný model verifikovaný reálnymi meraniami, simuláciou a ďalej spresňovaný.

Key words: air pollution, emission, production of pellets, PM, model

## Úvod

Mechanické procesy spracovania surovín sú vo väčšine prípadov príčinou emisií hrubých častíc o rozmeroch častíc menších  $10 \mu\text{m}$ , označovaných ako  $\text{PM}_{10}$ , ale aj častíc o rozmeroch väčších ako  $10 \mu\text{m}$ , ktoré sú súčasťou celkových emisií tuhých znečistujúcich látok, označovaných ako TSP. V týchto prípadoch je z hľadiska znečisťovania ovzdušia a ich vplyvu na zdravie človeka dôležitá ich hmotnostná koncentrácia ( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) v ovzduší. Iné procesy, najmä vysokoteplotné spaľovanie, zváranie, hutnícke procesy a pod., môžu byť zdrojom emisií ultrajemných častíc ( $\leq 0,1 \mu\text{m}$ ), ktoré sú označované ako UFP. Ultrajemné častice vznikajú hlavne nukleáciou, chemickou reakciou plynnych látok za vznikú tuhej látky, alebo evaporáciou. Principálne nie je vylúčená ani ich tvorba pri mechanických procesoch ako sú mletie, brúsenie, rezanie alebo leštenie, ale sú to menej preskúmané dejey (Zimmer and Maynard, 2002).

O mnohých zdrojoch znečisťovania ovzdušia, hlavne v menších výrobných jednotkách, ktoré sú situované v blízkosti obytných sídiel, nemáme dostatočne podrobny prehľad o ich vplyve na človeka. Takto výrobou je napr. výroba peliet, ktorú analyzujeme v našom príspevku. Výroba drevných peliet je v súčasnosti ekonomicke veľmi atraktívna aktivita. Kedže drevo je prírodná surovina, proti výstavbe zariadení na spracovanie dreva nie sú protest verejnosti. Preto prevádzky na spracovanie dreva a energetické celky (teplárne, kotolne) na báze dreva sa často vybudujú v tesnej blízkosti obytných budov. Neskor pribúdajú stážnosti obyvateľov na prašnosť alebo zápach z takýchto prevádzok. Rozhodnutia orgánov ochrany ovzdušia sú v takýchto prípadoch stážený tým, že stále chýba široký rozsah výsledkov reálnych meraní vplyvov takýchto prevádzok na znečisťovanie ovzdušia v pracovných priestoroch a vo vonkajších priestoroch v blízkom okolí prevádzok.

Podľa (Guidance, 2012) celkové emisie TSP dosahujú  $0,03 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  peliet, ktoré sú tvorené prakticky z častíc  $\text{PM}_{2,5}$ , t.j. menších ako  $2,5 \mu\text{m}$ . Nie je však známe, aká je rozmerová distribúcia častíc  $\text{PM}_{2,5}$  a či je prevádzka výroby peliet významnou prevádzkou z hľadiska tvorby ultrajemných častíc. Reálna hodnota emisií PM a ich koncentrácie v pracovnom prostredí, ako aj rozptyl vo vonkajšom ovzduší sú pochopiteľne ovplyvnené konkrétnymi lokálnymi podmienkami prevádzky a poveternostnými podmienkami.

Cieľom tohto príspevku zistiť stav pracovného ovzdušia pri výrobe peliet, vrátane skladu pilín a emisie kotla na vykurovanie administratívnej časti výrobnej haly, fugitívne emisie z otvorennej brány haly a predbežným modelom odhadnúť najvyššie možné koncentrácie PM na najbližšej obytnnej budove.

## Materiál a metodika

Výroba peliet zahrňa okrem murovanej výrobnej haly murovanú halu skladu suroviny – drevné piliny s obsahom drevného prachu, kancelárske a sociálne priestory (na poschodí nad technologickými priestormi). Pohyb suroviny a výrobku: Skladovanie pilín v hale - Silo pilín - Dopravník zo sila do granulátora – Granulátor – Vzduchotechnická jednotka na odsávanie vzduchu od granulátora a z haly – Balíčka peliet. Vyrobene drevné peletky sú takmer výlučne exportované na náročné západoeurópske trhy.

### *Surovina na výrobu drevných peliet*

Na výrobu drevných peliet sa dováža vyložene suchá pilina z mechanického spracovania ihličnatého dreva s obsahom prachu, ktorá sa priamo bez sušenia používa na výrobu peliet. V pilinách nesmie byť viac než 19 % listnatého dreva. V danej výrobe drevných peliet odpadá často využívaná technologická operácia sušenia pilín, ktorá ôže byť aj významným zdrojom nielen emisií tuhých znečisťujúcich látok, ale hlavne aj emisií prchavých organických látok.

### **Doprava a skladovanie pilín**

Dopravu suroviny a odvoz výrobkov zabezpečia priemerne 3 kamoány denne. Kamoány privážajú surovinu do osobitného hermeticky uzatvoriteľného skladu, kde sa vysype na hladkú betónovú podlahu. Brána skladu sa otvára len na krátke časy pri vjazde kamoána a pri jeho výjazde, ako aj pri vjazde a výjazde nakladača, ktorým sa nakladajú dovezené piliny do sila. Brána skladu je však otvorená len minimálnu dobu – pri nacúvaní kamoánu 5 minút, potom sa brána zavrie, kamoán vyprázdní, očistí a pri vychádzaní kamoánu je brána otvorená 2 minúty. Toto je maximálne 3 krát za deň. Priemerne 2 krát denne je potrebné nahrnúť surovinu do sila. Brána je otvorená cca 1 minútu pri vstupe nakladača a 1 minútu pri výstupe. V ostatnom čase je brána hermeticky zatvorená. Takže emisie z tejto brány sú prakticky nulové a nebudeme s touto operáciou uvažovať.

### **Výroba drevených pelet**

Piliny zo skladu pilín sa dopravujú do výrobnej haly. Dávkovanie suroviny do granulátora je dopravníkom zo sila, ktorý je v sklafe suroviny. Vo výrobnej hale je umiestnený granulátor GAMA Pardubice, odsavacie a filtračné zariadenie ELBH Ružomberok, peletový kotol WOODY je dánskej výroby ([www.nordjysk-bioenergi.dk](http://www.nordjysk-bioenergi.dk)) a balička pelet, ktorá nemá vplyv na kvalitu ovzdušia. Vylisované pelety sa pásovým dopravníkom dopravia do baličky pelet. Manipuláciu s peletami zabezpečuje vysokozdvížný vozík LUGLI.

Granulátor je kontinuálne zariadenie je vhodné na granulovanie sypkých surovín, okrem iného sušených pilín. Surovina je vtlačovaná do otvoru matrice a zlisovaný produkt je zo spodu rezaný na valčeky o priemere najčastejšie 16 mm a dĺžky podľa počtu nastavených nožov. Z dôvodu zamedzeniu nadmernej prašnosti v pracovnom priestore sa na granulátor napája odsávacie zariadenie.

Maximálna spotreba pilín na výrobu pelet 18,5 ton za deň. Pracovný priestor v hale nie je potrebné vykurovať, nakoľko granulátor vyprodukuje dostatočné množstvo tepla. Keďže výrobná hala je intenzívne vyhrievaná peletovacím strojom, preto je prakticky celý rok vetrana stále otvorenou bránou o rozmeroch 3,3 x 3,6 m. Výhrevnosť pelet sa pohybuje na úrovni 18 MJ.kg<sup>-1</sup>.

Vzduch od granulátora je odsávaný a čistený odsávacou a filtračnou jednotkou ELBH s patrónovým filtrom FP. Patrónový filter FP 2/1000 má odsávací výkon 1730 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> a plochu filtra 40 m<sup>2</sup>. Má 2 papierové filtračné patróny o dĺžke 1000 mm. Regenerácia filtra sa uskutočňuje každých 15 – 30 s stlačeným vzduchom. Účinnosť odlučovania filtra je veľmi vysoká 99,985 %. Tento filter zabezpečuje koncentráciu TSP v emisiách  $\leq 1 \text{ mg.m}^{-3}$ . Vyčistený vzduch je vyfukovaný cez výduch na ďalej stene haly (na opačnej strane ako je situovaná obytná budova) do voľného priestoru. Na tej istej strane je situovaný dvojplášťový komín o výške 9 m.

Malé množstvo vyrobených pelet je palivom pre vykurovanie administratívnych priestorov. Osobitným zariadením v prevádzke je preto kotol na vykurovanie administratívnych priestorov, teda nie je to súčasť technológie. Menovitý výkon kotla je 30 kW. Kotol má spotrebu paliva – drevných pelet 6 t/rok. Maximálna denná spotreba paliva je 0,1 t/deň.

Vo vzdialosti 42 m od výrobnej haly sa nachádza bytový dom so štyrmi podlažiami. Medzi výrobnou halou a bytovým domom je terénnna vlna do výšky 4 m a hospodárske budovy obyvateľov domu. Pozdĺž bytového domu je vedená málo frekventovaná miestna cesta.

### **Kvantifikácia emisií z bodových miest znečistovania ovzdušia**

#### **Výpočet hmotnostných tokov znečistujúcich látok z granulátora čistené patrónovým filtrom**

Výpočet hmotnostných tokov znečistujúcich látok z granulátora čistené patrónovým filtrom M<sub>TSP</sub> sa uskutoční podľa tohto vzťahu

$$M_{TSP} = V \times c \times 10^{-6} [\text{kg.h}^{-1}]$$

kde V – prietok odpadového plynu [ $m_n^3 \cdot h^{-1}$ ]

c – koncentrácia TSP [ $mg \cdot m_n^{-3}$ ]

$10^{-6}$  - prepočet ( $1 mg = 10^{-6} kg$ )

### ***Výpočet hmotnostných tokov znečistujúcich látok pri prevádzke kotla***

Výpočet hmotnostných tokov znečisťujúcich látok pri prevádzke kotla M sa vykoná podľa nasledovného vzorca, pričom:

$$M = V \times c \times 10^{-6} [kg \cdot h^{-1}]$$

Symboly sú rovnaké ako v predchádzajúcom prípade.

### ***Možnosti kvantifikácie fugitívnych emisií***

Je niekoľko možno odhadnúť fugitívne emisie PM z výroby peliet. Najjednoduchším riešením je použiť publikovaný emisný faktor (Guidance, 2012). My sme vypracovali predbežný model rozptylu PM do ovzdušia z výroby peliet. Jeho podstatou je zisťovanie tokov vzduchu na veľkorozmerovej bráne. Druhým krokom je meranie hmotnostných koncentrácií PM v hornej tretine veľkorozmerovej brány. Vypočítaný hmotnostný tok sa v treťom kroku použije na výpočet rozptylu PM schváleným programom (do 100 m) (Informácia o postupe výpočtu, 1996).

### ***Výsledky a diskusia***

Miesta emisií z prevádzky výroby drevených peliet

1. Granulátor – výduch z patrónového filtra
2. Kotol na drevné palivo - komín
3. Fugitívne emisie z:
  - otvorennej brány výrobnej haly
  - otvorennej brány skladovacej haly pri vjazde a výjazde kamiónu a nakladača suroviny
4. Dopravy suroviny a odvozu výrobku v areáli prevádzky, čo je približne len 50 metrov od cesty.

Tuhé znečisťujúce látky sú pri danej technológii z dvoch evidovaných bodových miest:

- výduch z patrónového filtra
- komín z kotla na drevné pelety.

Doprava suroviny a peliet (priemerne 3 kamióny denne) má prakticky nulový vplyv z hľadiska emisií.

### ***Emisie z granulátora čistené patrónovým filtrom***

Hmotnostné toky vypočítané z garancií dodávateľa sú veľmi nízke

$$M_{TZL} = 1700 \times 1 \times 10^{-6} = 0,0017 [kg \cdot h^{-1}]$$

### ***Emisie z kotla***

Výpočty vychádzajú z autorizovaného testu kotla v Dánsku (Report no.: 300-ELAB-1765). Výsledky sú uvedené v tab. 1.

**Tab 1** Výsledky testu pri nominálnom výkone (A) a pri nízkom výkone (B)**Tab 1** Test results at nominal power (A) and low power (B)

Parameter	Jednotka	Hodnota (A)	Hodnota (B)
Trvanie testu	h	6	6
Spotreba paliva	kg.h <sup>-1</sup>	4,93	1,48
Výhrevnosť	MJ.kg <sup>-1</sup>	18,247	18,230
Príkon	kW	24,97	7,47
Účinnosť	%	94,7	92,9
Teplota spalín	°C	87	69
Prietok spalín	m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	50,4	27,9
Hmotnostný tok spalín	kg.h <sup>-1</sup>	49,6	28,8
CO <sub>2</sub>	%	12,6	6,1
Koncentrácia TZL pri 10% O <sub>2</sub>	mg.m <sub>n</sub> <sup>-3</sup>	5	5
CO pri 10% O <sub>2</sub>	mg.m <sub>n</sub> <sup>-3</sup>	130	308
TOC pri 10% O <sub>2</sub>	mg.m <sub>n</sub> <sup>-3</sup>	6	6
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> ) pri 10% O <sub>2</sub>	mg.m <sub>n</sub> <sup>-3</sup>	234	232

Pre rozptylovú štúdiu volíme najhoršie varianty, oveľa nepriaznivejšie hodnoty v porovnaní s autorizovanými meraniami, ktoré tento kotol za žiadnych podmienok nemôže vyprodukovať pri spaľovaní peliet:

- Prietok spalín 50 m<sub>n</sub><sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> (pri obsahu O<sub>2</sub> 10%); *Pozn. Najvyšší prietok spalín pri prepočte z 87 °C na 0 °C a z obsahu kyslíka cca 8 % na 10 % by bol cca 45 m<sub>n</sub><sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>, pre posúdenie sme zámerne zvolili najvyššiu hodnotu, ktorá sa nedá prekročiť pri nijakom intenzívnom kúrení.*
- Koncentrácia TZL 20 mg.m<sub>n</sub><sup>-3</sup>; *Pozn.: Volíme o vyše 200 % vyššiu koncentráciu aká bola nameraná a ktorá by sa ani nevhodným spôsobom prevádzkovania nedala dosiahnuť.*

Za uvedených podmienok hmotnostný tok TSP bude  $50 \times 20 \times 10^{-6} = 0,001 \text{ kg.h}^{-1}$ .

#### *Výpočet množstva emisií podľa emisného faktora*

Publikovaný emisný faktor TSP je 0,03 kg.t<sup>-1</sup> peliet (Guidance, 2012). Menovitý výkon granulátora je 18,5 ton za deň, čo predstavuje teoretický priemerný hodinový výkon 771 kg pri rozpočte na 24 h. Granulátor však nemôže byť prevádzkovaný 24 h a jeho hodinový výkon je vyšší. V manuáli granulátora je uvedená kapacita výroby peliet 800 – 1200 kg.h<sup>-1</sup>, čo závisí od spracovávanej suroviny, rozmerov častíc, vlhkosti a ī.

Skutočný pracovný čas v prevádzke je max. 12 hod/deň (pracuje sa na dve smeny), pričom prevádzka podľa prevádzkovej dokumentácie (evidencia o spotrebe paliva) reálne vyrobí okolo 3 500 t/rok peliet a spotreba pilín je o niečo väčšia  $3 520 \text{ t/rok} = 9,785 \text{ t/deň}$  (teda približne do 10 t/ deň). Predstavuje to reálny priemerný výkon 0,815 t.h<sup>-1</sup>.

Maximálny hmotnostný tok TSP (m<sub>TSP</sub>) bude

$$m_{TSP} = 0,03 \times 1,2 \times 10^3 = 36,0 \text{ g.h}^{-1}$$

Reálny hmotnostný tok TSP (m<sub>TSP</sub>) bude

$$m_{TSP} = 0,03 \times 0,815 \times 10^3 = 24,4 \text{ g.h}^{-1}$$

Tento zdroj znečistňovania ovzdušia je zaradený medzi malé zdroje na základe tejto bilancie: Keďže hustota suchého ihličnatého dreva je minimálne 0,37 t.m<sup>-3</sup>, vypočítaný čistý teoretický objem spracovaného dreva za deň je maximálne  $18,5 : 0,37 = 50 \text{ m}^3$ . Sypný objem pilín je pochopiteľne väčší. Pri sypnej hmotnosti pilín 0,188 t.m<sup>-3</sup> je denná spotreba objemu sypaných

pilín 18,5: 0,188 = 98,4 m<sup>3</sup>. Keďže kapacita granulátora je menej než 100 m<sup>3</sup> spracovanej drevnej suroviny denne, zdroj výroba peliet patrí do kategórie malých zdrojov.

### **Výpočet množstva emisií podľa nového modelu**

Pomery prúdenia vzduchu cez bránu výrobnej haly boli nasledovné:

- prúdenie vzduchu do haly od podlahy do cca dvoch tretín výšky brány o rýchlosťi prúdenia 0,3 – 1,3 m.s<sup>-1</sup>
- výstup vzduchu z brány od cca dvoch tretín výšky brány do vonkajšieho ovzdušia o rýchlosťi 0,4 – 0,6 m.s<sup>-1</sup>. Priemerná rýchlosť úniku TZL z haly 0,5 m.s<sup>-1</sup>.

Meranie bolo uskutočnené v marci. Pri iných teplotných pomeroch môžu byť pomery prúdenia opačné – v lete v čase vysokých vonkajších teplôt horúci vzduch z vonku by pravdepodobne prúdil z hora a prúdenie z haly zo spodu. Vzhľadom na odsávanie vzduchu z haly cez patrónový filter je, že viac vzduchu prúdi do výrobnej haly ako naopak z výrobnej haly. Preto meraniu pomerov prúdenia vzduchu treba venovať veľkú pozornosť.

Priemerné koncentrácie TZL boli výrazne nižšie ako 10 mg.m<sup>-3</sup>. Ale do matematického modelu výpočtu rozptylu bude vzatá najvyššia hodnota koncentrácie prachu v pracovnom prostredí 10 mg.m<sup>-3</sup>. Úniková plocha brány (jedna tretina plochy brány) 3,3 x 3,6/3 = 3,96 m<sup>2</sup>. Najvyšší možný hmotnostný tok fugitívnych emisií cez otvorenú bránu bude

$$m_{TSP} = 3,96 \times 0,5 \times 10 \times 10^{-3} = 0,02 \text{ g.s}^{-1}.$$

Táto hodnota je výrazne nižšia ako hodnota výpočtu podľa emisného faktora. Kompletná výroba peliet zahŕňa mletie štiepok, sušenie pilín, peletovanie, chladenie peliet a balenie do fólií. Z hľadiska emisií PM pri hodnotenej výrobe peliet chýbajú najzávažnejšie operácie – mletie a sušenie, pričom aj na chladenie peliet je minimálne doba a ešte horúce peletky sú zabalené. Preto pre takýto prípad, ktorý je dosť častý pri malých prevádzkach, nie je možné použiť emisný faktor na výpočet emisií. Takže výpočet fugitívnych emisií podľa nového modelu považujeme za správnejší pre daný prípad. Aj tento výpočet ukazuje, že fugívne emisie PM cez bránu sú oveľa vyššie ako emisie z granulátora a z kotla.

Ďalej uvádzame výpočet rozptylu fugitívnych emisií na atike najbližšej obytnej budovy (tab. 2).

### **Záver**

Prevádzka výroby peliet ovzdušia vypúšťa emisie tuhých znečistujúcich látok (PM):

- v spalinách z bodového miesta z komína
- z granulátora po ich čistení patrónovým filtrom
- z otvorenej brány výrobnej haly.

Výpočet podľa emisného faktora poskytuje veľmi vysoké hodnoty fugitívnych emisií PM, čo môže byť spôsobené aj tým, že do prevádzky sú dodávané suché piliny a proces sušenia odpadá. Bol navrhnutý nový model výpočtu fugitívnych emisií, ktorý je kombináciou meraní a modelovania rozptylu, ktorý môže poskytnúť reálnejšie výsledky.

Predbežným modelom bola zistená teoreticky najvyššia hodnota hmotnostnej koncentrácie 38,1 µg.m<sup>-3</sup> respirabilnej frakcie PM<sub>10</sub> na atike najbližšej obytnej budovy (vo vzdialosti 42 m od zdroja), pričom najväčším príspevkom sa na tom podielajú fugítivne emisie 37,6 µg.m<sup>-3</sup>. Tento prípad by nastal len zriedkavo za suchého počasia a rýchlosťi prúdenia vetra 4 m.s<sup>-1</sup> presne smerom od zdroja k obytnej budove.

**Tab 2** Výpočet rozptylu fugitívnych emisií na atike najbližšej obytnnej budovy**Tab 2** Calculation of fugitive emissions scattering at the nearest residential building

Vstupné údaje					2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Objemový tok emitovaného plynu	V <sub>s</sub>	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	1,98													
Výška koruny komína	H	m	5,5													
Vzdialenosť posudz. bodu od osi komína	X	m	41,5													
Výška bodu nad rovinou päty komína	Z	m	9,6													
Rýchlosť vetra vo výške 10 m nad zemou	u	m.s <sup>-1</sup>	1													
Hmotnostný tok emitovanej TZL	M	g.s <sup>-1</sup>	0,0198													
Teplota emisie	t <sub>s</sub>	°C	22													

Pomocné výpočty					2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Merné teplo emisie	c <sub>s</sub>	kJ.m <sup>-3</sup> .K <sup>-1</sup>	1													
Tepelná výdatnosť emitovaného plynu Q=10 <sup>-3</sup> .V <sub>s</sub> .c <sub>s</sub> .t <sub>s</sub>	Q	MW	0,0436													
-(h-z) <sup>2</sup> /2*σz <sup>2</sup>			-18,270	-2,478	-0,559	-0,126	-0,017	0,000	-0,014	-0,038	-0,063	-0,088	-0,111	-0,131	-0,150	
-(h+z) <sup>2</sup> /2*σz <sup>2</sup>			-53,306	-21,168	-14,247	-11,441	-9,960	-9,057	-8,454	-8,024	-7,703	-7,455	-7,258	-7,099	-6,966	

Tabuľka výsledných hodnôt koncentrácie TZL v posudzovanom bode na atike susednej budovy

Rýchlosť vetra vo výške 10 m nad zemou	u	m.s <sup>-1</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rýchlosť vetra vo výške koruny komína u <sub>k</sub> =u.(0,1.H) <sup>0,14</sup>	u <sub>k</sub>	m.s <sup>-1</sup>	0,9197	1,8394	2,7591	3,6788	4,5985	5,5183	6,4380	7,3577	8,2774	9,1971	10,1168	11,0365	11,9562
Prevýšenie vlečky h=H+7,34.[(Q <sup>0,25</sup> .X <sup>0,573</sup> )/u <sub>k</sub> <sup>1,148</sup> ]	h	m	36,713	19,585	14,343	11,856	10,419	9,490	8,843	8,368	8,005	7,720	7,490	7,301	7,143
Smerodajná odchýlka rozptylu ZL - Y σ <sub>Y</sub> =0,156.X <sup>0,91</sup>	σ <sub>Y</sub>	m	4,6297	4,6297	4,6297	4,6297	4,6297	4,6297	4,6297	4,6297	4,6297	4,6297	4,6297	4,6297	4,6297
Smerodajná odchýlka rozptylu ZL - Z σ <sub>Z</sub> =0,239.X <sup>0,787</sup>	σ <sub>Z</sub>	m	4,4854	4,4854	4,4854	4,4854	4,4854	4,4854	4,4854	4,4854	4,4854	4,4854	4,4854	4,4854	4,4854
A=(10 <sup>3</sup> .M)/(2.π.σ <sub>Z</sub> .σ <sub>Y</sub> .u <sub>k</sub> +V <sub>s</sub> )			0,1651	0,0825	0,0550	0,0413	0,0330	0,0275	0,0236	0,0206	0,0183	0,0165	0,0150	0,0138	0,0127
B={[e <sup>(((h-z)^2)/(2.σZ^2))</sup> ]+[e <sup>(((h+z)^2)/(2.σZ^2))</sup> ]}			0,0000	0,0839	0,5717	0,8812	0,9834	0,9997	0,9859	0,9630	0,9388	0,9159	0,8952	0,8769	0,8606
Koncentrácia v posudzovanom bode	χ	mg.m <sup>-3</sup>	0,0000	0,0069	0,0315	0,0364	0,0325	0,0275	0,0233	0,0199	0,0172	0,0151	0,0134	0,0121	0,0109

## **Podčakovanie**

Táto práca bola podporovaná Vedeckou grantovou agentúrou MŠ SR a Slovenskej akadémie vied č. VEGA 1/0547/15 „Experimentálne meranie a modelovanie fugitívnych emisií“ a za podpory Kultúrnej a edukačnej grantovej agentúry MŠ SR v rámci riešenia projektu KEGA č. 030UMB-4/2017 „Vzdelávacie centrum integrovanej bezpečnosti“.

## **LITERATÚRA**

Guidance document on control techniques for emissions of sulphur, NO<sub>x</sub>, VOCs, dust (including PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and black carbon) from stationary sources. Working Group on Strategies and Review, Fiftieth session, 10-14 September 2012.

Informácia o postupe výpočtu výšky komína na zabezpečenie podmienok rozptylu vypúšťaných znečistujúcich látok a zhodnotenie vplyvu zdroja na imisnú situáciu v jeho okolí pomocou matematického modelu výpočtu očakávaného znečistenia ovzdušia, zverejnené vo vestníku MŽP SR ročník IV 1996 čiastka 5.

Peletový kotel WOODY (Dostupné na: [www.nordjysk-bioenergi.dk](http://www.nordjysk-bioenergi.dk))

Report no.: 300-ELAB-1765. Danish Technological Institut. Date: 31.01.2013. (Dostupné na: <http://nbe-global.com/wp-content/uploads/2012/11/30-kW-test.pdf>).

Zimmer A.T., Maynard A.D. 2002. Investigation of the aerosols produced by a high-speed hand-held grinder using various substrates. Ann Occup Hyg; 46: 663–72.

# Správy

## Správa zo študijnej návštevy partnerov k projektu RUINS

Report from the study visit of partners to the RUINS project.

**Ivan Murin**

PhDr. Ivan Murín, PhD., Katedra sociálnych štúdií a etnológie, Filozofická fakulta, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Tajovského 51, 974 01 Banská Bystrica, e-mail: [ivan.murin@umb.sk](mailto:ivan.murin@umb.sk)

DOI <http://dx.doi.org/10.24040/actaem.2018.20.1.105-108>

V dňoch 18. a 19. decembra 2017 bol Univerzitou Mateja Bela v Banskej Bystrici zorganizovaný študijný pobyt partnerov medzinárodného projektu Interreg Central Europe »Sustainable re-use, preservation and modern management of historical ruins in Central Europe - elaboration of integrated model and guidelines based on the synthesis of the best European experiences (RUINS) logo (obr 1 )« (<http://www.ff.umb.sk/katedry/katedra-socialnych-studii-a-etnologie/ruins-project/>). Zodpovedným pracoviskom projektu je Katedra sociálnych štúdií a etnológie Filozofickej fakulty UMB a Univerzitné centrum pre medzinárodné projekty. Medzidisciplinárne zameranie témy projektu umožnilo viacerým riešiteľom z ďalších dvoch fakúlt zapojiť sa do výskumného tímu UMB, z Fakulty prírodných vied a z Ekonomickej fakulty.



Obr 1 Logo RUINS

Prezentáciu výskumných metód v oblasti základného výskumu, manažmentu a udržateľnosti kultúrneho dedičstva sa realizovala v Banskej Bystrici ako aj vo vybranej výskumnej lokalite Bzovík. Nás UMB riešiteľský tím prezentoval svoje aktuálne metódy a techniky v partnerskej spolupráci s prezentáciou technologických analýz Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i. v Telči.

Po uvítaní organizátorov a úvodných príhovoroch prorektorky UMB pre vedu a výskum doc. PhDr. Alexandry Bitušíkovej a riaditeľa Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i. Prof. Ing. Miloša Drdáckého, DrSc., dr. h. c. (obr.1) začala prednášková časť oboznámením sa partnerov s výberom výskumnej lokality Bzovík, prehľadom jej história v prednáške Mgr. Dagmar Majerovej, PhD. z Filozofickej fakulty UMB. Vyžiadané prednášky asociovaného partnera projektu Pamiatkového úradu Slovenskej republiky smerovali k informáciám o stave

a ochrane historických ruín na Slovensku (Ing. arch. Zuzana Klasová), k ich archeológii, technickým otázkam a reštaurovaniu (Mgr. Martin Miňo).

Pracovný program workshopov *in situ* otvoril starosta Obce Bzovík Boris Sedmák. Následne sa postupne realizovali tematické vedecké prezentácie a workshopy (obr 4) :

1. *Technologický workshop* (podkrovie pod drevenou strechou juhozápadnej bašty Bzovíka, obr.3) s témami Historické drevené stavby vrátane analýzy technológií, Analýza drevených stavebných prvkov s témami a prednášajúcimi: Ing., Jiří Bláha, Ph.D., Prof. Ing. Miloš Drdáčký DrSc., dr. h. c., Ing. Michal Kloiber, Ing. Jaroslav Hrvnák, Ph.D., Ing. Tomáš Krůček, Ing. Jakub Novotný.

2. *Workshop biologických a geologických analýz* (miesto na prízemí strechou juhozápadnej bašty Bzovíka) Analýza kamenných stavebných prvkov a zapojenie zelene, s témami a prednášajúcimi: prof. RNDr. Ján Spišiak, DrSc., Fakulta prírodných vied, Katedra geografie a geológie, prof. RNDr. Peter Andráš, CSc., Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, doc. RNDr. Ingrid Turisová, PhD., Fakulta prírodných vied, Katedra biológie a ekológie.

3. *Workshop digitalizácie a vizualizácie slúžiace k aplikovanému výskumu, dokumentácii a marketingu:* Ing. Pavol Midula Katedra biológie a ekológie, Fakulta prírodných vied, RNDr. Matej Masný, PhD., Centrum geoinformatiky a digitálnych technológií – CGI, Mgr. Michal Filadelfi, Univerzitné centrum pre medzinárodné projekty.

4. *Workshop riadenie a prezentovania marketingových nástrojov k využitiu kultúrneho dedičstva* (miesto realizácie Obecný úrad Bzovík) s prednášajúcimi: doc. Ing. Anna Vaňová, PhD., Katedra verejnej ekonomiky a regionálneho rozvoja, Ekonomická fakulta, Ing. Kamila Borseková, PhD., Centrum pre výskum a vývoj, Ekonomická fakulta.

5. *Workshop: Lokálne spoločenstvo, kultúrne dedičstvo a riziká* (miesto realizácie Obecný úrad Bzovík) v téme Kontakt miestneho obyvateľstva s kultúrnym dedičstvom a predchádzanie rizikám, s prednášajúcimi: PhDr. Ivan Murin, PhD., Mgr. Ivan Souček, PhD., Mgr. Dagmara Majerová, PhD., RNDr. Jana Jaďuďová, PhD., prof. RNDr. Iveta Marková, PhD.

Druhý deň pokračovalo zasadanie Riadiaceho výboru projektu RUINS na pôde Rektorátu UMB. Vedúci pracovných balíkov prezentovali úlohy v roku 2018, ktorý je rokom kultúrneho dedičstva. Všetci riešitelia zapojení v projekte z pracovísk UMB boli pozvaní k zostaveniu jednotlivých kapitol do publikácií aplikovania ich metód (*best practice books, guidelines*) pre organizáciu UNESCO, a požiadanie predložiť prezentácie k tematickej konferencii Jagelonskej univerzity v Krakove v novembri 2018. Výskumná skupina témy *Lokálne spoločenstvo a kultúrne dedičstvo* (Murin, Majerová, Souček, Jaďuďová) zrealizuje v prvej polovici roku 2018 vo vybraných lokalitách všetkých partnerov projektu overovací výskum kontaktovania ľudí s kultúrnym dedičstvom. V lokalite Bzovík sa v roku 2019 budú aplikovať realizácie k manažmentu, zachovaniu a bezpečnému využitiu stredovekých ruín. Riešiteľov projektu poteší aj záujem Rozhlasu a televízie Slovenska o informácie z konanej aktivity.



Obr 1 Kláštor Bzovík a juhozápadná bašta



Obr 2 Juhozápadná bašta



Obr 3 Otvorenie stretnutia na Rektoráte UMB (zľava: PhDr. Ivan Murín, PhD., doc. PhDr. Bitušíková, PhD., prof. PhDr. Drdacký, CSc.)



Obr4 Prezentácia in situ



Obr 5 Partneri a riešiteľia projektu RUINS