



SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE  
FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA

---



## VEDA MLADÝCH 2016

zborník príspevkov

ISBN 978-80-552-1535-8

7. - 9. september 2016, Brno, Česká republika



Agronomická  
fakulta

B | R | N | O



**Veda mladých 2016**

**ZBORNÍK RECENZOVANÝCH PRÍSPEVKOV**

**Brno, Česká republika**

**07.09. - 09.09.2016**

**Recenzenti**

Dr.h.c. prof. Ing. Dušan Húska, PhD.  
prof. Ing. Ľubica Feriancová, PhD.  
prof. Ing. Viera Paganová, PhD.  
prof. Ing. Anna Stredánská, PhD.  
prof. Ing. Jozef Stredánský, DrSc.  
prof. Ing. Magdaléna Valšíková, PhD.  
doc. Ing. Oleg Pulen, PhD.  
doc. Ing. Zlatica Muchová, PhD.  
doc. Ing. Lucia Tátošová, PhD.  
doc. Ing. Ľuboš Jurík, PhD.  
doc. Ing. Peter Halaj, CSc.  
Ing. Attlia Tóth, PhD.  
Ing. Karol Šinka, PhD.  
Ing. Katarína Drgoňová, PhD.  
Ing. Ladislav Bakay, PhD.  
Ing. Viera Šajbidorová, PhD.  
Ing. Tatiana Kaletová, PhD.  
Ing. Elena Kondrlová, PhD.  
Ing. Miroslav Šlosár, PhD.  
Ing. Eduard Pintér, PhD.  
Ing. Dagmar Dobiašová, PhD.  
Ing. Ján Horák, PhD.

**ISBN 978-80-552-1535-8**

Editori: Ing. Mária Leitmanová, PhD., Ing. Andrej Tárník, PhD.

Schválil rektor Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 19. 8. 2016 ako zborník prác  
z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou na DVD nosiči.

## OBSAH

### TEST ÚNIKOVÉHO CHOVÁNÍ ŽÍŽAL PŘI HODNOCENÍ BIOPLASTŮ

MARTIN DUŠEK, PATRIK BURG, JURAJ FERIANEC .....5

### SURVEYING OF VEĽKÁ HANGÓCKA WATER RESERVOIR AND ITS PROCESSING IN GIS

JAKUB FUSKA, LENKA LACKÓOVÁ, JOZEFÍNA POKRÝVKOVÁ, MÁRIA LEITMANOVÁ, DANIEL KUBINSKÝ, KAROL WEIS .....15

### VÝSKYT A KONCENTRÁCIA VOĽNÝCH AMINOKYSELÍN VO VYBRANÝCH VZORKÁCH HLIVY USTRICOVITEJ (*PLEUROTUS OSTREATUS*)

MARCEL GOLIAN, EVA SZABOVÁ, MARIANA IVANOVÁ, ALŽBETA HEGEDŮSOVÁ.....27

### ANALÝZA ZMIEN VYUŽÍVANIA KRAJINY K.Ú. PODHORANY

JOZEF HALVA, FRANTIŠEK CYPRICH .....37

### ZHODNOCENÍ KVALITY VODY A EKOLOGICKÉHO STAVU TOKU LOUČNÁ V OKOLÍ MĚSTA VYSOKÉ MÝTO

MILAN JIROUT, HELENA HANUSOVÁ .....46

### CHARAKTERIZÁCIA KMEŇOV '*CANDIDATUS PHYTOPLASMA PRUNORUM*' (ESFY) VYSKYTUJÚCICH SA V EXPERIMENTÁLNO M SADE ÚSTAVU OVOCNICTVÍ ZÁHRADNÍCKEJ FAKULTY, MENDELU V BRNE

TOMÁŠ KISS, TOMÁŠ NEČAS, ALEŠ EICHMEIER .....60

### FYZIOLOGICKÉ ZMENY V RASTLINÁCH SPÔSOBENÉ SUCHOM

ALAN KLIMAJ, VILIAM BÁREK.....74

### POMOLOGICKÉ A FENOLOGICKÉ HODNOCENÍ VYBRANÉHO SORTIMENTU ASIJSKÝCH HRUŠNÍ

JAKUB LÁČÍK, TOMÁŠ NEČAS .....82

### DPSIR RÁMEC PRE DRUH FALLOPIA JAPONICA

MARTINA MAJOROŠOVÁ .....90

### STANOVENÍ ZÁPLAVOVÝCH ÚZEMÍ PŘI PRŮCHODU N-LETÝCH PRŮTOKŮ

RENÁTA RIPELOVÁ, PETRA OPPELTOVÁ .....96

### GEOVIZUALIZACE. STANDARDIZACE POSTUPU PRO ENVIRONMENTÁLNÍ POSUZOVÁNÍ

JOZEF SEDLÁČEK .....106

### BROWNFIELDY AKO OBJEKTY KRAJINNO ARCHITEKTONICKEJ REVITALIZÁCIE A MUTLIFUNKČNÉHO VYUŽITIA

JAN SUPUKA, PETER UHRIN .....115

### ANALÝZA KATASTRÁLNÍHO ÚZEMÍ HUSTOPEČE U BRNA VČETNĚ NÁVRHU OPATŘENÍ K OCHRANĚ PŮDY

JAN SZTURC, PETR KARÁSEK, JANA PODHRÁZSKÁ.....129

### ANALÝZA DISTRIBÚCIE ZRNITOSTNÝCH FRAKCIÍ PŮD POVODIA RIEKY NITRA METÓDOU LASEROVEJ DIFRAKCIE

MIROSLAVA ŠINKOVIČOVÁ, DUŠAN IGAZ, ELENA KONDRLOVÁ.....140

**PREDBEŽNÝ PREHĽAD DRUHOVEJ SKLADBY MACHORASTOV NA ORTUŤOVEJ HALDE VEĽKÁ STUDŇA PRI MALACHOVE (STREDNÉ SLOVENSKO)**

PAVEL ŠÍRKA, INGRID TURISOVÁ..... 153

**ANALÝZA ZÁSoby PÔDNEJ VODY PRÍSTUPNEJ PRE RASTLINY VO VYBRANÝCH LOKALITÁCH POVODIA RIEKY NITRY**

ANDREJ TÁRNÍK ..... 164

**HODNOTENIE VPLYVU MESTSKÉHO PROSTREDIA NA HRAB OBYČAJNÝ (CARPINUS BETULUS L.) POROVNANÍM VÝSLEDKOV VIZUÁLNEHO HODNOTENIA A PARAMETROV FLUORESCENCIE CHLOROFYLU-A**

PETER UHRIN, JÁN SUPUKA ..... 171

**STANOVENÍ GENETICKÉ PŘÍBUZNOSTI U ODRŮD ASIJSKÝCH A EVROPSKÝCH HRUŠNÍ PĚSTOVANÝCH NA JIŽNÍ MORAVĚ**

JAN WOLF, KATEŘINA BARÁNKOVÁ, TOMÁŠ NEČAS ..... 186

**ZMĚNY STABILITY PŮDNÍCH AGREGÁTŮ V DŮSLEDKU PŮSOBNÍ MRAZOVÝCH CYKLŮ**

ANETA ŽABENSKÁ ..... 197

**Posterová sekcia**

**EFFECT OF SUBSOILIN ON SELECTED PHYSICAL AND WATER PROPERTIES OF ARABLE SOILS**

Łukasz BOREK.....209

**CLASSIFICATION AND VALORIZATION OF AREAS AS THE SPATIAL DISTRIBUTION OF ECOLOGICAL IMPORTANCE INDEX TEST METHOD**

Katarzyna CEGIELSKA, Tomasz SALATA, Marta SZYLAR, Dawid KUDAS.....210

**DIVERSITY OF AIR TEMPERATURE IN POLAND IN THE YEARS 1971-2010**

Joanna KRUŻEL, Agnieszka ZIERNICKA-WOJTASZEK.....211

**LANDSCAPE EVALUATION AND IDENTIFICATION OF RIVER VALLEYS: THE EXAMPLE OF THE BIAŁKA RIVER VALLEY**

Maria NAWIEŚNIAK.....212

**LAND AND PROPERTY REGISTERIN POLAND –SELECTED PROBLEMS**

Tomasz NOSZCZYK.....213

**STUDY OF ENVIRONMENTAL ORDER IN URBAN DISTRICTS**

Marta SZYLAR, Katarzyna CEGIELSKA, Dawid KUDAS.....214

## TEST ÚNIKOVÉHO CHOVÁNÍ ŽÍŽAL PŘI HODNOCENÍ BIOPLASTŮ

### TEST THE ESCAPE BEHAVIOR OF EARTHWORMS IN THE EVALUTION OF BIOPLASTICS

Martin DUŠEK, Patrik BURG, Juraj FERIANC

Mendelova univerzita v Brně

#### Abstract

Tests of the escape behavior with representative species of soil organisms can be used as an initial screening tests for risk assessment of contaminated sites. Tests of the escape behavior with soil invertebrates in the wild are characterized by particular sensitivity, speed and fluffy finish. In the first variant was the model No. 1 the calculation of the net response (NR-"net response") 20, which indicates a leak. For a sample of the No. 2 and 3 were the numerical values of the negative, which means the neúnikovou reaction (or the attractiveness of the soil to be tested for the organism). For the other variants were negative for the samples No. 1 and 3 and sample No 2 was 0, i.e., that the earthworms have preferred to both substrates as well.

**Keywords:** compost, degradace plastic, californian earthworms

#### Úvod

Rostoucí využívání plastů ve všech odvětvích lidské činnosti vyžaduje aktuální potřebu ve vyhledávání možností a způsobů jejich dalšího využití nebo šetrného a efektivního odstranění (DŘÍMAL, 2007). Převážná většina polymerních látek je obtížně rozložitelná a představuje vážné riziko z hlediska ochrany životního prostředí. Snahy o efektivní redukci objemu polymerních odpadů vyústily ve vývoj a postupné využívání biodegradovatelných polymerů (bioplastů). Jedná se produkty nových technologií umožňující zavádění modifikovaných materiálů založených na bázi škrobu, celulózy, proteinů a dalších vodou rozložitelných látek (CZAJA-JAGIELSKA a MELSKI, 2013). Biologicky rozložitelné polymery, které byly navrženy tak, aby byly snadno rozložitelné mikroorganismy v životním prostředí nebo na skládkách odpadů, získávají veřejnou podporu jako možné alternativy k plastům vyrobených z ropy (ISHIGAKI *et al.*, 2004).

Test bude prováděn s kalifornskými žížalami *Eisenia andrei* dle normy ISO 17512-1 a ISO 17512-2 (ISO 17512-1, 2008; ISO 17512-2, 2008). Princip testu spočívá v tom, že je určitý počet jedinců kalifornských žížal vystaven působení kontrolní a testované přírodní půdy, nebo půdy, která byla uměle připravena v laboratoři. Obě půdy jsou obsažené v jedné testovací nádobě, aby byl testovaným organismům umožněn volný přechod mezi kontaminovanou a kontrolní půdou (ISO 17512-1, 2008; ISO 17512-2 2008; PAŘÍZEK *et al.*, 2013). Tento test je poměrně nový a za posledních několik let prochází celkem rychlým vývojem (PRIESSNITZ, 2008). Používanými parametry v testech únikového chování jsou únikové reakce, norování (CAPOWIEZ a BELZUNCES, 2001) a mortalita (SLIMAK, 1997; AMORIM *et al.*, 2007). Obvykle tento test trvá 2 dny, což je doba expozice, která by měla být optimální pro získání relevantní odpovědi organismu (AMORIM *et al.*, 2007a). Existují ovšem i studie, ve kterých bylo možné získat obdobné výsledky i po pouhé 24 - hodinové expozici (RÖMBKE, 2003; AMORIM *et al.*, 2007a).

Cílem práce bylo vyhodnotit únikové chování žížaly kalifornské (*Eisenia andrei*) v prostředí kontaminovaném různým podílem biodegradovatelných polymerů.

### Materiál a metody

#### 1. Charakteristika testu

Jedná se o rychlý screeningový test, ve kterém se hodnotí půda a vliv znečišťujících látek a chemikálií na chování žížal. Tento pokus může být realizovaný jako dvoukomorový či vícekomorový. Jako testovací organismus lze použít druh *Eisenia andrei* (žížala kalifornská); (Obr. 1) nebo *Eisenia foetida* (žížala hnojní); (ŠKARKOVÁ, 2012; TICHÁ, 2014).



Obr. 1 Kalifornská žížala na měřítku, Obr. 2 Vermikompost

Fig. 1 California's earthworm on the scale, Fig. 2 Vermicompost

Metodika probíhala dle normy ISO 17512-1: 2008 a 17512-2: 2008. Byla modifikována v prostředí rozložitelných plastů. Jako kontaminované prostředí sloužil kompost s malými kousky plastů. V daném případě se jedná o kontaminant v množství 0,1 – 3 g na 500 g kompostu (Tab. 1, 2). Kompost byl kontaminován rozložitelnými plasty.

### 2. Charakteristika použitého plastu

Jako vybraný plast byl použit biosáček značky ENVIRA (Obr. 3). Tento druh biosáčků slouží pro sběr kuchyňského a zahradního odpadu jako např. (slupky, nať ze zeleniny, skořápky od vajec apod.). Tento druh plastu degraduje v průběhu několika týdnů v rámci řízeného procesu kompostování. Jedná se o biodegradabilní termoplastický materiál. Z chemického hlediska jde o Mater-Bi a polykaprolakton PCL. Dále je založen na bázi kukuřičného škrobu s přídavkem různých aditiv pro dosažení požadovaných mechanických a technologických vlastností. Tento test by měl indikovat stav a funkci organismu (přežití, růst, reprodukce, přijímání potravy, mobilita) pro daný ekosystém.



Obr. 3 Kompostovatelný sáček ENVIRA

Fig. 3 Compostable bag ENVIRA

### 3. Metoda uspořádání testu, materiál a použité organismy

Jako pokusný organismus byla zvolena žížala kalifornská (*Eisenia andrei*). Celkem bylo použito 20 žížal, které byly vystaveny řadě koncentrací testované substance, která byla vmíchána do prostředí kompostu. Z hlediska receptury tvořil kompost zejména matolinu, dřevní štěpku, travní hmotu a bioodpad ze zahrad a domácností.



Obr. 4 Kompost s kousky plastu, Obr. 5 Testovaný kompost před úpravou

Fig. 4 Compost with bit of plastic, Fig. 5 The test compost before editing

Plastová nádoba se rozdělí na dvě poloviny a naplní se pokusným substrátem (v tomto případě kompostem) do výšky cca 5 - 7 cm (Obr. 4). Do jedné poloviny se nadávkuje testovaný substrát (Obr. 5), do druhé kontrolní substrát. Pro přípravu testů bude použita uměle vytvořená půda připravená v laboratoři podle směrnice OECD. Takto připravená půda obsahuje 69 - 70 hmotnostních % písku (v závislosti na množství přidaného uhličitanu na úpravu pH), 20 hmotnostních % kaolínového jílu a 10 hmotnostních % rašeliny. Jednotlivé složky budou prosety přes síto o velikosti ok 2 x 2 mm. Následně budou všechny složky důkladně homogenizovány a bude upraveno pH půdy přidavkem uhličitanu vápenatého na požadovanou hodnotu  $\text{pH } 6 \pm 0,5$  (ISO 17512-2 2008).

V každé polovině nádoby je umístěno 10 žížal. Nádoba se uzavře víkem pro případ úniku žížal a vloží do temperovaného prostoru. V průběhu testu se žížaly nesmí přikrmovat. Test proběhl od 27. 4. do 29. 4. 2016 a jeho doba je 48 hodin. Než se vytáhne nádoba z temperovaného prostoru, musí se vložit papírová přepážka zpět, aby nedošlo k pozdější migraci žížal, která by byla způsobena a do jisté míry ovlivněna změnou světla a teploty. Po této době se stanoví počet jedinců v obou polovinách nádoby. Hodně toxické látky mohou způsobit případnou mortalitu. Mrtvé žížaly se počítají jako zmizelé a nezapočítávají se do celkového počtu žížal v nádobě. Test probíhal za teploty 22 °C, pH 7,71 a běžného denního světla v laboratorních podmínkách.



Obr. 6 Čištění žížaly, Obr. 7 Výběr žížal

Fig. 6 Cleaning of earthworms, Fig. 7 Selection of earthworms

Na konci pokusu se spočítá počet přeživších jedinců. Pro každou koncentraci se porovnává průměrný počet jedinců v testovaném a kontrolním substrátu. Pokud se v testované půdě nachází na konci testu méně jak 20 % celkového počtu živých jedinců, je tato půda označována jako toxická pro organismy. Aby byl test pravdivý a reálný, musí splňovat daná kritéria, např. mortalita jedinců použitých v testu nesmí na konci překročit 10 % (ISO, 2008; TICHÁ 2014).

### 4. Metody vyhodnocení

Byla použita sofistikovaná metoda vyjádření, tj. metoda čisté odpovědi. Výpočet čisté odpovědi (NR – „net response“) vyjádřena v % se vypočítá podle vzorce (Rovnice 1), jak ji uvedl (AMORIM *et al.*, 2005):

$$NR = \frac{(C-T)}{N} \cdot 100 [\%] \quad (\text{Rovnice 1})$$

C – jedinci pozorovaní v kontrolní půdě

T – jedinci pozorovaní v testovací půdě

N – celkový počet jedinců

### Výsledky a diskusia

Při testu byla udržována konstantní teplota 22 °C a do testovací nádoby bylo celkem umístěno 20 jedinců a pro každou koncentraci byla dvě opakování. Nejprve byla do testovací nádoby aplikována látka o dané koncentraci a posléze byly přidány kalifornské žížaly. Test probíhal podle předem daného postupu a za daných podmínek. Celková doba testu byla 48 hodin. Jiní autoři (LOUREIRO *et al.*, 2005) používají podobné testy, kde je test únikového chování používán jako screeningový nástroj s půdními organismy jako např. *Eisenia andrei*, kde jsou tyto organismy vystaveny po 48 hodin působení chemických látek. V této časové periodě si organismus může vybrat mezi kontrolní půdou a další půdou – kontaminovanou nebo s přísadkou určité látky nebo další půdy s rozdílnými fyzikálně-chemickými vlastnostmi (AMORIM *et al.*, 2005), čehož bylo využito i při tomto pokusu.

Při praktickém provedení tohoto testu může být dosaženo těchto výsledků. Pozitivní výsledek (+) znamená únik (Tab. 3) a negativní výsledek (-) znamená neúnikovou reakci případně atraktivitu testované půdy pro organismus (Tab. 3, 4). Je-li výsledkem nula, znamená to, že organismy neprojevily žádnou únikovou reakci a byly rovnoměrně distribuovány v obou polovinách testu, resp. preferovaly oba substráty stejně (Tab. 4). Pokud je únikovost větší než 80 %, považuje se prostředí za toxické nebo se sníženou kvalitou (AMORIM, *et al.*, 2005; PRIESSNITZ, 2008; TICHÁ 2014). V rámci testování byla mortalita nulová a žádný z jedinců nezemřel (Tab. 5). Tuto informaci potvrzují i další autoři v rámci testu únikového chování ve znečištěné půdě, po 48 hodinách, nebyla zjištěna žádná mortalita (DE SOUSA, DE ANDRÉA, 2011). Vzhledem k ekosystémovým následkům ovlivňování chování a k faktu, že testy únikové reakce mohou prozradit toxický potenciál polutantů v nízké koncentraci, mohou být tyto testy zahrnuty v ekotoxikologických protokolech a testování (SCHAEFER, 2003; TICHÁ 2014).

## Metoda statistického vyhodnocení

Tabulka 1 Počet jedinců v prvním opakování testu únikového chování

| Číslo vzorku<br>(The number of the sample) | Hmotnost vzorku<br>plastu<br>(Weight of sample) (g) | Počet žížal<br>v kontaminovaném<br>prostředí<br>(The number of<br>earthworms in a<br>contaminated<br>environment) | Počet žížal<br>v nekontaminované<br>m prostředí<br>(The number of<br>earthworms in a non-<br>contaminated<br>environment) |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                          | 0,1                                                 | 4                                                                                                                 | 6                                                                                                                         |
| 2                                          | 1                                                   | 7                                                                                                                 | 3                                                                                                                         |
| 3                                          | 3                                                   | 6                                                                                                                 | 4                                                                                                                         |

Table 1 The number of individuals in the first repetition test escape behavior

Tabulka 2 Počet jedinců ve druhém opakování testu únikového chování

| Číslo vzorku<br>(The number of the sample) | Hmotnost vzorku<br>plastu (g)<br>(Weight of sample) | Počet žížal<br>v kontaminovaném<br>prostředí<br>(The number of<br>earthworms in a<br>contaminated<br>environment) | Počet žížal<br>v nekontaminovaném<br>prostředí<br>(The number of<br>earthworms in a non-<br>contaminated<br>environment) |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                          | 0,1                                                 | 6                                                                                                                 | 4                                                                                                                        |
| 2                                          | 1                                                   | 5                                                                                                                 | 5                                                                                                                        |
| 3                                          | 3                                                   | 8                                                                                                                 | 2                                                                                                                        |

Table 2 The number of individuals in the second repetition of the test escape behavior

Tabulka 3 Výpočet únikové a neúnikové reakce v prvním opakování

| Číslo vzorku (The number of the sample) | Hmotnost vzorku plastu (g)<br>(Weight of sample) | NR [%] |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|--------|
| 1                                       | 0,1                                              | 20     |
| 2                                       | 1                                                | -40    |
| 3                                       | 3                                                | -20    |

Table 3: Calculation of escape and not escape responses in the first repetition

Tabulka 4 Výpočet únikové a neúnikové reakce ve druhém opakování

| Číslo vzorku (The number of the sample) | Hmotnost vzorku plastu (g)<br>(Weight of sample) | NR [%] |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|--------|
| 1                                       | 0,1                                              | -20    |
| 2                                       | 1                                                | 0      |
| 3                                       | 3                                                | -60    |

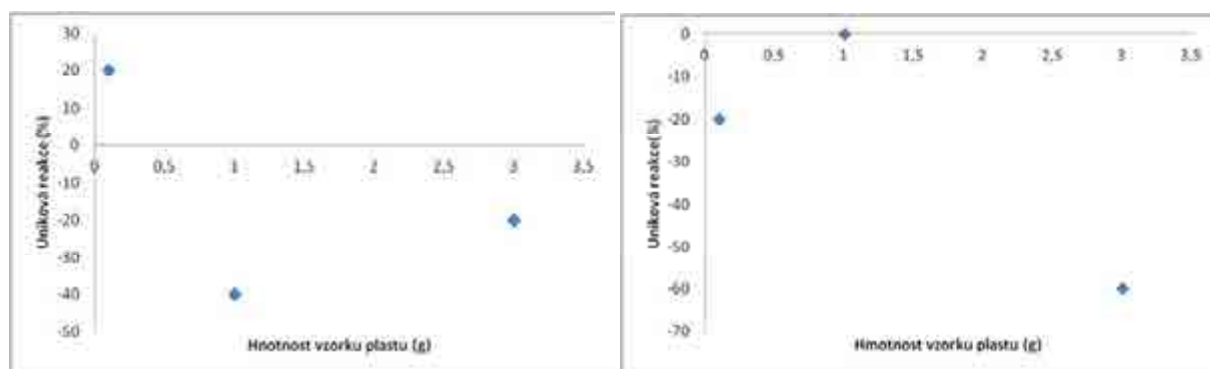
Table 4 Calculation of escape and not escape responses in the second repetition

Tabulka 5 Mortalita jedinců v průběhu testu únikového chování v obou opakováních

| Číslo vzorku (The number of the sample) | Hmotnost vzorku plastu (Weight of sample) (g) | Mortalita (počet jedinců) (Mortality (number of individuals)) | Mortalita [%] (Mortality) |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1                                       | 0,1                                           | 0                                                             | 0                         |
| 2                                       | 1                                             | 0                                                             | 0                         |
| 3                                       | 3                                             | 0                                                             | 0                         |

Table 5 The mortality of individuals in the course of the test escape behavior in both reps

Graf 1 Úniková reakce žížaly kalifornské v prvním opakování, Graf 2 Úniková reakce žížaly kalifornské ve druhém opakování



Graph 1: Californian earthworms escape response in the first repetition, Graph 2: Californian earthworms escape response in the second repetition

V tomto případě bylo dosaženo kladné hodnoty (tzn. úniková reakce) a dvou záporných hodnot (tzn. neúniková reakce), jak ukazuje graf č. 1. Žádný z daných jedinců neuhynul.

U grafu č. 2 můžeme vidět nulovou hodnotu (tzn., že daní jedinci preferovali oba substráty naprosto stejně). A nadále ke dvěma záporným hodnotám (tzn. neúniková reakce). Ani v tomto případě nedošlo k mortalitě jedinců.

Závěrem lze říci, že si žížaly nevšímalý kousků natrhaného bioplastu ENVIRA a tento materiál nepreferovaly. Na základě provedení experimentu v podmínkách kompostování lze vyslovit hypotézu, že v případě přísunu tohoto rozložitelného plastu (např. v podmínkách provozu na kompostárně) s dobou uložení dva měsíce by se daný plast rozložil. Ani v jednom případě nedošlo k úmrtnosti žížal. Celkem došlo ke čtyřem neúnikovým reakcím, jedné únikové reakci a jedné reakci, kdy polovina žížal dávala přednost kontrolnímu substrátu a polovina žížal testovanému substrátu.

### Súhrn

Testy únikového chování s reprezentativními druhy půdních organismů mohou být použity jako prvotní screeningové testy pro hodnocení rizik kontaminovaných lokalit. Testy únikového chování s půdními bezobratlými se vyznačují především citlivostí, rychlostí a nenáročností provedení. V první variantě byl u vzoru č. 1 výpočet čisté odpovědi (NR – „net response“) 20, což znamená únik. U vzorku č. 2 a 3 byly číselné hodnoty záporné, což znamená neúnikovou reakci (případně atraktivitu testované půdy pro organismus). U druhé varianty byly záporné hodnoty u vzorků č. 1 a 3 a vzorek č. 2 byl 0, tzn., že žížaly preferovaly oba substráty stejně.

**Klíčové slová:** kompost, rozložitelný plast, kalifornské žížaly

### PodĎakovanie

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu IGA – ZF/2016 – AP008 Studium rozložitelnosti biopolymerů v komponovacím procesu.

### Literatúra

AMORIM, M.J.B., RÖMBKE, J., SOARES, A. M.V.M., 2005: Avoidance behaviour of *Enchytraeus albidus*: Effects of Benomyl, Carbendazim, phenmedipham and different soil types, *Chemosphere*, 59, 4: 501–510. ISSN 0045-6535.

AMORIM, M.J.B., Novais, S., Römbke, J., Soares, A.M.V.M., (2007a). *Enchytraeus albidus* (Enchytraeidae): A test organism in a standardised avoidance test? Effects of different chemical substances. *Environment International*, doi:10.1016/j.envint.2007.08.010

AMORIM, M.J.B., Novais, S., Römbke, J., Soares, A.M.V.M., (2007b). Avoidance test with *Enchytraeus albidus* (Enchytraeidae): Effects of different exposure time and soil properties, *Environ. Pollut.* (2007), doi:10.1016/j.envpol.2007.10.028

CAPOWIEZ, Y., BELZUNCES, L., (2001). Dynamic study of the burrowing behaviour of *Aporrectodea nocturna* and *Allolobophora chlorotica*: interactions between earthworms and spatial avoidance of burrows. *Biology and Fertility of Soils* 33, 310–316.

CZAJA-JAGIELSKA, N. and MELSKI, K. 2013. Biodegradation of Starch-Based Films in Conditions of Nonindustrial Composting. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(4): 1039–1044. ISBN: 1230-1485

DE SOUSA, A. P. A., DE ANDRÉA, M. M., 2011: Earthworm (*Eisenia andrei*) avoidance of soils treated with cypermethrin. *Sensors*, 11, 12: 11056–11063, ISSN 1424-8220.

DŘÍMAL, P.: Hodnocení degradace polymerních průmyslových látek v půdním prostředí. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Technologická fakulta. Ústav inženýrství ochrany životního prostředí, 2007. 145 s. Disertační práce.

ISHIGAKI, T., SUGANO, W., NAKANISHI, A., et. al. 2004. The degradability of biodegradable plastics in aerobic and anaerobic waste landfi ll model reactors. *Chemosphere*, 54(3):225–33. ISSN: 0045-6535

ISO 17512-1, 2008: Soil quality – Avoidance test for determining the quality of soils and effects of chemicals on behaviour – Part 1: Test with earthworms (*Eisenia fetida* and *Eisenia andrei*).

ISO 17512-2 (2008): Soil quality – Avoidance test for determining the quality of soils and effects of chemicals on behaviour – part 2: Test with collembolans (*Folsomia candida*). Geneva: International Organization for Standardization.

LOUREIRO, S., SOARES, A. M. V. M., NOGUEIRA, A. J. A., 2005: Terrestrial avoidance behaviour tests as screening tool to assess soil contamination. *Environmental Pollution*, 138, 1: 121–131. ISSN 0269-7491.

PAŘÍZEK, O.; DOLEJŠOVÁ, R.; KOBETIČOVÁ, K. (2013): Test únikového chování s chvostoskokem. In *Inovativní sanační technologie ve výzkumu a praxi VI*, *Inovativní sanační technologie ve výzkumu a praxi VI*.

PRIESSNITZ, J.: Testy únikového chování v půdní ekotoxikologii. Brno: Masarykova univerzita. Přírodovědecká fakulta. Výzkumné centrum pro chemii životního prostředí a ekotoxikologii, 2008. 60 s. Bakalářská práce.

RÖMBKE, J. (2003). Ecotoxicological laboratory tests with Enchytraeids: A review. *Pedobiologia* 47, 456-463.

SCHAEFER, M., 2003: Behavioural endpoints in earthworm ecotoxicology: Evaluation of different test systems in soil toxicity assessment. *Journal of Soils and Sediments*, 3, 2: 79–84. ISSN 1439-0108.

SLIMAK, K. M. (1997). Avoidance response as a sublethal effect of pesticides on *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta), *Soil Biol. Biochem.* 29 713–715.

ŠKARKOVÁ, P.: Využití organismu *Eisenia foetida* v testech ekotoxicity. Brno: Vysoké učení technické. Fakulta chemická. Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí, 2012. 84 s. Diplomová práce.

## | Veda mladých 2016

TICHÁ, Z.: Rozložitelnost plastů v aerobním a anaerobním prostředí. Brno: Mendelova univerzita v Brně. Agronomická fakulta. Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky, 2014. 158 s. Disertační práce.

**Kontaktná adresa:** Ing. Martin Dušek, Ústav zahradnické techniky, Zahradnická fakulta v Lednici, Mendelova univerzita v Brně, Valtická 337, 691 44 Lednice, Česká republika, Tel.: + 420 519 367 373, Email: mardu@seznam.cz

## **SURVEYING OF VEĽKÁ HANGÓCKA WATER RESERVOIR AND ITS PROCESSING IN GIS**

Jakub FUSKA<sup>1</sup>, Lenka LACKÓOVÁ<sup>1</sup>, Jozefína POKRÝVKOVÁ<sup>1</sup>, Mária LEITMANOVÁ<sup>1</sup>, Daniel KUBINSKÝ<sup>2</sup>, Karol WEIS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Slovak University of Agriculture in Nitra, <sup>2</sup>Constantine the Philosopher University,

<sup>3</sup>University of Matthias Bel in Banská Bystrica

### **Abstract**

This paper is focused on the field survey of the water reservoir Veľká Hangócka, Nitra district, Slovakia, and its use for the purposes of the visualization of its bottom topography and parameters of the storage capacity.

Data collection was performed in May 2016 as the field surveying with use of non-contact depth sonar measurement and GNSS surveying for obtaining the position coordinates. Collected data was used to visualize the bottom topography and to calculate the parameters of the area-storage capacity curve. This was performed with the use of “ASC\_Curve” tool – Python script developed at Department of Water resources and environmental engineering of Slovak University of Agriculture in Nitra.

**Keywords:** area-storage capacity curve, TIN model, water reservoir

### **Introduction**

Water reservoirs as the part of surface waters are the primary water source (Tárnik et al., 2015) and they are strongly affected (water quality and quantity) by the activities in the reservoir watershed (Kaleťová et al., 2013). Water reservoirs are important part of the environment and they are changing in various ways, such as chemism, biota and microbiology, morphology and topography of bottom and so on. Some of these changes are occurring slowly, some are rapid. Siltation of water reservoir that is changing the topography of bottom is caused by erosion processes that occur in the watershed (Halaj et al., 2013). Morphology changes can be caused also by processes of shoreline erosion that shifts the shoreline (Pelikán et al., 2015). Sediment accumulation leads to the variety of negative effects; such as loss of the water storage capacity due to siltation and affecting of the biota and ecological water quality (Ahmed and Sanchez

2011, Pradhan et al. 2011, Jurík et al. 2015), while human-caused pollution can lead to accumulation of pollutants in sediments (Policht-Latawiec et al., 2015). Water reservoir siltation leads to the 0.5-1% annual loss of the reservoir storage worldwide (White, 2010) – in extreme situations it can lead to disappearing of the particular reservoirs (Choiński and Ptak, 2009).

Reservoir water volume analysis is important water management information usable for various purposes such as storage capacity or fish density (Cross and Moore, 2014) or for irrigation purposes (Bárek et al., 2013). Total water volume can be determined with the use of raster DEM of the reservoir bottom (Kress et al., 2005), or as the comparison of two raster elevation models (Ceylan et al., 2005).

Water storage capacity and water surface area of reservoir are changing in accordance to the topography of the bottom and the water level elevation, this function is described by „Area and capacity curve“ (U.S. Bureau of Reclamation, 1987) or „Area-storage capacity curve“ (Issa et al., 2015) or „Elevation-area and elevation-capacity curves“ (U.S. Department of the Interior, 2001). In Slovakia, the name „bathymetric curve“ is used (Jurík et al., 2011). This curve determines the water surface area and amount (volume) of water at the given water level elevation.

## Materials and methods

### Study site

Study was focused only on the water reservoir Veľká Hangócka located in Nitra city park, Nitra District, Slovakia (Figure 1), which is artificial oxbow lake – residual old water channel of river Nitra that emerged as result of the river Nitra modification works from the 20th century. During the modification works emerged three new reservoirs – Malá Hangócka, Old river channel in Sihot' and Veľká Hangócka (Figure 2).



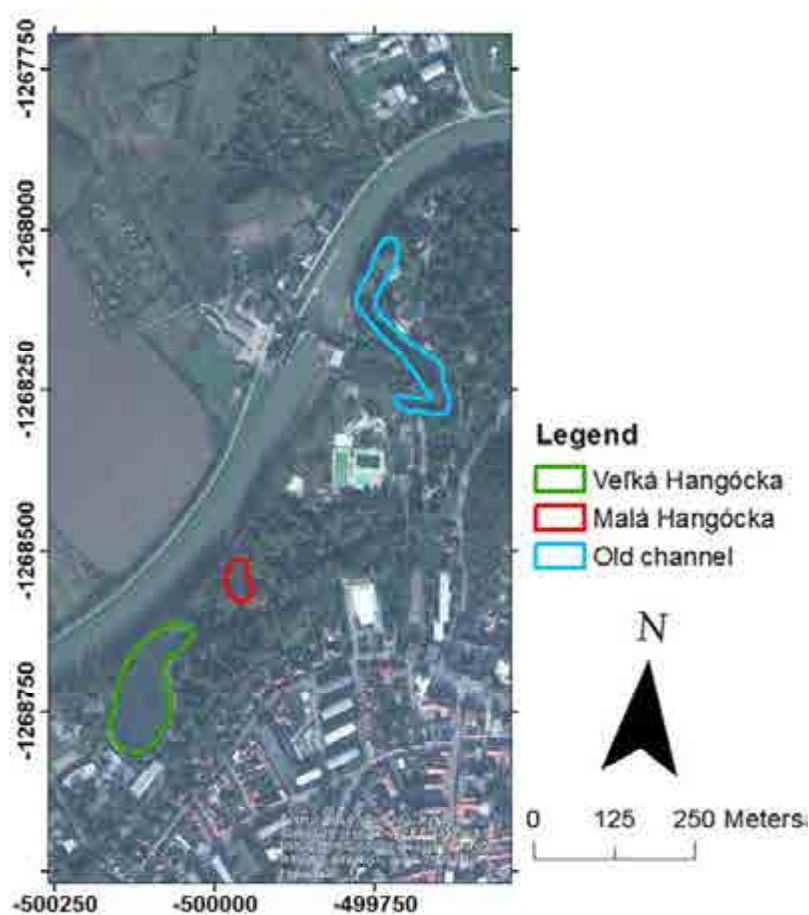
Fig. 1 Location of the water reservoir Veľká Hangócka

## | Veda mladých 2016

Veľká Hangócka intake of water from Nitra river is performed with the Ø400 mm pipe. Outlet structure from Veľká Hangócka - Ø400 mm pipe leads to the Malá Hangócka. Outlet structure from Malá Hangócka – Ø600 mm pipe leads to the Old river channel in Sihoť. (Water-Management Enterprise, 1999).

Table 1 Parameters of the water reservoirs in Nitra city park

| Reservoir name             | Water surface area [m <sup>2</sup> ] | Water level elevation [m ASL] |             |         |
|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------|---------|
|                            |                                      | maximum                       | operational | minimum |
| Veľká Hangócka             | 13445                                | 140.62                        | 140.42      | 139.62  |
| Malá Hangócka              | 1835                                 | 139.62                        | 139.4       | 138.9   |
| Old river channel in Sihoť | 11010                                | 138.1                         | 137.85      | 137.47  |



Fig, 2 Water reservoirs in Nitra City park

### **Input data**

Analysis of the water volume and topography requires the creation of the digital elevation model (DEM) of the bottom. For the creation of this bottom, we collected the point data of the bottom with the use of non-contact surveying. This was done during the sail with the raft boat propelled with the electric engine. Position data of the vessel (x,y,z-coordinates) were collected with GNSS receiver Leica GS 12 that works in RTK mode to provide high quality data. Depth measurement was performed with sonar GARMIN GPS map 421s with 200 kHz transducer. Depth data was automatically sent to GNSS receiver via NMEA cable connection and stored as the point annotation for each surveyed point – these points were collected automatically each 2 meters of the sailing.



Fig. 2 Data collection

### **Data processing**

Data processing was performed in MS Excel, where the data manipulation was executed to obtain the x and y coordinates in S-JTSK coordinate system and z coordinate of the bottom (z coordinate was calculated from the z coordinate of the GNSS vessel elevation combined with the depth measured with sonar).

Processed point data was loaded in ArcMAP 10.2 as the points of the bottom (Figure 4). These points were used to create TIN model of the bottom, which is required for the demanded analysis of the water reservoir Veľká Hangócka.

Map of the reservoir bottom topography was created to display detailed morphology and the elevation of the reservoir bottom.

Calculation of the area-storage capacity curves (ASC curves) was performed with the own Python script named "ASC\_Curve" built with the "arcpy" site-package, which allows user to calculate the parameters of the water depth division, for which the parameters of water volume and water surface area are calculated.

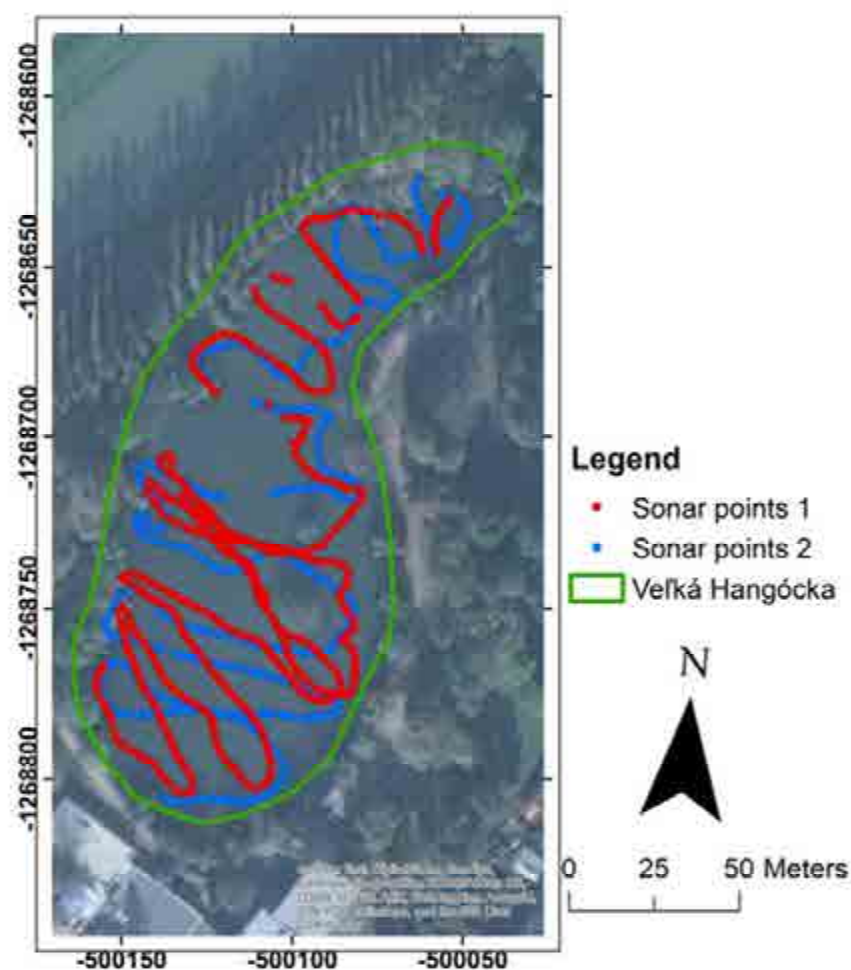


Fig. 4 Collected data

## Results and discussion

Field surveying was performed in May of 3rd 2016, when we collected 763 points during 43 minutes. These points were afterwards processed in office, where we removed the points with 3D accuracy worse than 50 mm to provide only high quality data. Worse accuracy is usually result of the sailing near the trees that blocks the perception of the GNSS signal. We also removed the points that lack the depth surveying data as the communication via NMEA cable can be sometimes malfunctioning. After the processing and loading there left 665 points for the Veľká Hangócka bottom DEM creation.

For the creation of the TIN model we required also the boundary of the reservoir – polygon of its shoreline. It was created with the use of the orthophotomap, which was also used to create the boundaries of two small islands in the reservoir. Island terrain was not able to be surveyed,

so we were able only to place points manually with the approximate elevation from visual surveying during the sail, elevation of islands terrain was estimated 0.4 m above the water level. Point data and reservoir shoreline boundary were used to create the water reservoir bottom TIN model in ArcMAP 10.2 with applying the Delaunay triangulation rules. Afterwards the contour map was created from the created TIN model (Figure 5).

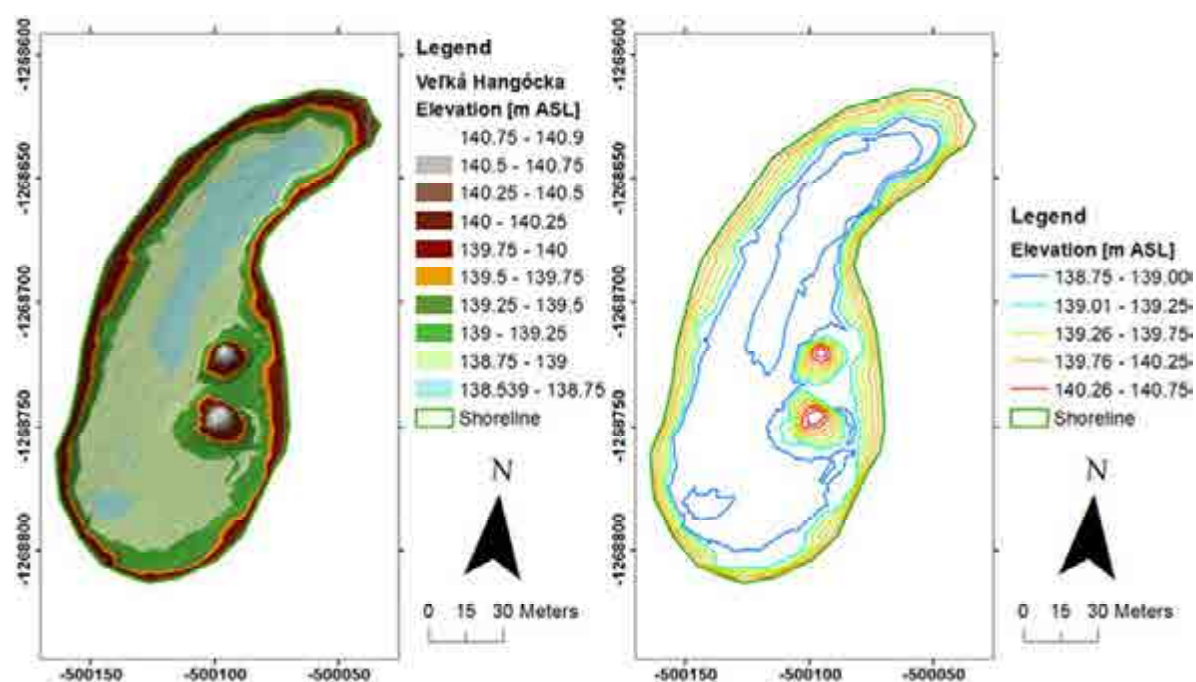


Fig. 5 Map of the Veľká Hangóčka bottom topography – TIN model and contour map

Calculation of the area-storage capacity curves parameters was performed with the tool “ASC\_Curve” (Figure 6), this tool was developed at Department of Water resources and environmental engineering of Slovak University of Agriculture in Nitra. This tool is developed to be stored as stand-alone script that can be run from the folder containing the analysed TIN model (or more models). ASC\_Curve automatically gathers minimum and maximum elevation from selected TIN model, path to the folder and name of the analysed TIN model. Afterwards the user can set the boundary elevations (minimum and maximum) and the interval of the water depth division – elevation difference for analysis of the reservoir. ASC\_Curve allows the user to set the option of the calculation direction (from the top to the bottom or from bottom to the top).

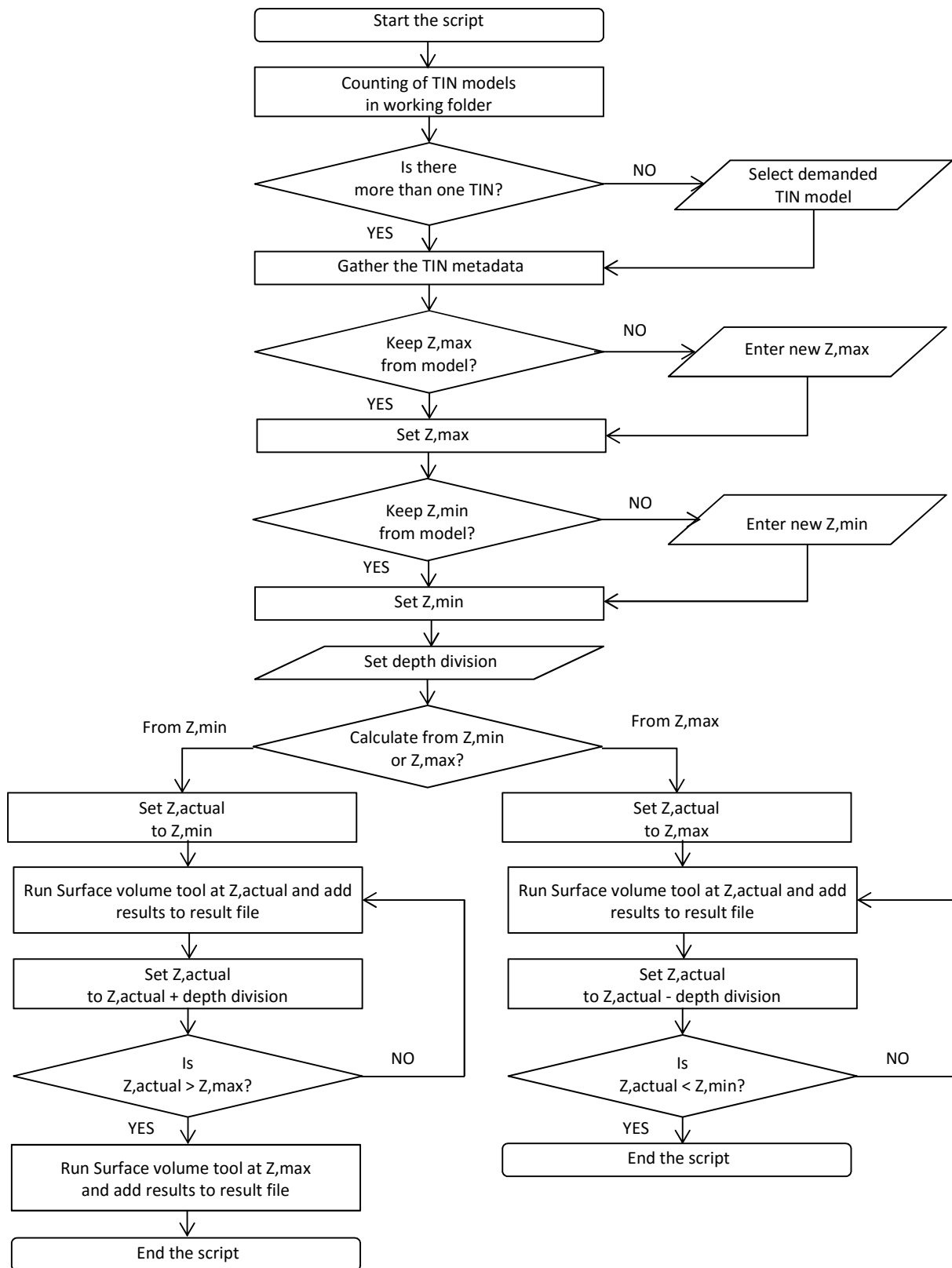


Fig. 6 Flow chart of ASC\_Curve tool for the calculation of the area-storage capacity curves

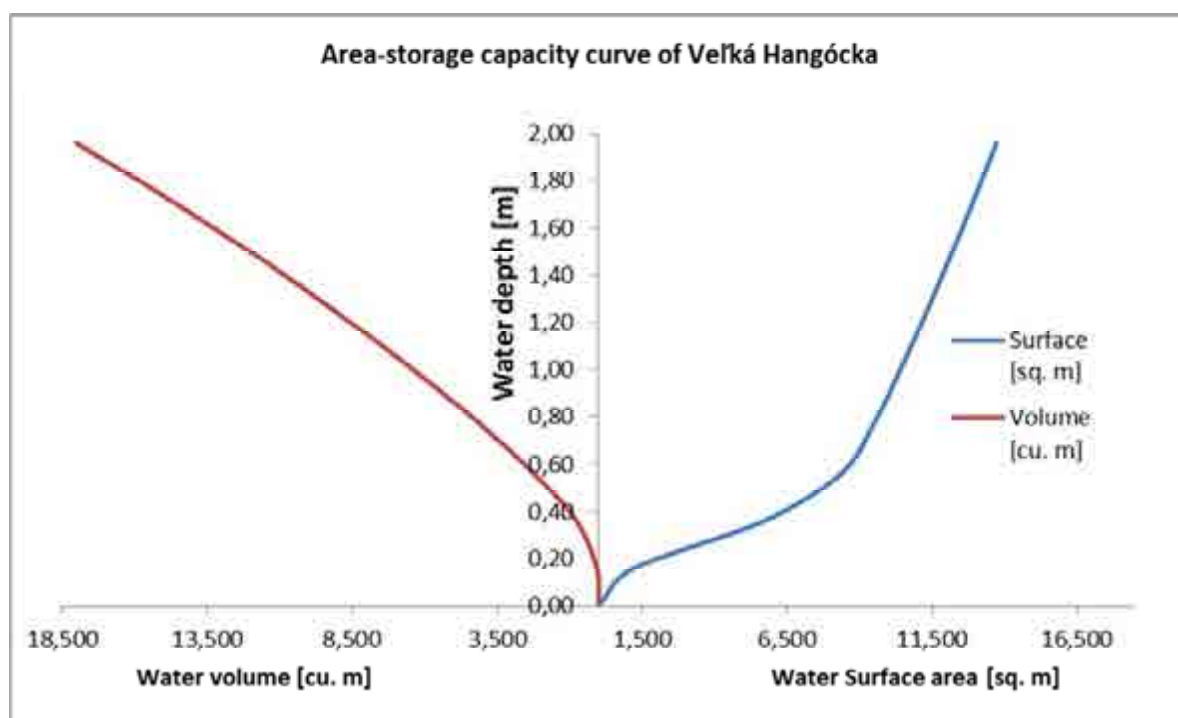


Fig. 7 Area – storage capacity curve of Veľká Hangócka

Table 2 Parameters of the area-storage capacity curve of Veľká Hangócka

| Elevation [m ASL] | Water depth [m] | Surface [sq. m] | Volume [cu. m] |
|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 140.50            | 1.96            | 13719.79        | 18021.35       |
| 140.30            | 1.76            | 13079.18        | 15341.01       |
| 140.10            | 1.56            | 12412.42        | 12791.42       |
| 139.90            | 1.36            | 11719.51        | 10377.79       |
| 139.70            | 1.16            | 11000.69        | 8105.35        |
| 139.50            | 0.96            | 10252.87        | 5979.27        |
| 139.30            | 0.76            | 9447.15         | 4008.05        |
| 139.10            | 0.56            | 8347.35         | 2215.03        |
| 138.90            | 0.36            | 5701.31         | 763.73         |
| 138.70            | 0.16            | 1223.29         | 62.16          |
| 138.54            | 0.00            | 0.00            | 0.00           |

Water volume for the maximum water level from operation manual (140.42 m ASL) is 13445 m<sup>3</sup>, our calculation shows that the current water volume at water level in the day of field surveying (140.50 m ASL) is 13720 m<sup>3</sup>. This shows that the results of the non-contact surveying, data processing in GIS and analysis of area-storage capacity curve offer the high quality of results for the further use in water management applications.

This tool was developed by J. Fúška, D. Kubinský and K. Weis and it is free to download at the link <http://bit.ly/1Oxbnfi>, original link is <http://www.dkubinsky.sk/blog/veda-a-vyskum/automaticky-vypocet-plochy-a-objemu-vyvoj-nastroja-na-baze-python-skriptu-pre-arccgis>.

This script is available for the use for the experts or public in non-governmental, academic or commercial use, but it is necessary to take in mind that developers do not take any responsibilities for the errors or damages caused by the use of this script. We do not guarantee the functionality and the use of this script is on the own responsibility and risk of the user.

### Conclusion

Water reservoir Veľká Hangócka, Nitra district, Slovakia, is a part of the old river channel – oxbow lake. This reservoir was created in 20<sup>th</sup> century during river modification works. This reservoir documentation lacks the bottom topography data (contour map, profiles, etc.)

Our study created the map of the reservoir bottom topography in the format of TIN model. Data for the TIN model creation were collected as non-contact surveying with the use of GNSS and sonar surveying – in May of 3<sup>rd</sup>, when 763 points was collected. 665 points were used for creation of TIN model for description of reservoir bottom topography. This model was also used for the calculation of area-storage capacity curves with the use of the Python script tool “ASC\_Curve”. The result of Area-storage capacity curve calculation has shown that in the day of surveying there was approx. 13700 m<sup>3</sup> water volume – this data is very similar to the data from the operation manual of this reservoir.

Research has shown the opportunities and possibilities of the usage of non-contact surveying for the description of the existing water reservoirs, which offers the ability of updating of the existing data that are usually in bad conditions or missing completely.

Potential of the area-storage capacity curve is mainly in the regular assessment of the storage capacity of the smaller water reservoirs. The use of echosounding equipment is currently widely used in the research of water reservoirs worldwide to provide digital elevation models (TIN or raster) of current reservoir bottom. The usage of the “ASC\_Curve” offers the opportunity of easy and fast calculation and it can be used for comparison and assessment of the development

of the storage capacity and water volume in time. This is the necessary data and application for the irrigation, fish production and drinking or industrial water supply.

### Acknowledgement

This study was supported with the following grants and projects:

- APVV-15-0562: Effective irrigation management as a device of changing climate
- APVV SK-PT-2015-0005: Establishing new scientific and research networking in the field of water reservoir storage capacity monitoring addressing the issue of climate change
- VEGA 1/0456/14: Management of the Soil Moisture Regime as a Tool for Climate Change Adaptation
- VEGA 2/0054/14: The impact of biological soil crust and microtopography on infiltration and flow of water in sandy soil

### References

AHMED K. B., SANCHEZ M. 2011. A study of the factors and processes involved in the sedimentation of Tarbela reservoir, Pakistan. *Environmental Earth Sciences*, 62, PP. 927—933.

BÁREK, V., HALAJ, P., ŽEMBERY, J., BÁREKOVÁ, A. (2013) Modern management methods in microirrigation use. In *Water resources. Forest, marine and ocean ecosystems*. Sofia: STEP92 Technology, 2013, s. 221--228. ISBN 978-619-7105-02-5

CEYLAN A., KARABORK H., EKOZOGLU I. 2011. An analysis of bathymetric changes in Altinapa reservoir. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 6(2), PP. 15—24.

CROSS B. K, B. C. MOORE. 2014. Lake and reservoir volume: hydroacoustic survey resolution and accuracy. *Lake and Reservoir Management* 30. <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10402381.2014.960115>

HALAJ P., BÁREK V., HALAJOVÁ D., BÁREKOVÁ A., STREĎANSKÝ J., ŠINKA Z. (2013). Effect of catchment land use on hydromorphological status of streams in agricultural land. In *Water resources. Forest, marine and ocean ecosystems*. Sofia: STEP92 Technology, 2013, ISBN 978—619—7105—02—5

CHOIŃSKI A., PTAK M. 2009. Lake Infill as the Main Factor Leading to Lake's Disappearance. *Polish Journal of Environmental Studies*; 2009, 18, 3, PP. 347—352.

ISSA I. E., AL-ANSARI N. A., KNUTSSON S. 2015. Area-Storage Capacity curves for Mosul Dam, Iraq Using Empirical and Semi-Empirical Approaches. *Hydropower* 15

JURÍK Ľ., PIERZGALSKI E., HUBAČÍKOVÁ V. 2011. Vodné stavby v krajine. Malé vodné nádrže. Slovak University of Agriculture, Nitra.

JURÍK Ľ., HÚSKA D., HALÁSZOVÁ K., BANDLEROVÁ A. 2015. Small water reservoirs – sources of water or problems? In Journal of Ecological Engineering, Volume 16, Issue 4. Pp. 22-28

KALETOVÁ T., MANDALOVÁ K, STRADIOT P. 2013 Evaluation of sustainable development with respect to land use and water quality in the Poprad catchment, In Acta hydrologica slovac, Issue 14, nr. 2, pp. 437-445

KRESS, W. H., SEBREE, S. K., LITTIN, G. R., DRAIN, M. A., KLING, M. E. 2005. Comparison of preconstruction and 2003 bathymetric and topographic surveys of Lake McConaughy, Nebraska. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 20055040. Nebraska (The Central Nebraska Public Power and Irrigation District).

PELIKÁN, P., ŠLEZINGR, M. (2015). Parameters of wind driven waves on Nove Mlyny water reservoir. In Water Management and Hydraulic Engineering 2015. 1. edition. Brno: Institute of Water Structures, FCE, BUT, PP. 55–64. ISBN 978–80–214–5230–5.

POLICHT-LATAWIEC A., BOGDAL A., KANOWNIK W., KOWALIK T., OSTROWSKI K. (2015). Variability of physicochemical properties of water of the transboundary Poprad river. In: Journal of Ecological Engineering. Vol. 16/1. PP. 100–109. DOI: 10.12911/22998993/593

PRADHAN D., ANCEV, T., DRYNAN R., HARRIS M. (2011). Management of water reservoirs (Embungs) in West Timor, Indonesia. Water Resources Management, 25, 339–356.

TÁRNIK A., IGAZ D. 2015. Quantification of soil water storage available to plants in the Nitra river basin. In Acta scientiarum Polonorum, Vol. 14, no. 2, pp. 209-216

U. S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, 1985. Design of small dams. A Water Resources Technical Publication. Third Edition

U. S. Department of the Interior, 2001. Procedural Documentation and Accuracy Assessment of Bathymetric Maps and Area/Capacity Tables for Small Reservoirs

Water-Management Enterprise. (1999) Operation manual for small lakes in the Nitra city park.

WHITE W. R. 2010. World water: resources, usage and the role of man-made reservoirs. Buckinghamshire: Foundation for Water research. <http://www.fwr.org/wwtrstrg.pdf> (Online at 20. 9. 2015) 2010

## | Veda mladých 2016

**Kontakt address:** Ing. Jakub Fuska, PhD., Department of Water resources and Environmental Engineering, Slovak University of Agriculture in Nitra, Hospodárska 7, 949 76 Nitra, Slovakia, email: fuska.jakub@gmail.com

**VÝSKYT A KONCENTRÁCIA VOĽNÝCH AMINOKYSELÍN VO VYBRANÝCH VZORKÁCH  
HLIVY USTRICOVITEJ  
(*PLEUROTUS OSTREATUS*)**

**INCIDENCE AND CONCENTRATION OF FREE AMINO ACIDS IN SELECTED SAMPLES  
OF OYSTER MUSHROOM  
(*PLEUROTUS OSTREATUS*)**

Marcel GOLIAN<sup>1</sup>, Eva SZABOVÁ<sup>1</sup>, Mariana IVANOVÁ<sup>2</sup>, Alžbeta HEGEDŰSOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, <sup>2</sup>Ústredný kontrolný a skúšobný ústav  
poľnohospodársky v Bratislave

**Abstract**

This work deals with the presence of free amino acids in selected samples fruiting bodies of edible oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). It is well known that the oyster mushroom contains 16-18 free proteinogenous amino acids, and all the essential amino acids, important for the human body, are belonging between them. The experiment confirmed overall 17 amino acids in the observed samples. Their content, however, was different, which can be caused by cultivation method fruiting bodies, growing medium or strain of the oyster mushroom. Based on the findings, we can conclude that the oyster mushroom can be regarded as a valuable food applicable in human nutrition.

**Keywords:** *Pleurotus ostreatus*, oyster mushroom, free amino acids

**Úvod**

*Pleurotus ostreatus* je ojedinele parazitická, najčastejšie saprofytická huba, vyskytujúca sa na odumierajúcich alebo už odumretých stromoch, obvyčajne v listnatých lesoch, zvyčajne na drevinách mierneho pásma, ako buk a dub. Môže rásť na odlomených konároch, zlomených a vyvrátených stromoch, ale aj zvyškoch po ťažbe, ako napríklad na poraste ostávajúcich pňov. Vyskytuje sa hlavne v európskych lesoch, kde je plne autochtónna. Za ideálnych podmienok

plodí od konca leta, cez jeseň až do zimy. Nezriedka ju možno zahliadnuť aj v chladných mesiacoch, ako je január a február. Hliva ustricovitá je chuťou a vlastnosťami príjemná, mierne korenistá huba (O'Reilly, 2011). V praxi sa najčastejšie pestujú medzidruhoví kríženci a vyšľachtené kmene pôvodných botanických druhov, ktoré sa líšia od botanických divokých kmeňov hlavne rýchlosťou vývoja plodnice, výnosmi a ďalšími špecifickými vlastnosťami. Plodnice vyšľachtených druhov a kmeňov možno len ťažko rozoznať od pôvodného botanického druhu. Farba klobúka poukazuje na teplomilnosť alebo chladnomilnosť kmeňov, pričom chladnomilné kmene majú farbu plodnice tmavú a teplomilné svetlú. Pestovanie hlivy ustricovitej patrí spomedzi všetkých pestovaných húb azda ku najjednoduchším. Podstatné je, aby si samotný pestovateľ uvedomil, že hliva ustricovitá ako taká, rastie v podmienkach in situ na dreve, nad zemou, vo vlhkých a svetlých, prevažne listnatých lesoch (Kurtzman, 2010). Hliva ustricovitá je často vyhľadávaná predovšetkým kvôli jej lahodnej chuti, avšak nemenej významné je jej látkové zloženie. Obsahuje vysoké množstvo bielkovín a sacharidov, minerálnych látok, ako je draslík, vápnik, fosfor, železo a iné, vitamíny B skupiny, hlavne thiamín, riboflavín a niacín, ako aj nízky obsah tuku (Sturion a Oetterer, 1995, Justo *et al.*, 1998, Manzi *et al.*, 1999). Podľa Silveiru *et al.* (2006) energetické hodnoty *P. ostreatus* sú medzi 139,36 až 213,05 kcal.100 g<sup>-1</sup> čerstvých húb. Hýfy sú zložené z komponentov bunkových stien húb, ako je chitín, rôzne hemicelulózy a β-glukány, ktoré často hrajú kľúčovú úlohu vo farmakologickom využití húb. Napríklad pri posilnení funkcie makrofágov, odolnosti proti mnohým bakteriálnym, vírusovým, plesňovým a parazitárnym infekciám, aktivácii nešpecifickej imunitnej stimulácie, znižovaní hladiny cholesterolu v krvi a hladiny glukózy v krvi (Cheung, 2009). Hoci huby nie sú rastliny, z pohľadu dietetických vlastností sú často radené medzi zeleniny. Vo všeobecnosti však platí, že všetky druhy sú výživné s vysokým obsahom bielkovín a vláknin a nízkym obsahom tuku. Pri pravidelnej konzumácii sa môžu stať alternatívou mäsa a rýb. Pri rozhodovaní spotrebiteľov sú hlavným faktorom senzorické vlastnosti potravín (Clark, 1998). Čo sa týka chuti, tradične uznávané sú štyri základné typy, t. j. sladká, kyslá, slaná a horká. Chuť umami bola navrhnutá ako piata základná chuť. Je to charakteristická chuť dodávaná glutamátom a 5'-ribonukleotidmi ako je inozín 5'-monofosfát a *guanozín 5'-monofosfát*. Túto výraznú chuť objavil prvýkrát v roku 1908 K. Ikeda, ktorý použil termín "Umami" k jej identifikácii. Najbližšie príbuzné termíny sú pikantný, mäsitý, vývaru podobný (Yamaguchi, Ninomiya, 2000). Chuť do značnej miery závisí od druhu a množstva aminokyselín. Peptidy všeobecne pokrývajú v podstate celú škálu chuti. Kyslú a slaná nemožno pripísať peptidom ako takým, pretože je dôsledkom prítomnosti nabitých terminálov a/alebo nabitých postranných reťazcov. Ďalšie tri chute, to znamená sladká, horká a umami, sú zastúpené rôznymi skupinami peptidov. Chuť závisí aj na konformácii aminokyselín. Najčastejšie páry horko-sladkých izomérov sú štruktúrne izoméry nájdené v molekulách, ktoré obsahujú aromatické kruhy, ale v prípade peptidov a aminokyselín, najrelevantnejšie páry pochádzajú z chirálnej izomérie. Inverzia konfigurácie atómu uhlíka nepolárnej aminokyseliny zmení chuť z horkej na sladkú: L-Trp, L-Phe a L-Tyr chutí horko (v zostupnom poradí), D-Trp, D-

Phe a D-Tyr chutia sladko (Temussi, 2011). Už Solms v roku 1969 popisuje chuť čistých aminokyselín: Bežné čisté aminokyseliny sú chuťovo neutrálne: vôbec alebo len ťažko postrehnuteľná chuť (D-Ala, D- a L-Arg, D- a L-Asp, D-Glu, L-His, D- a L-Ile, D- a L-Lys, D- a L-Pro, D- a L-Ser, D- a L-Thr, D- a L-Val), sladká chuť (v poradí podľa klesajúcej sladkosti : D-His, D-Phe, D-Tyr, D-Leu, L-Ala, Gly), horká chuť (v poradí podľa klesajúcej horkosti: L-Phe, L-Tyr, L-Leu) slaná chuť (D- a L-Cys a D- a L-Met). L-glutámová kyselina má jedinečnú chuť. Bagnasco *et al.* v roku 2014 zistili chuť umami u niektorých aminokyselín, ako je napríklad kyselina glutámová, glutamín, asparagín a arginín. Pre väčšinu aminokyselín je charakteristická hlavne horká chuť a/alebo sladká chuť (Bagnasco *et al.*, 2014; Shallenberger, 2012). Aminokyseliny obsahujúce atómy síry vyvolávajú sírnu príchuť. Kyselina asparágová a kyselina glutámová chutia kyslo, ich sodné soli chutia slano, ako komplex vytvárajú chuť umami. Prvá izolovaná aminokyselina glycín má sladkú chuť. Aminokyseliny s chirálnym atómom uhlíka s obsahom okolo 20 % L-formy chutia sladko (L-Ala, Thr, roztoky Pro a hydroxy-prolínu) alebo horko-sladko (Val, Met). L-Gln a L-Asp sú kategorizované ako aminokyseliny bez chuti alebo horko chutiace (Shallenberger, 2012). V experimente boli skúmané voľné proteínogénne aminokyseliny, ktoré sú charakteristické konformáciou L- $\alpha$ -aminokyselín.

Tabuľka 1 Chuťové vlastnosti voľných aminokyselín v hlive ustricovitej

| Aminokyselina       | Skratka aminokyseliny | Chuť                   |
|---------------------|-----------------------|------------------------|
| glycín              | GLY                   | -                      |
| alanín              | ALA                   | Sladká (+)             |
| izoleucín           | ILE                   | Horká (-)              |
| leucín              | LEU                   | Horká (-)              |
| valín               | VAL                   | Sladko/horká (-)       |
| serín               | SER                   | Sladko/horko/kyslá (+) |
| treonín             | THR                   | Sladká (+)             |
| kyselina asparágová | ASP                   | Kyslá (+)              |
| kyselina glutámová  | GLU                   | Kyslá (+)              |
| glutamín            | GLN                   | Slano/horká (-)        |
| arginín             | ARG                   | Horká (-)              |
| lyzín               | LYS                   | Sladko/horká (-)       |
| cysteín             | CYS                   | Horko/slادká (-,S)     |
| fenylalanín         | PHE                   | Horká (-)              |
| tyrozín             | TYR                   | Bez chuti (x)          |
| histidín            | HIS                   | Horká (-)              |
| ornitín             | ORN                   | -                      |

Vysvetlivky: (+ = príjemné, - = nepríjemné, x = neklasifikovateľné, S = sírne)

Table 1: Taste characteristics of free amino acids in oyster mushroom

### **Materiál a metódy**

Priebeh experimentu:

- Zaobstaranie plodníc hlivy ustricovitej kúpou bez bližšej špecifikácie konkrétneho kmeňa:
  - o Variant A (SR): plodnice obstarané kúpou na Slovensku
  - o Variant B (HU): plodnice obstarané kúpou v Maďarsku
- Izolácia čistej kultúry hlivy ustricovitej z obstaraných plodníc:
  - o odobratie mycélia v sterilných podmienkach z vnútra plodnice,
  - o naočkovanie sterilného zemiakovo-dextrózového živného agaru,
  - o inkubácia čistej kultúry hlivy ustricovitej v biologickom termostate pri teplote 25°C po dobu 7 dní,
  - o získanie čistých kultúr niekoľkonásobným preočkovaním na zemiakovo-dextrózovom živnom agare.
- Produkcia inokula (sativa) na očkovanie pestovateľského substrátu hlivy ustricovitej:
  - o zmáčanie obilného nosiča (pšenice) v destilovanej vode po dobu niekoľkých hodín,
  - o sterilizácia obilného nosiča v parnom sterilizátore (121°C, 20 minút),
  - o pozvoľné chladenie vysterylizovaného nosiča na izbovú teplotu,
  - o inokulácia nosiča v sterilných podmienkach čistou kultúrou huby,
  - o inkubácia inokula v biologickom termostate pri teplote 25°C cca 14 dní do úplne zbeleného povrchu obilného nosiča.
- Výroba pestovateľského substrátu:
  - o homogenizácia pšeničnej slamy na optimálnu frakciu pre polosuchú kultiváciu hlivy ustricovitej,
  - o naplnenie slamy do polyetylénových vriec,
  - o zalatie slamy horúcou vodou s teplotou cca 100 °C – následné zmáčanie a s tým spojená čiastočná sterilizácia (cca 24 hodín),
  - o samovoľné schladenie na izbovú teplotu,
  - o odstrihnutie rohov vriec - odtečenie prebytočnej vody a CO<sub>2</sub>,
  - o inokulácia substrátu sadbou na obilnom nosiči (cca 5 % sadby z celkovej váhy substrátu),

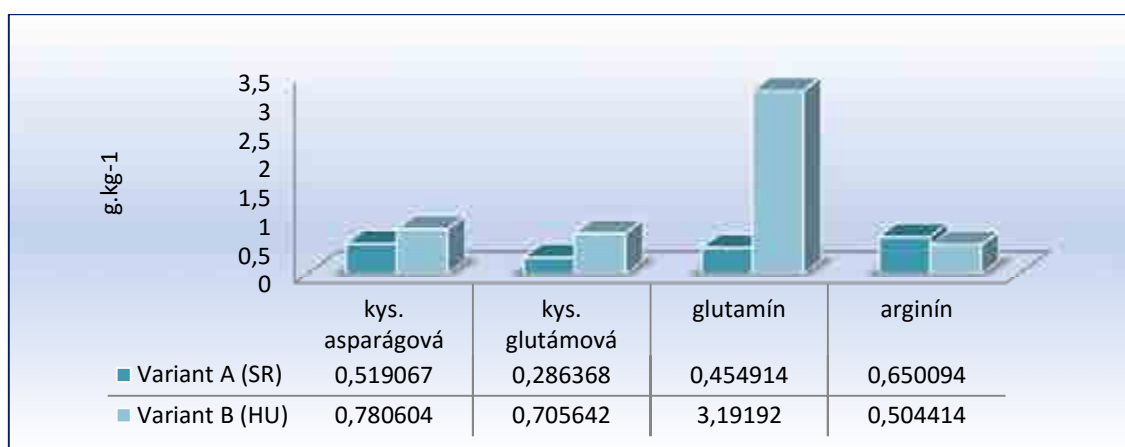
- o kolonizácia substrátu mycéliom pri teplote 25 °C po dobu 2-3 týždňov, až do úplného zbelenia povrchu pestovateľského substrátu.
- Dopestovanie plodníc:
  - o narezanie otvorov po povrchu substrátov o dĺžke cca 5 cm každých 15 cm,
  - o schladenie substrátov pri teplote 7 °C po dobu 24 hodín (podpora iniciácie plodníc),
  - o zabezpečenie optimálnych podmienok pre rast plodníc (odvetrávanie CO<sub>2</sub>, optimálna relatívna vlhkosť vzduchu udržiavaná častým rosením, denné svetlo, teplota cca 20 °C).
- Zber a spracovanie plodníc:
  - o zber v štádiu optimálnej zrelosti plodníc,
  - o mrazenie a uchovávanie plodníc pri teplote -18°C do doby lyofilizácie,
  - o lyofilizácia vzorky a následná homogenizácia rozotrením v trecej miske.
- Analýza priemernej vzorky:
  - o odobranie priemernej vzorky zlyofilizovaných homogenizovaných plodníc,
  - o samotná analýza voľných aminokyselín Automatickým analyzátorom aminokyselín na Výskumnom ústave živočíšnej výroby v Nitre-Lužiankach.
- Vyhodnotenie výsledkov prostredníctvom štatistických tabuliek a grafov.

### Výsledky a diskusia

Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že obsahy analyzovaných parametrov sa v nami sledovaných vzorkách do značnej miery líšili. Vo vzorke z variantu A, teda plodníc obstaraných na území Slovenskej republiky bola zistená v porovnaní s variantom B vyššia koncentrácia jedinej zo sledovaných aminokyselín. Konkrétne šlo o arginín, chuťou radený do skupiny umami, pričom vo variante A bola stanovená jeho koncentrácia 0,650094 g.kg<sup>-1</sup> v lyofilizovanej vzorke a vo variante B 0,504414 g.kg<sup>-1</sup>, čo je o 22,40 % menej. Vo všetkých ostatných prípadoch boli zistené vyššie koncentrácie voľných aminokyselín vo variante B, teda plodníc z Maďarskej republiky. Ďalšie dve detegované aminokyseliny zo skupiny umami boli vo variante B zastúpené v prípade kyseliny glutámovej o 146,41 % vyššej koncentrácii ako vo variante A a v prípade kyseliny asparágovej o

50,38 %. Najväčší rozdiel, čo sa týka koncentrácií, bol v rámci experimentu zistený v poslednej aminokyseline radenej do skupiny umami, teda glutamínu, kde bol zistený o 601,65 % vyšší obsah tejto aminokyseliny v prospech variantu B. Presné hodnoty znázorňujeme v grafe číslo 1. Aminokyseliny s chuťou umami sme klasifikovali podľa Bagnasco *et al.* 2014. Shallenberger, 2012 uvádza, že kyselina asparágová a kyselina glutámová chutia kyslo, ich sodné soli chutia slano, ako komplex vytvárajú chuť umami.

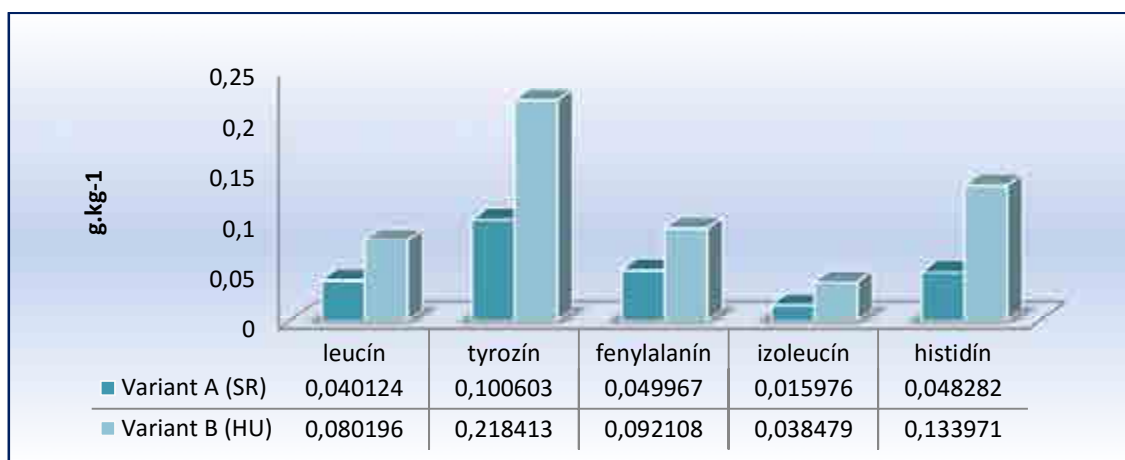
Graf 1 Koncentrácia voľných aminokyselín v hlive ustricovitej spôsobujúcich chuť umami



Graph 1 The concentration of free amino acids in oyster mushroom that cause the umami taste

Ostatné aminokyseliny sme klasifikovali do kategórií horké, sladké a zmiešané podľa Haefeli a Glaser, 1990. Z aminokyselín kategorizovaných ako horko pôsobiace bola zistená vo variante B vyššia koncentrácia leucínu, a to o 99,87 %, tyrozínu o 117,10 %, fenylalanínu o 84,33%, izoleucínu o 140,85 % a histidínu o 177,47 %. Konkrétne hodnoty uvádzame v grafe číslo 2.

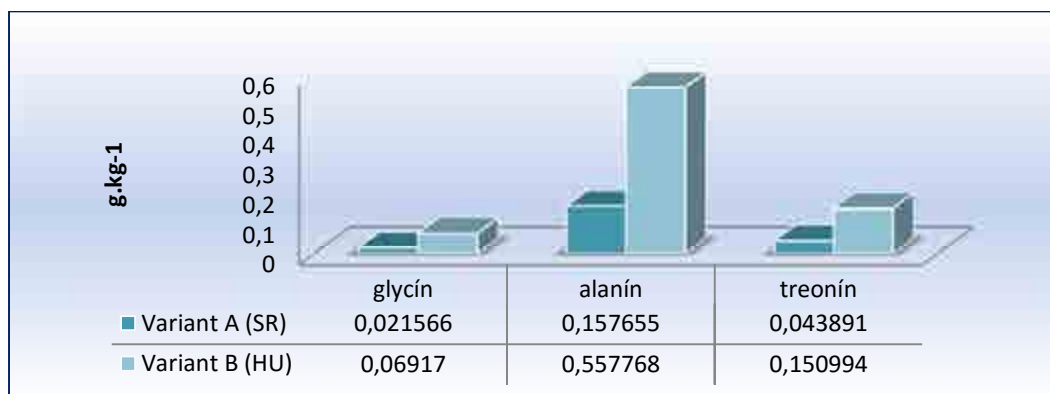
Graf 2 Koncentrácia voľných aminokyselín v hlive ustricovitej spôsobujúcich horkú chuť



Graph 2 The concentration of free amino acids in oyster mushroom that cause the bitter taste

Shallenberger (2012) uvádza, že aminokyselina, ktorej všeobecný vzorec je  $RR'C(NH_2)COOH$  bude chutiť sladko vtedy, ak je R vodíkový atóm, a R' je kratší ako propylová skupina. V prípade voľných aminokyselín spôsobujúcich sladkú chuť sa pohybovala koncentrácia glycínu vo variante B o 220,73 % vyššie ako vo variante A, koncentrácia alanínu o 253,79 % vyššie a koncentrácia treonínu o 244,02 % vyššie ako vo variante A. Hodnoty sú uvedené v grafe číslo 3.

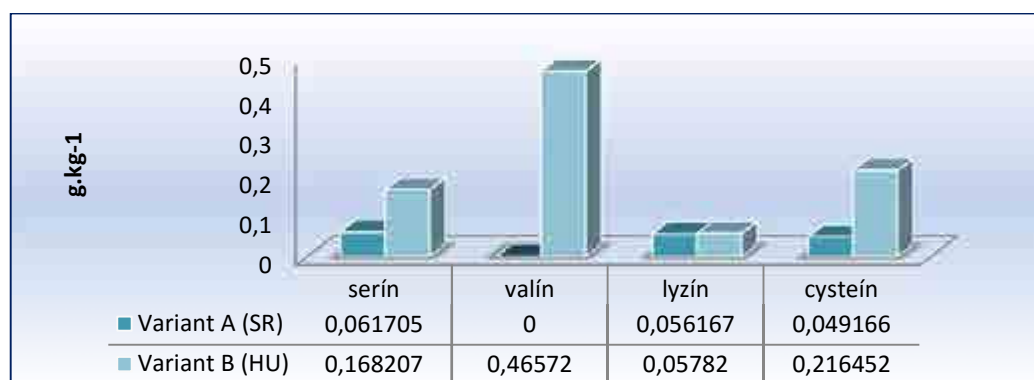
Graf 3 Koncentrácia voľných aminokyselín v hlive ustricovitej spôsobujúcich sladkú chuť



Graph 3 The concentration of free amino acids in oyster mushroom that cause the sweet taste

Identické zistenie nastalo v prípade koncentrácie voľných aminokyselín, ktoré nesú rôznu chuť, sú teda kategorizované ako zmiešané, niektoré literatúry ich uvádzajú aj ako neutrálne (Solms, 1969). Vo všetkých prípadoch bola zistená vyššia koncentrácia vo variante B. Serín (sladko/horko/kyslá aminokyselina) mal vo variante B vyššie zastúpenie v porovnaní s variantom A o 172,59 %, lyzín (sladko/horká aminokyselina) o 2,94 % a cysteín (horko/sladká aminokyselina) o 340,20 %. Obsah valínu (sladko/horká aminokyselina) nebol vo variante A detegovaný, pričom vo variante B bol stanovený na úrovni 0,46572 mg.kg<sup>-1</sup>. Hodnoty sú uvedené v grafe číslo 4.

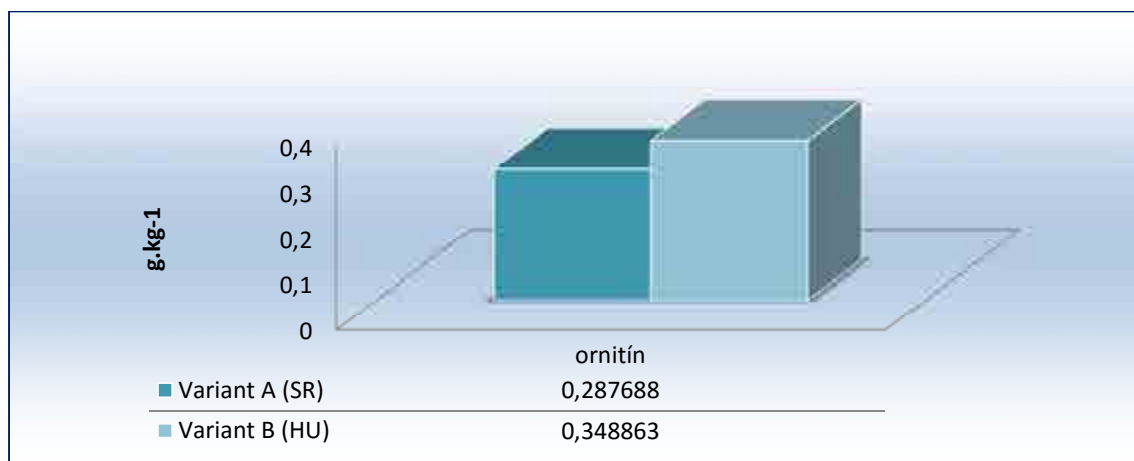
Graf 4 Koncentrácia voľných aminokyselín v hlive ustricovitej kategorizovaných ako zmiešané



Graph 4 The concentration of free amino acids in oyster mushroom in category mixed

Voľná neproteinogénna aminokyselina ornitín bola v hlive ustricovitej obstaranej v Maďarskej republike o 21,26 % viac zastúpená ako v hlive ustricovitej zakúpenej na Slovensku. Dostupná literatúra v súčasnosti túto aminokyselinu nezaraďuje do žiadnej chuťovej skupiny, avšak ani medzi neutrálne. Konkrétne koncentrácie uvádzame v grafe číslo 5.

Graf 5 Koncentrácia voľnej neproteinogénnej aminokyseliny v hlive ustricovitej chuťovo bližšie nešpecifikovanej



Graph 5 The concentration of free non-proteinogenic amino acid in oyster mushroom in category unspecified

Vzniknuté rozdiely v stanovených hodnotách môžu byť spôsobené na základe diverzity pestovateľských substrátov, spôsobom kultivácie alebo produkčným kmeňom hľivy ustricovitej. Na základe obsahu aminokyselín, ktoré dodávajú hlive chuť umami konštatujeme, že z pohľadu spotrebiteľa by mali byť senzorycky hodnotnejšie plodnice hľivy ustricovitej izolované a dopestované z plodníc z Maďarskej republiky, teda variantu B. Celkovo možno povedať, že je pomerne zložitá hodnotiť chuť potravín na základe voľných aminokyselín, pretože výsledná chuť závisí aj od konformácie aminokyselín a je komplexom viacerých látok, ktoré sa v danej potravine nachádzajú.

### Súhrn

Práca sa zaoberá výskytom voľných aminokyselín vo vybraných vzorkách plodníc jedlej huby hľivy ustricovitej (*Pleurotus ostreatus*). Všeobecne je známe, že hľiva obsahuje 16-18 voľných proteinogénnych aminokyselín, pričom sú medzi nimi začlenené všetky esenciálne aminokyseliny významné pre ľudský organizmus. Experiment potvrdil, že v sledovaných vzorkách bolo identifikovaných celkovo 17 voľných aminokyselín. Ich obsah sa však líšil, čo môže byť spôsobené spôsobom kultivácie plodníc, pestovateľským substrátom alebo kmeňom hľivy ustricovitej. Na základe zistení, môžeme konštatovať, že hľivu možno považovať za hodnotnú potravinu uplatniteľnú vo výžive ľudí.

**Klíčové slová:** *Pleurotus ostreatus*, hřiva ušticovitá, volné aminokyseliny

#### Literatúra

BAGNASCO, L., COSULICH, M. E., SPERANZA, G., MEDINI, L., OLIVERI, P., LANTERI, S., 2014. *Application of a voltammetric electronic tongue and near infrared spectroscopy for a rapid umami taste assessment*. Food Chemistry. 157. 421-428.

CHEUNG, P.C.K., 2009. *Mushrooms as functional foods* (ed P.C.K. Cheung). John Wiley & Sons, Inc., Hoboken NJ USA. doi: 10.1002/9780470367285.ch6.

CLARK, J.E., 1998. *Taste and flavour: their importance in food choice and acceptance*. Proceedings of the Nutrition Society. 639-643.

HAEFELI, R.J., GLASER, D., 1990. *Taste responses and thresholds obtained with the primary amino-acids in humans*. Lebensm. Wiss. Technol., 23, 523-527.

JUSTO, M.B., GUZMÁN, G.A., MEJÍA, E.G., DÍAZ, C.L.G., MARTÍNEZ, G., CORONA, E.B., 1998. *Composición química de tres cepas mexicanas de setas (Pleurotus ostreatus)*. Archivos Latinoamericanos de Nutricion. 48. 359-363.

KURTZMAN, J.R.R., 2010. *Pasteurisation of mushroom substrate and other solids*. African J. Environ. Sci. Technology. 4: 936–941.

MANZI, P., GAMBELLI, L., MARCONI, S., VIVANTI, V., PIZZOFERRATO, L., 1999. *Nutrients in edible mushrooms: an inter-species comparative study*. Food Chemistry 65 (4). 477-482.

O'REILLY, P., 2011. *Fascinated by Fungi*. First Nature. [online] 2011. [cit. 30.06.2016]. Dostupné na internete: <http://www.first-nature.com/fungi/pleurotus-ostreatus.php>.

SHALLENBERGER, R.S., 2012. *Taste Chemistry*. Springer Science & Business Media, 613 p.

SILVEIRA, M.L.L., BONATTI, M., KARNOPP, P., NINOW, J.L., FURLAN, S.A., 2006. *Evaluation of inoculum influence on Pleurotus nutritional characteristics*. Arch. Biol. Technol. 49. 85-90.

SOLMS, J., 1969. *Taste of amino acids, peptides, and proteins*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 17(4). 686-688.

STURION, G.L., OETTERER, M., 1995. *Composição química de cogumelos comestíveis (Pleurotus spp.) originados de cultivos em diferentes substratos*. Ciênc. Tecnol. Aliment. 15. 189-193.

TEMUSSI, P.A., 2011. *The good taste of peptides*. Journal of Peptide Science. 18, 2. 73-82.

YAMAGUCHI, S., NINOMIYA, K., 2000. *The Use and Utility of Glutamates as Flavoring Agents in Food*. The journal of nutrition. 130. 921-926.

**Kontaktná adresa:** Ing. Marcel Golian, Katedra zeleninárstva, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko, +421 37 641 4239, e-mail: marcel.golian1@gmail.com

## ANALÝZA ZMIEN VYUŽÍVANIA KRAJINY K.Ú. PODHORANY

### LAND USE CHANGES EVALUATION IN PODHORANY CADASTRAL AREA

Jozef HALVA, František CYPRICH

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

#### Abstract

Paper presents changes of landuse village Podhorany area with help mapping of present and historical landscape structure in period of 26 years (1986 – 2012). Historical landscape structure is executed on the ground of analog aerial photos, executed in 1986. Present landscape structure is created on the strenght of digital orthophotopictures from 2012 Landscape elements are classified into 23 different elements according to Attachment 2 from publication Miestny územný systém ekologickej stability na účely pozemkových úprav (Muchová et al., 2013). Thesis results display, that in interest area occured changes in land utilization in area of 155 ha, of total area of 1 770 ha. This changes occured because of deforestation, reforestation, arable land managment and building of new buildings in village.

**Keywords:** Landuse, Historical landscape structure, Present landscape structure

#### Úvod

Analýza zmien v krajine je obzvlášť dôležitá z aspektu posúdenia prírodných a spoločensko-ekonomických procesov, ich dynamiky, príčin a stability súčasného stavu záujmového priestoru, ale predovšetkým možných trendov ďalšieho vývoja.

Význam poznania histórie krajiny spočíva hlavne v jeho využití ako plánovacieho nástroja. Poznanie štruktúry krajiny ako aj jej vývoj by malo zabrániť nevhodným zásahom do krajiny v dôsledku nedostatočných vedomostí.

Štruktúru krajiny ako geosystému podľa genézy, fyzického charakteru a vzťahu k využívaniu krajiny človekom členíme na 3 subštruktúry (Miklós, Izakovičová, 1997):

- prvotná (pôvodná) krajinná štruktúra, ktorú tvoria prevažne fyzicko-geografické prvky,

## | Veda mladých 2016

- druhotnú (súčasnú) krajinnú štruktúru, ktorú vytvárajú prvky využitia zeme (land-use) a materiálne výtvyry človeka. (Túto štruktúru vystihuje anglický odborný termín „landcover“.)
- terciárnu krajinnú štruktúru ako geosystém tvoria vybrané prvky socioekonomických systémov, najmä tzv. socioekonomické javy.

Najviditeľnejším indikátorom zmeny v krajine a životnom prostredí sú práve zmeny krajinnej pokrývky, resp. druhotnej krajinnej štruktúry. Ako uvádza Feranec a Oťahel (2001), výsledkom postupných zmien pôvodnej krajiny pod vplyvom ľudskej spoločnosti a prírodných procesov je práve druhotná krajinná štruktúra. Spôsob využívania územia, kultivácia lesných a poľných častí, vytváranie ďalších urbanizovaných a technických prvkov určili ráz súčasnej krajiny.

Podľa Ružičku (2000) má druhotná krajinná štruktúra rôzny obsah z časového hľadiska. Je to pojem, ktorý definuje zmenu krajinných štruktúr dôsledkom pôsobenia prírodných a antropogénnych vplyvov. Pomocou nej bývajú zachytené rôzne vývojové fázy krajinnej zmeny, ktoré môžu byť určené na základe historických prameňov.

Podľa času môžeme rozdeliť druhotnú krajinnú štruktúru na historickú krajinnú štruktúru a súčasnú krajinnú štruktúru, pričom každá reprezentuje určité špecifické usporiadanie krajinných prvkov v inom časovom horizonte (Pucherová a kol., 2007).

V historickej krajinnej štruktúre hodnotíme výskyt krajinných prvkov v záujmovom území v minulosti a súčasná krajinná štruktúra vyjadruje usporiadanie jednotlivých krajinných prvkov riešeného územia a je vymedzená súčasným, reálnym stavom. Informácie, ktoré predstavuje súčasná krajinná štruktúra, sú platné dovtedy, kým nenastanú výrazné zmeny. Po výrazných zmenách sa zo súčasnej stáva druhotná krajinná štruktúra a za dlhšie časové obdobie aj historická (Pucherová a kol., 2007).

Metódy geografických informačných systémov a diaľkového prieskumu Zeme umožňujú tieto zmeny spracovávateľom objektívnym spôsobom monitorovať (Hreško a kol., 2006).

### **Materiál a metódy**

Charakteristika k.ú. Podhorany

Obce Mechenice a Sokolníky patria do obce s názvom Podhorany. Obec sa nachádza približne 9 km vzdušnou čiarou na sever až severo-severo-východ od Nitry. Podhorany ležia v Nitrianskej pahorkatine v Zoborskej skupine Tribeča, pod severnými svahmi Zobora v nadmorskej výške 175 m n. m. (<http://www.podhorany.sk>).

Územie bolo už od nepamäti intenzívne poľnohospodársky využívané. Aj dnes zaberajú polia takmer 50 %. Západnú časť územia pokrýva rozsiahla poľnohospodársky využívaná pôda, východnú časť zaberá lesná pôda patriaci medzi lesné komplexy pohoria Tríbeč. Územie je odvodňované potokom Hunták v severnej časti a vodným tokom Dobrotka, ktoré sa vlievajú do rieky Nitra.

### Metodika hodnotenia

Pre vyhodnotenie zmien krajiny a jej využívania bolo v prvej etape riešenia vybrané obdobie od roku 1986 (historická krajinná štruktúra) po rok 2012 (súčasná krajinná štruktúra). Ako podklady pre hodnotenie zmien vo využívaní krajiny sa použili hlavne letecké snímky z uvedených období, ale i iné dostupné topografické mapy a literárne pramene. Pre vybrané letecké snímky z daného obdobia boli po naskenovaní a transformácii do súradnicového systému SJTSK v programe ArcMap 10.1. vytvorené mapy druhotnej krajinej štruktúry. Z nich boli pre jednotlivé prvky krajinej štruktúry získané údaje o ich výmere v sledovaných obdobiach. Po grafickom a tabuľkovom spracovaní sa následne hodnotili zmeny prebiehajúce vo využívaní krajiny.



Obr.1. Príklad použitej leteckých snímok vyhotovených (a) - Vojenským topografickým ústavom z roku 1986 a (b) - EUROSENSE z roku 2012

Fig. 1. Example of using aerial imagery (a) - Topographic Institute in 1986 and (b) - EUROSENSE of 2012

### Výsledky a diskusia

Hodnotenie skupín prvkov krajinej štruktúry sa použili kategórie prvkov využitia pozemkov obce Podhorany pre roky riešenia 2012 (definovanú ako súčasnú - SKŠ) a z roku 1986 (definovanú ako historickú – HKŠ). Prvky využitia pozemkov vychádzajú z niekoľkých druhov pozemkov na základe využitia pozemku podľa Prílohy 2 z publikácie Muchová a kol., (2013). Táto

## | Veda mladých 2016

príloha rozdeľuje druhy pozemkov do 10 skupín: *ornú pôdu, chmeľnicu, vinicu, záhradu, ovocný sad, trvalý trávny porast, lesný pozemok, vodnú plochu, zastavanú plochu a nádvoría a ostatnú plochu*.

Zmeny vo využívaní krajiny za skúmané obdobie 26 rokov vznikli porovnaním historickej a súčasnej krajinnej štruktúry, pričom sme sa zaoberali polohou, rozlohou a prvkami využívania pozemkov.

Tabuľka 1 prehľadne zobrazuje všetky výmery a percentuálny podiel jednotlivých prvkov využitia pozemkov v skúmaných rokoch 1986 a 2012.

Tabuľka 1. Výmery jednotlivých prvkov využitia pre obec Podhorany podľa rokov

| Rozdelenie prvkov pozemkov za roky                                                     |             | výmery prvkov |         |          |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|---------|----------|---------|
|                                                                                        |             | rok 1986      |         | rok 2012 |         |
| Prvky využitia pozemku PVPPU                                                           | MÚSES       | [ha]          | [%]     | [ha]     | [%]     |
| veľkobloková orná pôda                                                                 | 0210001     | 710,83        | 40,16%  | 633,58   | 35,79%  |
| malobloková orná pôda - pásové poľa                                                    | 0210002     | 16,32         | 0,92%   | 46,56    | 2,63%   |
| dočasne nevyužívaná orná pôda                                                          | 0210006     | 3,11          | 0,18%   | 0,63     | 0,04%   |
| záhradkárské osady s objektmi                                                          | 0510003     | 13,69         | 0,77%   | 13,73    | 0,78%   |
| poľná cesta spevnená                                                                   | 0710000     | 15,78         | 0,89%   | 3,16     | 0,18%   |
| polointenzívne využívané lúky                                                          | 0710002/3   | 0,00          | 0,00%   | 42,43    | 2,40%   |
| opustené lúky a pasienky (zaburinené)                                                  | 0710014/5/6 | 77,89         | 4,40%   | 57,35    | 3,24%   |
| lesné porasty blízšie nešpecifikované                                                  | 1020000     | 778,07        | 43,95%  | 791,28   | 44,70%  |
| lesné porasty dočasne odstránené - rúbanisko                                           | 1020039     | 9,29          | 0,52%   | 4,47     | 0,25%   |
| spevnená lesná cesta na lesnom pozemku                                                 | 1026002     | 1,60          | 0,09%   | 1,60     | 0,09%   |
| odstránený vodný tok s prírodným korytom zarastený drevinovou vegetáciou               | 1111000     | 1,79          | 0,10%   | 1,79     | 0,10%   |
| kanál                                                                                  | 1111005     | 5,83          | 0,33%   | 5,83     | 0,33%   |
| dvor vybetónovaný                                                                      | 13104/501   | 0,24          | 0,01%   | 0,00     | 0,00%   |
| dvor zatravněný s vysadenou sídlňou vegetáciou                                         | 13104/503   | 54,27         | 3,07%   | 60,84    | 3,44%   |
| rodinná zástavba                                                                       | 131/60002   | 26,62         | 1,50%   | 28,37    | 1,60%   |
| ojedinelé objekty určené na bývanie (mimo intravilánu)                                 | 131/60003   | 0,00          | 0,00%   | 0,75     | 0,04%   |
| železničné trate                                                                       | 1330101     | 3,43          | 0,19%   | 3,43     | 0,19%   |
| cesta I., II. a III. triedy                                                            | 1332101     | 10,01         | 0,57%   | 10,51    | 0,59%   |
| pozemky susediace s cestou, na ktorých je trvalý trávny porast s drevinovou vegetáciou | 1332105     | 6,74          | 0,38%   | 15,12    | 0,85%   |
| priemyselné objekty                                                                    | 1360300     | 9,27          | 0,52%   | 9,12     | 0,52%   |
| nelesná drevinová vegetácia prirodzeného charakteru - fragmenty lesných ekosystémov    | 1442006     | 24,44         | 1,38%   | 38,66    | 2,18%   |
| ihrisko (futbalové), štadión                                                           | 1450003     | 0,68          | 0,04%   | 0,68     | 0,04%   |
| cintorín                                                                               | 1460001     | 0,29          | 0,02%   | 0,29     | 0,02%   |
| spolu                                                                                  |             | 1 770,19      | 100,00% | 1 770,19 | 100,00% |

Table1. Area of components of landuse for Podhorany

Na základe spracovania nám vyšlo 6 prvkov využitia pozemkov bez zmeny výmery, polohy a spôsobu využitia pôdy: cintorín, ihrisko, kanál, odstránený vodný tok, spevnená lesná cesta

## | Veda mladých 2016

a železničné trate. Desiatim prvkom prvkov využitia pozemkov sa zvýšila celkovo výmera o 118,1 ha a ostatným 7 prvkom zmenšila výmera.

Tabuľka 2. Zmeny vo výmere jednotlivých prvkov využitia pre obec Podhorany

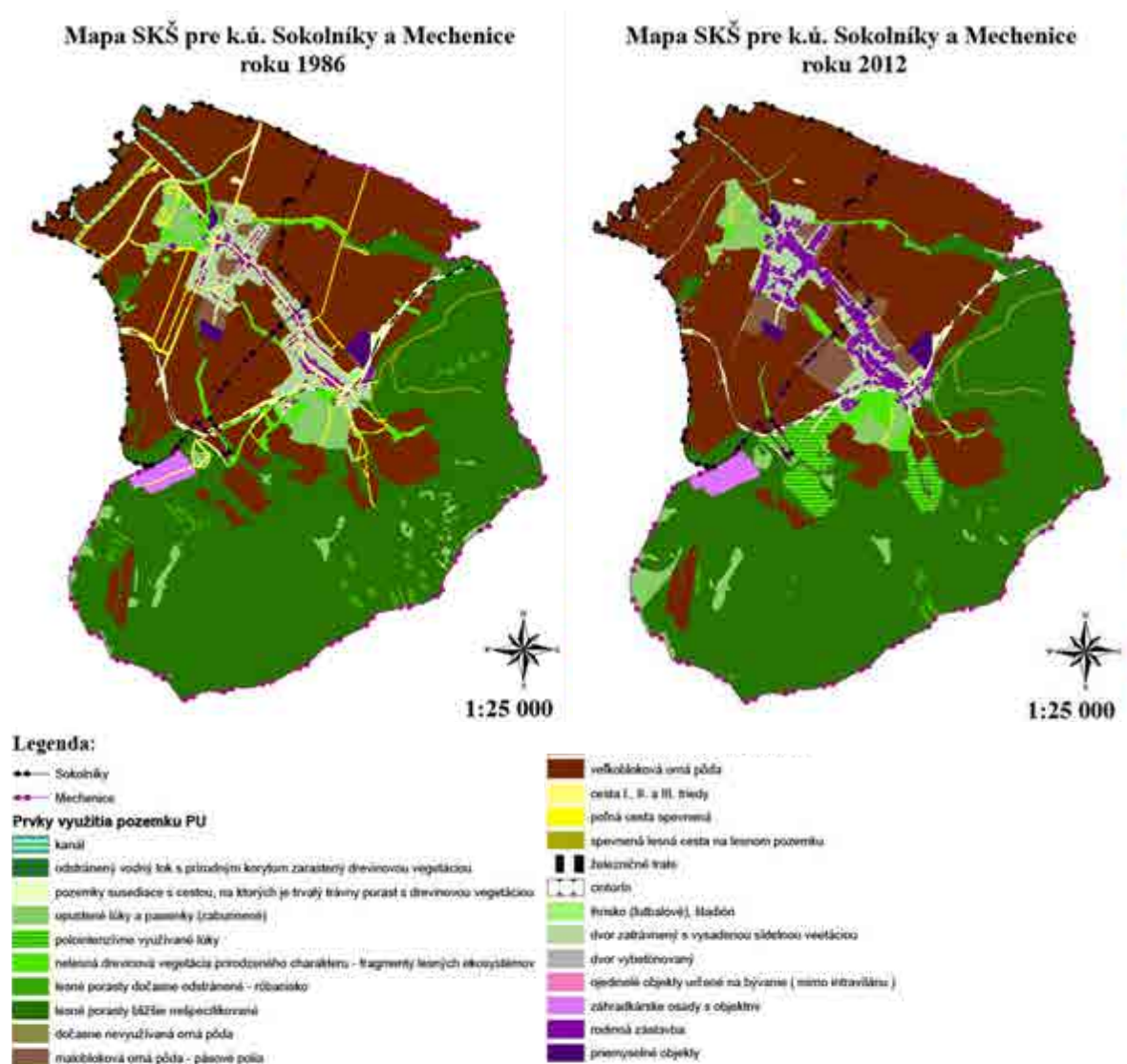
| Zmeny vo výmere prvkov pozemkov za roky                                                |             | + prírastok<br>- úbytok | výmera |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------|--------|---------|
| Prvky využitia pozemku PVPPU                                                           | MÚSES       |                         | [ha]   | [%]     |
| veľkobloková orná pôda                                                                 | 0210001     | -                       | 37,25  | 63,41%  |
| malobloková orná pôda - pásové polia                                                   | 0210002     | +                       | 30,24  | 25,61%  |
| dočasne nevyužívaná orná pôda                                                          | 0210006     | -                       | 3,47   | 2,09%   |
| záhradkarské osady s objektmi                                                          | 0510003     | +                       | 0,04   | 0,03%   |
| poľná cesta spevnená                                                                   | 0710000     | -                       | 12,62  | 10,69%  |
| polointenzívne využívané lúky                                                          | 0710002/3   | +                       | 42,43  | 35,93%  |
| opustené lúky a pasienky (zaburinené)                                                  | 0710014/5/6 | -                       | 20,54  | 17,39%  |
| lesné porasty bližšie nešpecifikované                                                  | 1020000     | +                       | 13,22  | 11,19%  |
| lesné porasty dočasne odstránené - rúbanisko                                           | 1020039     | -                       | 4,82   | 4,08%   |
| spevnená lesná cesta na lesnom pozemku                                                 | 1026002     | ±                       | 0,00   | 0,00%   |
| odstránený vodný tok s prírodným korytom zarastený drevinovou vegetáciou               | 1111000     | ±                       | 0,00   | 0,00%   |
| kanál                                                                                  | 1111005     | ±                       | 0,00   | 0,00%   |
| dvor vybetónovaný                                                                      | 13104/501   | -                       | 0,24   | 0,20%   |
| dvor zatravnovaný s vysadenou sídelnou vegetáciou                                      | 13104/503   | +                       | 6,57   | 5,57%   |
| rodinná zástavba                                                                       | 131/60002   | +                       | 1,75   | 1,49%   |
| ojedinelé objekty určené na bývanie (mimo intravilánu)                                 | 131/60003   | +                       | 0,75   | 0,63%   |
| železničné trate                                                                       | 1330101     | ±                       | 0,00   | 0,00%   |
| cesta I., II. a III. triedy                                                            | 1332101     | +                       | 0,49   | 0,42%   |
| pozemky susediace s cestou, na ktorých je trvalý trávny porast s drevinovou vegetáciou | 1332105     | +                       | 8,38   | 7,09%   |
| príemyselné objekty                                                                    | 1360300     | -                       | 0,15   | 0,13%   |
| nelesná drevinová vegetácia prirodzeného charakteru - fragmenty lesných ekosystémov    | 1442006     | +                       | 14,22  | 12,04%  |
| ihrisko (futbalové), štadión                                                           | 1450003     | ±                       | 0,00   | 0,00%   |
| cintorín                                                                               | 1460001     | ±                       | 0,00   | 0,00%   |
| spolu prírastku výmery jednotlivých PVPPU                                              |             | +                       | 118,10 | 100,00% |
| spolu úbytku výmery jednotlivých PVPPU                                                 |             | -                       | 118,10 | 100,00% |

Table 2. Changes in the area of components of landuse for Podhorany

Pri jednoduchom zobrazení výmer jednotlivých prvkov využitia pozemkov v Tabuľke 2 vidíme, že v záujmovom území nám dominujú lesné porasty bližšie nešpecifikované a veľkobloková orná pôda.

Práve v prvku lesné porasty, ktorý mal najväčšie zastúpenie v roku 1986, prišlo k nárastu, a teda zalesneniu inak využívannej plochy o 13,22 ha. Druhým najväčším druhom pozemku je práve orná pôda, do ktorej patrí malobloková a veľkobloková orná pôda. Na základe zmeny v krajine výmera ornej pôdy klesla až o 47 ha. Je to zapríčinené najmä zaznamenaním nového využitia

v roku 2012: polointenzívne využívané lúky, ktoré vznikli extenzifikáciou poľnohospodárskej pôdy o výmere 42,5 ha.



Obrazok 2. Mapa historickej (r. 1986) a súčasnej (r. 2012) krajinnej štruktúry

Figure 2. Map of historical (y. 1986) and present (y. 2012) landuse for Podhorany

I keď 90 % územia sa nezmenilo, tak zvyšné percento výmery, kde prišlo k zmene využívania (krajinného prvku) možno na základe procesov prebiehajúcich v krajine rozdeliť do nasledovného:

- Urbanizácia krajiny je jeden zo spôsobov vývoja krajiny, ktorý predstavuje nárast človekom vytvorených sídelných, rekreačných a dopravných prvkov. Urbanizáciou sa nám vytvorili cesty, dvory v obci, rozšírili sa záhradkárské osady, pribudla rodinná zástavba a ojedinelé objekty mimo intravilánu. Urbanizácia vo väčšej miere postihla k. ú.

Sokolníky najmä v blízkosti intravilánu obce, kde vznikla nová ulica s rodinými domami, zatrávnené dvory a poľné cesty. V k. ú. Mechenice sa tiež postavili nové rodinné domy, pribudli zatrávnené dvory a cesty, ale v menšej miere.

- Deurbanizácia je opačným procesom urbanizácie. V našom území predstavuje časti rodinej zástavby a ciest pretvorené na lúky, lesné porasty a zatrávnené dvory. V katastri Mechenice je zastúpená len zrušením a pretvorením poľných ciest. Avšak v miestnej časti obce Sokolníky deurbanizácia má na svedomí odstránenie budov v rodinnej zástavbe, z priemyselných objektov a pretvorenie ich na zatrávnené dvory. Odstránené či nechané napospas poľné cesty, z ktorých sa stali zaburinené lúky a nelesná drevinová vegetácia.
- Odlesnenie na území obce Podhorany sme predpokladali len v miestnej časti obce Mechenice, kde sa vyskytujú na väčšine územia len lesné porasty, ale odlesnenie postihlo aj k. ú. Sokolníky. Lesné porasty sa v k. ú. Sokolníky odstránili prírodnými procesmi, z ktorých sa stali zaburinené a nevyužívané lúky. V k. ú. Mechenice sa lesné porasty ochudobnili ťažbou dreva a prírodnými procesmi ako v Sokolníkoch.
- Zalesnenie v Sokolníkoch sa vyskytlo len na jednom mieste, a to severozápadne od intravilánu obce Podhorany. V Mecheniciach sa najmä prírodnou cestou zalesnili vyrúbané plochy a opustené zaburinené lúky a pasienky.
- Zarastanie sa prejavilo len v k. ú. Mechenice, kde vzniklo nedostatočným obhospodarovaním pozemkov človekom.
- Intenzifikácia poľnohospodárstva predstavuje navýšenie výmery ornej pôdy a zmeny veľkoblokovej ornej pôdy na maloblokovú ornú pôdu. Zmena sa prejavila rovnakým podielom v oboch katastrálnych územiach, kde sa z opustených lúk a poľných ciest stali orné pôdy a z veľkoblokovej ornej pôdy stala zmenou využitia pôdy malobloková orná pôda. Intenzifikácia vznikla lepším obhospodarovaním územia človekom.
- Extenzifikácia poľnohospodárstva predstavuje opak intenzifikácie. Ide nielen o zmenu využívania ornej pôdy na polointenzívne využívané lúky, ale aj na opustenie polí a prenechanie na prírode obhospodarovanie malých, každoročne nepatrných výmer ornej pôdy. Najväčší podiel extenzifikácie predstavuje využitie ornej pôdy na polointenzívne využívané lúky.

Tabuľka 3. Procesy zmeny vo výmere jednotlivých prvkov využitia pre obec Podhorany

| Vývoj krajiny                    | výmera   |        |         |         |
|----------------------------------|----------|--------|---------|---------|
|                                  | [ha]     |        | [%]     |         |
| bez zmeny                        | 1 615,13 |        | 91,24%  |         |
| zarastanie                       | 1,74     | 1,74   | 0,10%   | 1,12%   |
| zalesnenie                       | 39,44    | 39,44  | 2,23%   | 25,44%  |
| odlesnenie                       | 13,61    | 13,61  | 0,77%   | 8,78%   |
| extenzifikácia poľnohospodárstva | 43,73    | 43,73  | 2,47%   | 28,21%  |
| intenzifikácia poľnohospodárstva | 41,85    | 41,85  | 2,36%   | 26,99%  |
| deurbanizácia                    | 1,54     | 1,54   | 0,09%   | 0,99%   |
| urbanizácia                      | 13,14    | 13,14  | 0,74%   | 8,47%   |
| spolu                            | 1 770,19 | 155,05 | 100,00% | 100,00% |

Table 3. Process of changes in the area of components of landuse for Podhorany

## Súhrn

Príspevok sa zaoberá zmenami využívania územia obce Podhorany pomocou mapovania súčasnej krajinej štruktúry a historickej krajinej štruktúry za skúmané obdobie 26 rokov (1986 – 2012). Historická krajinná štruktúra je vyhotovená na základe analógových leteckých snímok vyhotovených v roku 1986. Súčasná krajinná štruktúra je vytvorená na podklade digitálnych ortofotosnímok z roku 2012. Krajinná štruktúra je klasifikovaná na základe 23 rôznych prvkov využívania pozemkov podľa Prílohy 2 z publikácie Miestny územný systém ekologickej stability na účely pozemkových úprav (Muchová a kol., 2013). Výsledky práce ukazujú, že v záujmovom území sa vo využívaní krajiny uskutočnili zmeny o rozlohe 155 ha z 1 770 ha územia. Tieto zmeny sa stali najmä odlesnením, zalesnením, zmenou obhospodarovania ornej pôdy, stavbou nových budov ako i rozšírením zastavaného územia obce.

**Kľúčové slová:** Využívanie krajiny. Historická krajinná štruktúra. Súčasná krajinná štruktúra

## PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol ako súčasť riešenia grantového projektu VEGA č. 1/0673/16.

## Literatúra

FERANEC, Ján – OŤAHEĽ, Ján. 2001. Krajinná pokrývka Slovenska. Prvé vydanie. Bratislava: Veda. 122 s. ISBN 80-224-0663-5

HREŠKO, Juraj – PUCHEROVÁ, Zuzana – BALÁŽ, Ivan a kol., 2006. Krajina Nitry a jej okolia: Úvodná etapa výskumu. Nitra: UKF, FPV. 182 s. ISBN 80-8094-066-5

## | Veda mladých 2016

MIKLÓS, Ladislav – IZAKOVIČOVÁ, Zita. 1997. Krajina ako geosystém. Prvé vydanie. Bratislava: Veda. 152 s. ISBN 80-224-0519-1

MUCHOVÁ, Zlatica – HRNČIAROVÁ, Tatiana – PETROVIČ, František. 2013. Miestny územný systém ekologickej stability na účely pozemkových úprav. Prvé vydanie. Nitra: SPU. 138 s. ISBN 978-80-552-1127-5

Poloha obce. [online], [cit. 2015-04-28]. Dostupné na: <http://www.podhorany.sk/-poloha-obce>

PUCHEROVÁ, Zuzana – BOLTÍŽIAR, Martin – DERNEŠ, Stanislav a kol. 2007. Druhotná krajinná štruktúra: (metodická príručka k mapovaniu). Prvé vydanie. Nitra: UKF. 124 s. ISBN 978-80-8094-191-8

RUŽIČKA, Milan. 2000. Krajinnoeologické plánovanie – LANDEP I: (Systémový prístup v krajinskej ekológii). Bratislava : Združenie Biosféra. 120 s. ISBN 80-968030-2-6

**Kontaktná adresa:** Ing. Jozef Halva, PhD. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Katedra Krajinného plánovania a pozemkových úprav, Hospodárska 7, 949 01 Nitra, [jozef.halva@uniag.sk](mailto:jozef.halva@uniag.sk)

## **ZHODNOCENÍ KVALITY VODY A EKOLOGICKÉHO STAVU TOKU LOUČNÁ V OKOLÍ MĚSTA VYSOKÉ MÝTO**

### **EVALUATION OF WATER QUALITY AND ECOLOGICAL STATE OF STREAM LOUČNÁ AROUND THE TOWN VYSOKÉ MÝTO**

Milan JIROUT, Helena HANUSOVÁ

Mendelova Univerzita v Brně

#### **Abstract**

The physio-chemical factors have been observed in the long term on a selected section of the stream Loučná near the town of Vysoké Myto and them were compared with the current legislation. The ecological flow condition as an important bio-corridor and bio-centre was also explored and studied. The state of the flow from the viewpoint water quality and ecological point of view was subsequently assessed. From the measurements revealed that for most of the period was low oxygen concentration in the water and the higher value of the electrolytic conductivity. According to CSN 75 7221 is the value of dissolved oxygen on consumption profiles classed to IV. quality class and conductivity is classed to III. and IV. quality class. Between 2011 and 2016 was compared the state of stream, from which can be stated that the impact of invasive species and ruderal species is degrading for ecological function of Loučná.

**Keywords:** water pollution, eutrophication, pH, conductivity, oxygen content

#### **Úvod**

Ve vodě vznikl život na zemi, je tedy základní složkou našeho světa i naší existence. Tělo rostlin se skládá z 90 % z vody. Lidské tělo se skládá z vody z více než dvou třetin. Bez vody v závislosti na prostředí dokážeme přežít pouze několik dní. Ochranou vod nezajistíme pouze přežití lidské rasy, ale také zabezpečíme zachování života na této planetě.

Voda v přírodě nezůstává statickou, ale vytváří oběh vody, kdy se voda vlivem slunečního záření vypařuje z vodní hladiny, půdy a povrchu rostlin a dostává se do atmosféry, kde je přemístěna na jiné místo a v podobě srážek padá na zemský povrch. Voda se poté buď vsákne,

odteče povrchovým odtokem nebo se vypaří. Proto je nutné snížit a nejlépe úplně zamezit znečišťování jak přímo vodních toků, tak atmosféry škodlivými látkami (Jirout, 2012).

Problematika znečišťování vod není problémem jen České republiky, ale jedním z globálních environmentálních problémů a to jak v rozvojových zemích, tak v těch vyspělých. Pro zjištění stavu toku jsou toky dlouhodobě sledovány a vyhodnoceny podle různých metodik. Výsledkem může být mapový podklad, který bude sloužit pro udržitelnou péči o toky. (Kamp, Binder, Hölzl, 2007).

I přes svůj přínos jsou ČOV u velkých měst stále zdrojem nezanedbatelného znečištění. Pro příklad mezi lety 2004 až 2006 pocházelo ze zemědělství pouze 16% orthofosforečnanů nacházejících se v řece Temži. (Kinniburgh, Barnett, 2010).

Problematika znečišťování vodních toků je složitá a při jejím řešení je nutno postupovat komplexně. Existuje široká řada faktorů, které ovlivňují kvalitu vody v tocích. Při řešení ochrany vodních toků je tak nutno přistupovat k dané problematice v rámci větších území a to nejen v rámci celých povodí, ale i na úrovni států.

Cílem příspěvku bylo dlouhodobé sledování kvality vody v řece Loučné u Vysokého Mýta, následné vyhodnocení výsledků včetně porovnání s platnou legislativou a zhodnocení ekologického stavu toku s porovnáním stavu lokality mezi lety 2012 a 2016.

### **Materiál a metody**

#### **Vymezení zájmového území a jeho stručný popis**

Pro zájmové území byla vybrána část povodí toku Loučná v okolí města Vysoké Mýto. Vysoké Mýto leží v centrální části Pardubického kraje a má 12 318 obyvatel (k 31. 12. 2015). Historie města sahá k 13. století našeho letopočtu. V minulosti bylo město známo hlavně výrobou autobusů značky Karosa, která po prodeji a restrukturalizaci funguje dále jako Iveco CZ. Ve městě převládá strojírenský průmysl doposud.

Vybrané zájmové území se nachází v severozápadní části katastru města Vysoké Mýto a tvoří pás mezi staničeními Loučné 36,960 km až 38,100 km tedy od výrobce zeleniny Zelenina Šňakov s.r.o. po Vysokomýtskou ČOV. Plocha zájmového území má výměru 27 ha. Vyznačení polohy vybraného území na přehledné mapě je zobrazeno na Obrázku 1.

Vybrané území se nachází v Chráněné oblasti přirozené akumulace vod Východočeská křída. Na vybraném území se nenachází žádné chráněné území ani žádná oblast patřící do soustavy Natura 2000. Katastrální území města Vysoké Mýto patří dle přílohy č. 1 Nařízení vlády č. 262/2012 Sb. mezi zranitelné oblasti. Zájmové území se z hlediska Územního systému ekologické stability nachází v regionálním biocentru Šňakov, na které navazují regionální biokoridory Šňakov – Aronka a Loučná u Týnišťka – Šňakov. Do budoucna je plánována stavba plavebního kanálu Dunaj-Odra-Labe, který stávající tok Loučná na sledovaném území protne ve staničení 36,960 km. (Zpracováno podle: Územní plán Vysoké Mýto, 2010)

Z hlediska hydrogeologického se území nachází ve východní části České křídové tabule v hydrogeologickém rajónu č. 427 - Vysokomýtská synklinála. Geologicky je podloží tvořeno kvarténními (hlíny, spraše, písky, štěrky), a mezoickými horninami (pískovce, jílovce). Geomorfologicky zájmové území spadá do okrsku Vysokomýtská kotlina. (Zpracováno podle: Mapová aplikace národního geoportálu Inspire, 10.6.2016)

Území se nachází na pomezí mírně teplé a teplé oblasti. Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje v rozmezí 550-700 mm. Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 7-9°C.

### Stručná charakteristika toku Loučná

Loučná pramení u obce Karle na Svitavské pahorkatině 5 km západně od Svitav v nadmořské výšce 516,39 m n. m. Nejvýznamnějším přítokem Loučné je Desná, která se do Loučné vlévá za obcí Tržek. Další významnější přítok se do Loučné vlévá u Vysokého Mýta a jmenuje se Betlémský potok, který je napájen z největších vodních ploch v povodí Loučné, z rybníků Chobot (42,14 ha) a Velký zálešský (45,78 ha). Dále se v povodí Loučné nachází 380 dalších vodních ploch. Loučná se vlévá do Labe jako levostranný přítok u obce Brozany na jeho 726,22 říčním km v nadmořské výšce 217,93 m n. m. Celková délka toku je 80,28 km a celková plocha povodí je 724,73 km<sup>2</sup>. Správcem povodí je Povodí Labe, státní podnik.

Loučná po většinu své délky protéká loukami a poli, které jsou zemědělsky obdělávány. N-leté průtoky v hlásných profilech jsou uvedeny v Tabulce 1. (Zpracováno dle: Charakteristiky toků a povodí ČR, 2006)

Na Loučné je jakost vody sledována na třech kontrolních místech a to v Dašicích, v Cerekvici nad Loučnou a v Tržku. Loučná se dle ČSN 75 7221 řadí do III. třídy jakosti vody. Nejvýznamnějšími znečišťovateli jsou čistírny odpadních vod měst Vysoké Mýto s objemem vypouštěných vod 1 770 800 m<sup>3</sup>/rok a Litomyšl s objemem vypouštěných vod 4 220 200 m<sup>3</sup>/rok (2010). Dalšími většími znečišťovateli jsou například ČOV v Moravanech, ČOV v Dašicích a ČOV v Cerekvici nad Loučnou.

(Zpracováno podle: Vodohospodářská bilance za rok 2010)

Tabulka 1 N-leté průtoky v hlásných profilech Dašice a Cerekvice nad Loučnou

| N-leté průtoky:                              | Q <sub>1</sub> | Q <sub>5</sub> | Q <sub>10</sub> | Q <sub>50</sub> | Q <sub>100</sub> |
|----------------------------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Dašice (staničení: 7,200 km)                 |                |                |                 |                 |                  |
| [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]            | 15,4           | 37,0           | 49,0            | 82,9            | 100              |
| Cerekvice nad Loučnou (staničení: 52,900 km) |                |                |                 |                 |                  |
| [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]            | 8,78           | 23,0           | 31,3            | 55,9            | 68,9             |

(Pramen: ČHMÚ)

Table 1 N-year flows in watchers profiles Dašice and Cerekvice nad Loučnou



Obr. 1 Umístění zájmového území na přehledové mapě (Pramen: geoportal.gov.cz, 10.6.2016; upraveno autorem)

### Metodika

Vybrané území bylo na konci roku 2011 prozkoumáno a byly navrženy odběrné profily (dále také OP) pro bodové zdroje znečištění. Následně po dobu jednoho roku od února 2011 po leden 2012 probíhalo sledování vybraných charakteristik přímo v terénu. V červenci 2011, v březnu 2012 a červnu 2016 byly odebrány vzorky pro laboratorní vyšetření. Výsledky sledování byly zpracovány v programu Microsoft Excel a následně vyhodnoceny. Bylo zpracováno vyhodnocení jakosti vody dle ČSN 75 7221 a měřené hodnoty byly také porovnány s hodnotami přípustného znečištění dle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., které jsou uvedeny v Příloze č. 3 v Tabulce 1a. Po vyhodnocení fyzikálně-chemických charakteristik byl porovnán rozdíl stavu mezi lety 2011/12 a 2016 a zhodnocen vývoj lokality.

Odběrné profily se nacházejí ve staničeních toku 36,960 km a 38,100 km. Sledovaná délka toku je 1,140 km. Zakreslení odběrných profilů na vybraném území se nachází na Obrázku 2.

### Odběrný profil č. 1 (36,960 Km) – farma Šnakov

Odběrný profil č. 1 se nachází po směru toku za mostem komunikace III. třídy spojující obec Slatina s Vysokým Mýtem. Koryto je částečně opevněno lomovým kamenem, je hluboké 3 m a široké 7 m. Dno koryta je tvořeno šterkem. Po obou stranách koryta se nacházejí pole ve vzdálenosti 5 m od břehu. Místo vypouštění se nachází vlevo po směru toku v říčním km 36,960.

Vypouštěná voda sem přitéká z malé vodní nádrže nacházející se na pastvině u farmy, ke kterému pastva přiléhá. Nádrž je plněna vodou z farmy ve Šnakově.

### **Odběrný profil č. 3 (38,100 Km) - ČOV**

Odběrný profil č. 3 se nachází severně od ČOV v místech výpustě z ČOV. Koryto zde není opevněno, je hluboké 3 m a široké 6 m. Břehy jsou tvořeny jílovitou horninou, dno je tvořeno ze štěrku. Po levé i pravé straně toku se nachází louka. Místo vypouštění se nachází vlevo po směru toku v říčním km 38,100. Vypouštěná voda sem přitéká potrubím z ČOV Vysoké Mýto. Ve Vysokém Mýtě je vybudována jednotná kanalizační síť, která odvádí vody splaškové, dešťové a průmyslové. ČOV byla uvedena do provozu v roce 1994 a v roce 2003 proběhla její intenzifikace. K rekonstrukci bylo přistoupeno pro splnění zákonných limitů pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Nově byly instalovány technologie pro snížení koncentrace fosforu. Je na ni připojeno 10 880 ekvivalentních obyvatel. ČOV je mechanicko-biologická s kryofilním vyhníváním kalu. Dle evidence Povodí Labe byl v roce 2010 počet skutečně připojených obyvatel 11 771 a bylo zpracováno 1 770 800 m<sup>3</sup>/rok odpadních vod. (Zpracováno podle: Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Pardubického kraje, 2004)

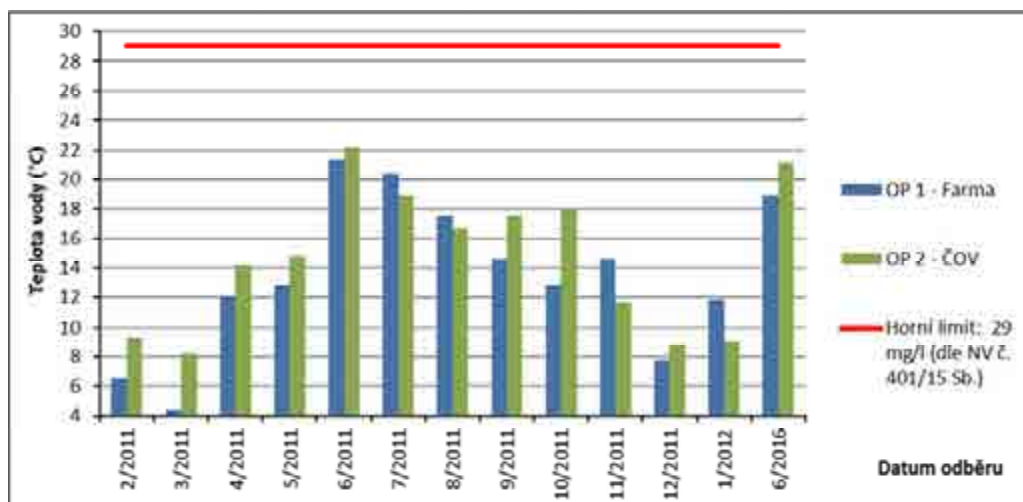


Fialově – hranice zájmového území; OP 1,2 – vybrané odběrné profily

Obr. 2 Umístění odběrných profilů na zájmovém území (Pramen: geoportal.gov.cz, 10.6.2016; upraveno autorem)

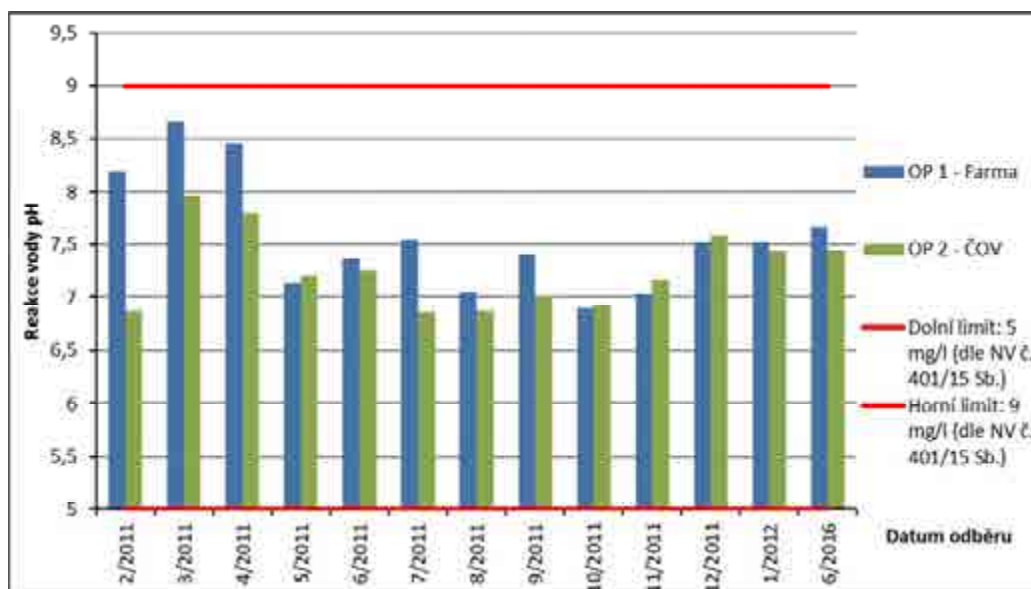
## Výsledky a diskusia

### Vyhodnocení sledovaných fyzikálně-chemických charakteristik



Obr. 3 Teplota vody na odběrných profilech v průběhu sledovaného období

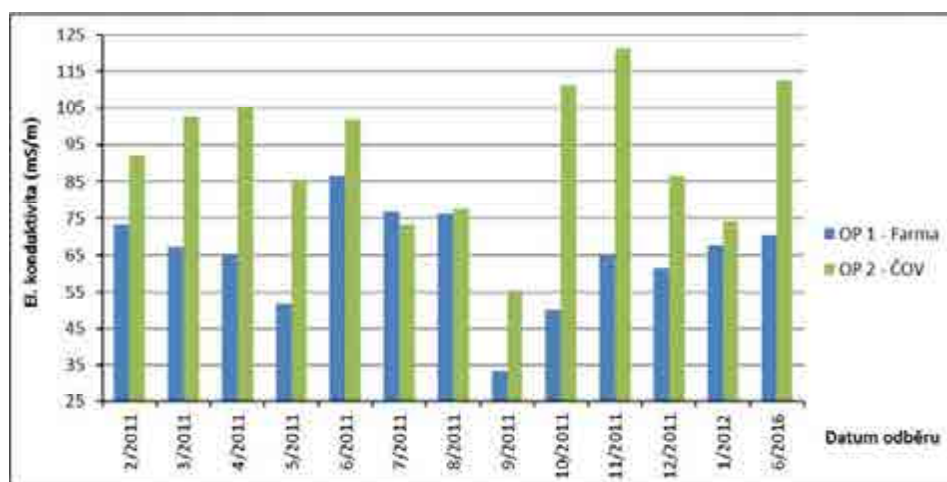
Teplota vody je nejnižší v zimních měsících a nejvyšší v letních měsících. Při porovnání měsíce června let 2011 a 2016, lze konstatovat, že se hodnoty teploty liší jen mírně. Po celou dobu sledování nebyly překročeny mezní hodnoty (vyznačeno červeně) dle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Teplota vody se dle ČSN 75 7221 nehodnotí.



Obr. 4 Reakce vody na odběrných profilech v průběhu sledovaného období

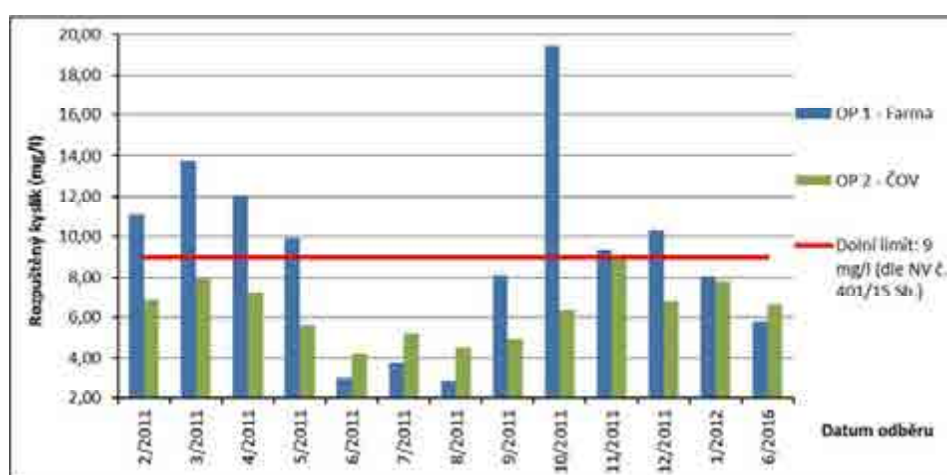
## | Veda mladých 2016

Hodnoty pH jsou po celý sledované období víceméně konstantní kromě začátku roku 2011, kde byly naměřeny nejvyšší hodnoty a října 2011, kde byly naměřeny nejnižší průměrné hodnoty. Měření z 6/2016 přibližně odpovídá hodnotám z let 2011-2012. Hodnota pH je závislá hlavně na druhu horniny v podloží. Vyšší hodnoty pH na začátku jara mohou být způsobeny zvýšenou asimilací vodního rostlinstva. Po celý rok jsou hodnoty v mezích dle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Reakce vody se dle ČSN 75 7221 nehodnotí.



Obr. 5 El. konduktivita na odběrných profilech v průběhu sledovaného období

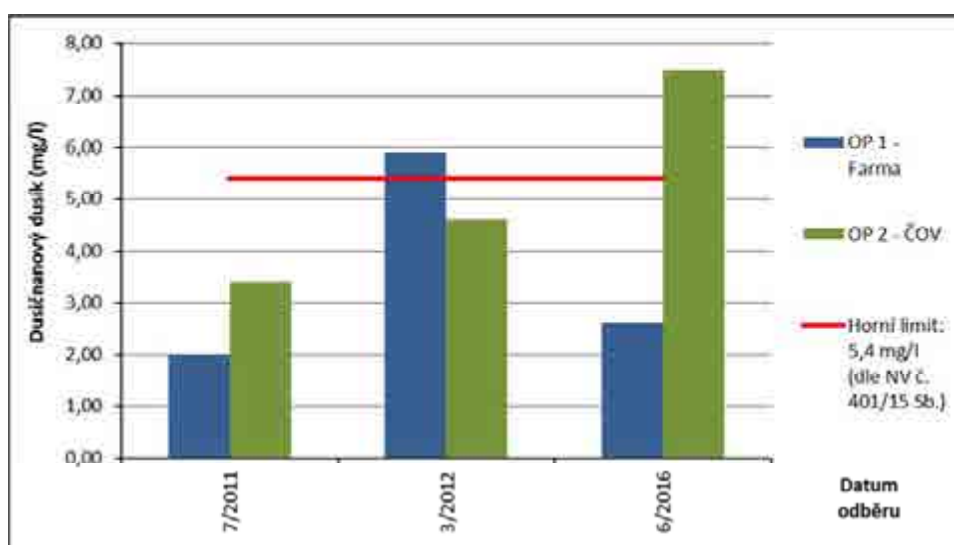
Nejvyšší hodnoty elektrolytické konduktivity byly naměřeny na OP 2, kde se nachází vypouštění z ČOV. V letních měsících byly také hodnoty vyšší na OP 1. Vyšší konduktivita je způsobena vypouštěním odpadních vod a smyvy živin z okolních polí. Za pozornost stojí hodnota vodivosti pro OP 2 v 6/2016, kde v porovnání s lety 2011-2012 dosahuje druhé nejvyšší hodnoty. Dle ČSN 75 7221 konduktivita dosahuje na OP 1 III. třídy jakosti a OP 2 IV. třídy jakosti.



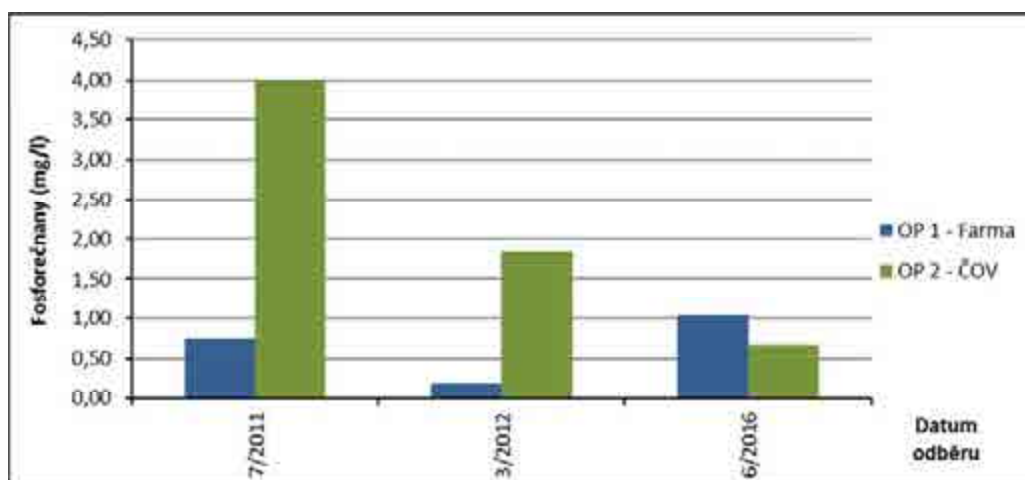
Obr. 6 Koncentrace rozpuštěného kyslíku na odběrných profilech v průběhu sledovaného období

## | Veda mladých 2016

Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě klesá se stoupající teplotou vody. Jeho obsah ve vodě je nejvyšší v chladnějších měsících a nejnižší v letních měsících. Dlouhodobě nižší množství kyslíku ve vodě se nachází na OP 2. Voda v toku se zde mísí s vypouštěnými vodami s menším obsahem kyslíku a vyšším obsahem organických látek. Na OP 2 také nebylo dosaženo po celé sledované období limitů dle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Vyšší koncentrace kyslíku v říjnu 2011 na OP 1 jsou způsobeny stavem průtoku a turbulencemi způsobenými kamenitým dnem v daném místě. Při porovnání měsíce června z let 2016 a 2011 je patrné, že jsou současné koncentrace kyslíku nepatrně vyšší. Průtok vody v korytě byl v 6/2016 vyšší než v 6/2011. Dle ČSN 75 7221 rozpuštěný kyslík dosahuje na OP 1 a OP 2 IV. třídy jakosti.



Obr. 7 Koncentrace dusičnanového dusíku na odběrných profilech



Obr. 8 Koncentrace fosforečnanů na odběrných profilech

## | Veda mladých 2016

Limitní hodnota koncentrace dusičnanového dusíku dle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. je překročena na OP 1 v březnu 2012 a na OP 2 v červnu 2016. Při porovnání hodnoty z roku 2016 s hodnotami z let 2011 a 2012 si lze povšimnout, že je koncentrace dusičnanového dusíku v roce 2016 na OP 2 vyšší. Dle ČSN 75 7221 dusičnanový dusík dosahuje na OP 1 a OP 2 II. třídy jakosti.

Koncentrace fosforečnanů byla v letech 2011 a 2012 výrazně vyšší na OP 2. V roce 2016 byla koncentrace fosforečnanů v porovnání s předchozími měřeními na OP 2 nižší a na OP 1 vyšší. Fosforečnany nemají v Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. a v ČSN 75 722 stanovenou limitní hodnotu.

### **Porovnání stavu lokality mezi lety 2012 a 2016**

Zájmové území se nachází v biocentru Šnakov, které je v aktuálním územním plánu oproti letem 2011/12 plošně zvětšeno. Biocentrum je zde tvořeno tokem s břehovým porostem, přiléhajícími loukami, pastvinou a ornou půdou. Porost louky je tvořen směsí trav a jiných bylin. Louka se nachází mezi oblouky meandrů, ale vrcholů oblouků se dotýká orná půda. Na orné půdě se pěstovala v roce 2011 *Zea mays*. V současnosti (2016) je zde pěstována košťálová zelenina, *Triticum aestivum* a *Hordeum vulgare*. Loučná zde má charakter přirozeného meandrujícího koryta.

Loučná a její břehové porosty jakožto biokoridor i biocentrum je důležitým stanovištěm umožňujícím život a migraci organismů v zemědělsky obhospodařované krajině. Pomáhá tak zvyšovat její biodiverzitu. Při pozorování byla pozorována četná společenstva ptáků, savců i hmyzu.

Migrační prostupnost ztěžuje jez, na který se napojuje náhon k mlýnu, který je využíván energeticky. Historicky bylo mlynářství na Vysokomýtsku a na Loučné rozšířeno. I přes zaniknutí či chátrání mlýnů jsou zbývající objekty využívány převážně energeticky. Tudíž se na toku nachází další migrační bariéry i mimo zájmové území, které ztěžují migraci ryb a jiných vodních živočichů.

Břehy toku se vyznačují vyšší mírou eroze, která je místně nesystematicky opevněna kamenným záhozem.

### **Břehový porost**

Břehový porost tvoří v dřevinném patře *Salix fragilis*, *Salix alba*, *Fraxinus excelsior*, *Alnus glutinosa*, *Alnus incana* a *Sambucus nigra*. Keřové patro tvoří *Rosa canina*, *Euonymus europaea*, *Clematis vitalba* a *Rubus sp.* V bylinném patře v době plné vegetace dominuje *Urtica dioica*, *Impatiens glandulifera* a *Phalaris arundinacea*. Dále se v bylinném patře nacházejí *Dipsacus silvestris*, *Artemisia vulgaris*, *Trifolium repens*, *Potentilla reptans*, *Phragmites australis*, *Urtica urens* a trávy čeledi *Poaceae*.

## | Veda mladých 2016

Dominance *Urtica dioica* a *Impatiens glandulifera* ukazuje na obohacení živinami, eutrofizaci a celkové ruderalní ovlivnění lokality. Při porovnání mezi lety 2011/12 a 2016 lze konstatovat, že se stav nezměnil nebo i mírně zhoršil ve prospěch vzrůstající dominance ruderalních druhů.

Břehový porost dřevinného patra se vyznačuje zanedbanou péčí. Mezi lety 2011/12 a 2016 nebyly shledány žádné kroky údržby. Dřeviny postupně porůstá dominující *Clematis vitalba*.

### **Zdroje znečištění**

Při zpracování byly vybrány dva bodové zdroje znečištění a to vypouštění z Farmy ve Šnakově a výpusť z ČOV ve Vysokém Mýtě. Lokalitu a tok samozřejmě významně ovlivňuje i plošné znečištění a smyvy z přiléhajících zemědělských půd.

Farma se zabývá chovem skotu, ovcí, vodní drůbeže a jiných hospodářských zvířat. Ve výběhu je zřízena malá vodní nádrž, která byla v letech 2011/12 vždy naplněná vodou zelené až hnědé barvy. Z nádrže vede odvodňovací příkop, který ústí do Loučné v 36,960 km. Voda v nádrži i příkopě má stojatý charakter jen s nízkým přítokem/odtokem. V roce 2016 byla nádrž a odtok zarostlá okřehkem (*Lemna Sp.*). Dle naměřených hodnot lze usoudit, že se do nádrže u farmy dostávají živiny, které se zde částečně hromadí. Probíhá zde tedy proces eutrofizace. Oproti letům 2011/12 je v roce 2016 rozšířena pastvina i na sousedící louku náležící do biocentra a zvýšil se počet chovaných zvířat.

I přes vysokou účinnost čištění odpadních vod lze ČOV označit za největšího znečišťovatele na sledovaném území. Pro kvalitu vody v toku má význam nižší obsah kyslíku vypouštěných vod, což je méně vyhovující pro některé druhy ryb. Voda v toku s vyšším obsahem kyslíku ředí vypouštěné vody. Problém může nastat při nízkém stavu vody v toku, kdy vypouštěné vody mohou více ovlivňovat vodní organismy.

Obrázky 9 až 20 představují stav v roce 4/2012 a 6/2016, kdy proběhla fotodokumentace autorem. Modrá šipka označuje zdroj vypouštění.



Obr. 9 (vlevo) Stav 6/2016. OP 1, Obr. 10 (vpravo) Stav 4/2012. OP 1



Obr. 11 (vlevo) Stav 6/2016. OP 1, Obr. 12 (vpravo) Stav 4/2012. OP 1



Obr. 13 (vlevo) Stav 6/2016. Zdroj vypouštění pro OP 1, Obr. 14 (vpravo) Stav 4/2012. Zdroj vypouštění pro OP 1



Obr. 15 (vlevo) Stav 6/2016. OP 2, Obr. 16 (vpravo) Stav 4/2012. OP 2



Obr. 17 (vlevo) Stav 6/2016. OP 2, Obr. 18 (vpravo) Stav 4/2012. OP 2



Obr. 19 (vlevo) Stav 4/2012. Zdroj vypouštění pro OP 1, Obr. 20 (vpravo) Stav 6/2016. Břehový porost Loučné

## Súhrn

Na vybraném úseku toku Loučná poblíž města Vysoké Mýto byly dlouhodobě sledovány fyzikálně-chemické faktory, které byly porovnány s platnou legislativou. Dále byl prozkoumán a sledován ekologický stav toku jakožto významného biokoridoru a biocentra. Následně byl zhodnocen stav toku z hlediska kvality vody a hlediska ekologického. Z měření vyplynulo, že je po většinu sledovaného období nízká koncentrace kyslíku ve vodě a vyšší hodnota elektrolytické konduktivity. Dle ČSN 75 7221 je řazena hodnota rozpuštěného kyslíku na odběrných profilech do IV. třídy jakosti a vodivost do III. a IV. třídy jakosti. Byl porovnán stav mezi lety 2011/12 a 2016, z kterého lze konstatovat, že vlivem invazivních a rudérálních druhů je ekologická funkce Loučné degradována.

**Klíčové slová:** znečištění vod, eutrofizace, pH, konduktivita, obsah kyslíku

### PodĎakovanie

Tento príspevok vznikl za podpory projektu TAČR TA04020886 „Nové technológie pro řešení ochrany před povodněmi z přívalových srážek“.

### Literatúra

AURUM S. R. O., Územní plán Vysoké Mýto 2010, AURUM s.r.o., Pardubice

ČSN 75 7221. Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod. Praha: Český normalizační institut, 1998. 12 s.

JIROUT, M.: Studie možných zdrojů znečištění na vybraném úseku povodí. Brno: Mendelova univerzita v Brně. Agronomická fakulta, 2012. 52 s.

KAMP, U, BINDER, W, & HÖLZL, K 2007, 'River habitat monitoring and assessment in Germany', Environmental Monitoring & Assessment, 127, 1-3, p. 209

KINNIBURGH, J, & BARNETT, M 2010, 'Orthophosphate concentrations in the River Thames: reductions in the past decade', Water & Environment Journal, 24, 2, pp. 107-115

LINHARTOVÁ, Irena; ZBOŘIL, Aleš. Charakteristiky toků a povodí ČR. 1. vyd. Praha, VÚV TGM, 2006. ISBN 80 – 85900 – 62 – 9

NÁRODNÍ GEOPORTÁL INSPIRE: Mapová aplikace, [online]. 2016 [2016-10-06]. Dostupné na: <<http://geoportal.gov.cz/web/guest/map>>

PARDUBICKÝ KRAJ: Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Pardubického kraje, [online]. 2016 [2016-10-06]. Dostupné na: <<http://prvk.pardubickykraj.cz/>>

POVODÍ LABE: Vodohospodářská bilance za rok 2010, [online]. 2016 [2016-10-06]. Dostupné na: <[http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/VH\\_bilance/2010/default-2010.html](http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/VH_bilance/2010/default-2010.html)>

PORTÁL VEŘEJNÉ SPRÁVY ČR: Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, [online]. 2016 [2016-10-06]. Dostupné na: <<https://portal.gov.cz/app/-zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=85484&nr=401~2F2015&rpp=15#local-content>>

PORTÁL VEŘEJNÉ SPRÁVY ČR: Nařízení vlády č. 262/2012 Sb. o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu, [online]. 2016 [2016-10-06]. Dostupné na: <<https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=77970&nr=262~2F2012&rpp=15#local-content>>

## | Veda mladých 2016

**Kontaktná adresa:** Ing. Milan Jirout, DiS. Ústav aplikované a krajinné ekologie. Mendelova Univerzita v Brně. Zemědělská 1, 613 00 Brno. Telefon: +420 545 132 480. e-mail: milan.jirout@mendelu.cz

**CHARAKTERIZÁCIA KMEŇOV '*Candidatus Phytoplasma prunorum*' (ESFY)  
VYSKYTUJÚCICH SA V EXPERIMENTÁLNOH SADE ÚSTAVU OVOCNICTVÍ  
ZÁHRADNÍCKEJ FAKULTY, MENDELU V BRNE**

**'*Candidatus Phytoplasma prunorum*' (ESFY) STRAIN CHARACTERIZATION IN  
EXPERIMENTAL ORCHARD OF DEPARTMENT OF FRUIT GROWING AT FACULTY OF  
HORTICULTURE, MENDELU IN BRNO**

Tomáš KISS, Tomáš NEČAS, Aleš EICHMEIER

Mendelova Univerzita v Brně

**Abstract**

To characterize the strains of '*Ca. P. prunorum*', molecular markers *aceF*, *imp*, *pnp* and *secY* were analysed. By their sequencing and mainly due to the marker *aceF* it was possible to distinguish hypovirulent strains in the publication by Danet et al. (2011). Next step was the RFLP analysis of *aceF* marker which enables to analyze the mixed infections by phytoplasma '*Ca. P. prunorum*'. By analyses of molecular markers (*aceF*, *imp*, *pnp* and *secY*) of phytoplasma '*Ca. P. prunorum*' samples from the experimental orchard of Department of Fruit Growing was not possible to distinguish candidate hypovirulent strains. Besides, they differed between each other by genotypic composition of markers and were not distinguishable by analyses of these markers from other samples used in this work. RFLP analyses of marker *aceF* and sequence analyses of molecular markers showed mixed infections of '*Ca. P. prunorum*' in 5 samples. The unique sequences of markers *aceF*, *imp* and *pnp* and different ratio of genotypic composition of tested samples compared to the results of work by Danet et al. (2011), where the majority of samples derived from Western Europe, it is possible that isolated development of phytoplasma '*Ca. P. prunorum*' occurred in the area of Lednice.

**Keywords:** '*Candidatus Phytoplasma prunorum*', ESFY, *Prunus*, molecular markers

**Úvod**

Jedným z patogénov podieľajúcich sa na predčasnem odumieraní kôstkovín je fytoplasma '*Candidatus Phytoplasma prunorum*' označovaná ako ESFY - European stone fruit yellows phytoplasma (európska žltáčka kôstkovín). V rastline sa vyskytujú v sietkovicích alebo

v cytoplazme infikovaných floémových parenchymatických buniek (Kúdela et al., 2002). V praxi voči nim neexistuje žiadna účinná priama ochrana.

Symptómy fytoplazmy ESFY závisia od druhu hostiteľa, podnože, odrody, virulencie kmeňa, klimatických podmienok, veku stromu a populácie vektora (Seemüller, Foster, 1995; Kison a Seemüller, 2001; Thébaud et al., 2006). Typickým symptomatickým prejavom u rodu *Prunus* je rašenie listov pred kvitnutím v predjarnom období, v letnom období žltnutie alebo červenanie listov, ich zvinovanie a predčasný opad. Napadnuté stromy marhúľ obvykle odumierajú prevažne do 2 rokov od prejavu prvých príznakov (Carraro, Osler, 2003).

Na základe rozdielnosti symptomatického prejavu (virulencie) bolo u ESFY sledovaných niekoľko kmeňov. Lorenz et al. (1994) a Seemüller & Foster (1995) sledovali rozdiely symptomatického prejavu kmeňov ESFY, ktorými boli infikované rovnaké kombinácie odroda/podnož. Rozdiely vo virulencii a prejavu symptómov preukázali aj iné pokusy (Kison & Seemüller, 2001; Ermacora et al., 2010). V práci Ermacora et al. (2010) boli klasifikované kmene hypervirulentné (silný prejav symptómov) a kmene hypovirulentné (nízky alebo bezsymptomatický prejav) (Ermacora et al., 2010).

I napriek viditeľným rozdielom symptomatického prejavu nebolo možné rutínnymi technikami používanými na identifikáciu fytoplaziem (sekvenácia a RFLP PCR produktu rDNA fytoplazmy) rozlíšiť kmene ESFY na molekulárnej úrovni (Kison & Seemüller, 2001; Seemüller & Schneider, 2004). Bolo navrhnutých niekoľko molekulárnych markerov na rozlíšenie kmeňov ESFY, no veľa z nich nepreukázalo variabilitu dostatočnú na rozlíšenie hypo a hypervirulentných kmeňov. Patria medzi ne napr. gény *tuf*, *fol*, *rpsC*, *tlyC* (Marccone et al., 2009), *pnp* a *secY* (Danet et al., 2011). Sekvenácie *imp* génu roznych kmeňov ESFY preukázali počtom získaných 14 genotypov pomerne vysokú variabilitu, no nebolo možné rozlíšiť hypo a hypervirulentné kmene (Danet et al., 2011, Marccone et al., 2009). Až následne sekvenácie *aceF* génu roznych kmeňov ESFY preukázali dostatočnú variabilitu (7 genotypov) i možnosť rozlíšiť hypo a hypervirulentné kmene (Danet et al., 2011). Avšak RFLP analýzou PCR produktu *aceF* génu sa nepodarilo rozlíšiť hyper a hypovirulentné kmene fytoplazmy ESFY (Martini et al., 2009), no na základe vzorov RFLP bolo možné sledovať zmiešané infekcie roznych kmeňmi ESFY v pletivách infikovaných rastlín.

V práci boli na charakterizáciu kmeňov fytoplazmy '*Ca. P. prunorum*' zo vzoriek z experimentálneho sadu Ústavu ovocníctví použité 4 molekulárne markery (*aceF*, *imp*, *pnp*, *secY*) použité v práci Danet et al. (2011). Ďalšou analýzou bola RFLP analýza markeru *aceF* použitá v práci Martini et al. (2009), pomocou ktorej je možné analyzovať zmiešané infekcie fytoplazmou '*Ca. P. prunorum*'.

## **Materiál a metódy**

### **Rastlinný materiál**

Pre projekt bol vybraný dlhodobu sledovaný rastlinný materiál s typickými symptómami alebo podozrením na prítomnosť fytoplazmy '*Candidatus Phytoplasma prunorum*' (Tab.1). Bolo

vybraných 23 stromov marhúľ (*Prunus armeniaca* L.), 3 stromy sliviek (*Prunus domestica* L.) a 2 stromy broskyne (*Prunus persica* (L.) Batsch). Všetky rastliny sa nachádzali v experimentálnom sade Ústavu ovocníctví ZF v Lednici, MEDNELU, z ktorých 10 bolo udržiavaných v podmienkach technickej izolácie.

Tabulka 1 Rastlinný materiál

| Druh <sup>1</sup>       | Odroda <sup>2</sup> | Časť izolácie <sup>3</sup>             | Pôvod <sup>4</sup>                                     | Symptómy <sup>5</sup>                                                                        |
|-------------------------|---------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Prunus armeniaca</i> | Saldcot             | lyko <sup>6</sup>                      | ZF sad <sup>8</sup>                                    | silná chlorotická zvinutka <sup>12</sup> , rastová depresia <sup>13</sup>                    |
|                         | Polonais            | lyko <sup>6</sup> / listy <sup>7</sup> | ZF sad <sup>8</sup>                                    | silná zvinutka <sup>14</sup> , slabá chloróza <sup>15</sup> , rastová depresia <sup>13</sup> |
|                         | Antonio Erani       | lyko <sup>6</sup>                      | ZF sad <sup>8</sup>                                    | chloróza <sup>16</sup> , rastová depresia <sup>13</sup>                                      |
|                         | Hativ Colmer        | lyko <sup>6</sup>                      | ZF sad <sup>8</sup>                                    | rastová depresia <sup>13</sup>                                                               |
|                         | Veselka*            | lyko <sup>6</sup>                      | ZF sad <sup>8</sup>                                    | slabá chloróza <sup>15</sup>                                                                 |
|                         | Reumberto           | lyko <sup>6</sup>                      | ZF sad <sup>8</sup>                                    | chloróza <sup>16</sup>                                                                       |
|                         | Vestar              | lyko <sup>6</sup>                      | ZF sad <sup>8</sup>                                    | chlorotická zvinutka <sup>17</sup>                                                           |
|                         | Harglow             | lyko <sup>6</sup>                      | ZF sad <sup>8</sup>                                    | zvinutka <sup>18</sup> , rastová depresia <sup>13</sup>                                      |
|                         | NJA 35              | lyko <sup>6</sup>                      | ZF sad <sup>8</sup>                                    | slabá chlorotická zvinutka <sup>19</sup>                                                     |
|                         | Olimp               | lyko <sup>6</sup> / listy <sup>7</sup> | ZF sad <sup>8</sup>                                    | chlorotická zvinutka <sup>17</sup> , rastová depresia <sup>13</sup>                          |
|                         | Bai-Gon             | lyko <sup>6</sup> / listy <sup>7</sup> | ZF sad <sup>8</sup>                                    | zvinutka <sup>18</sup> , rastová depresia <sup>13</sup>                                      |
|                         | Hargrand (1)*       | lyko <sup>6</sup>                      | ZF sad <sup>8</sup>                                    | bez symptómov <sup>20</sup>                                                                  |
|                         | Hargrand (2)        | lyko <sup>6</sup>                      | ZF sad <sup>8</sup>                                    | silná chloróza <sup>21</sup> , silná rastová depresia <sup>22</sup>                          |
|                         | Hargrand (2/1)      | listy <sup>7</sup>                     | ZF technický izolát <sup>9</sup>                       | chlorotická zvinutka <sup>17</sup>                                                           |
|                         | Hargrand (3)        | listy <sup>7</sup>                     | Kobylí (ZF technický izolát) <sup>10</sup>             | chlorotická zvinutka <sup>17</sup>                                                           |
|                         | Hargrand (4)        | listy <sup>7</sup>                     | Kobylí (ZF technický izolát) <sup>10</sup>             | chlorotická zvinutka <sup>17</sup>                                                           |
|                         | Hargrand (5)        | listy <sup>7</sup>                     | Kobylí (ZF technický izolát) <sup>10</sup>             | bez symptómov <sup>20</sup>                                                                  |
|                         | Poyer (1)*          | lyko <sup>6</sup>                      | ZF sad <sup>8</sup>                                    | bez symptómov <sup>20</sup>                                                                  |
|                         | Poyer (2)*          | listy <sup>7</sup>                     | ZF technický izolát <sup>9</sup>                       | bez symptómov <sup>20</sup>                                                                  |
|                         | Poyer (3)*          | listy <sup>7</sup>                     | ZF technický izolát <sup>9</sup>                       | zvinutka <sup>18</sup>                                                                       |
|                         | Poyer (4)*          | listy <sup>7</sup>                     | ZF technický izolát <sup>9</sup>                       | zvinutka <sup>18</sup>                                                                       |
|                         | Poyer (5)*          | listy <sup>7</sup>                     | ZF technický izolát <sup>9</sup>                       | bez symptómov <sup>20</sup>                                                                  |
|                         | Poyer (6)           | listy <sup>7</sup>                     | ZF technický izolát (spontánna infekcia) <sup>11</sup> | bez symptómov <sup>20</sup>                                                                  |
| <i>Prunus domestica</i> | Carskaja            | lyko <sup>6</sup> / listy <sup>7</sup> | ZF sad <sup>8</sup>                                    | chloróza <sup>16</sup>                                                                       |
|                         | M 49                | lyko <sup>6</sup>                      | ZF sad <sup>8</sup>                                    | chloróza <sup>16</sup> , rastová depresia <sup>13</sup>                                      |
|                         | Burbank             | lyko <sup>6</sup>                      | ZF sad <sup>8</sup>                                    | chloróza <sup>16</sup>                                                                       |
| <i>Prunus persica</i>   | 13B                 | lyko <sup>6</sup>                      | ZF sad <sup>8</sup>                                    | chlorotická zvinutka <sup>17</sup>                                                           |
|                         | GF 305              | listy <sup>7</sup>                     | ZF technický izolát (spontánna infekcia) <sup>11</sup> | chlorotická zvinutka <sup>17</sup>                                                           |

\* vzorky s kandidátnymi hypovirulentné kmeňmi 'Ca. P. prunorum'

\* samples with candidate hypovirulent strains of 'Ca. P. prunorum'

<sup>1</sup>species

<sup>2</sup>variety

<sup>3</sup>isolation part

<sup>4</sup>origin

<sup>5</sup>symptoms

<sup>6</sup>phloem

<sup>7</sup>leaves

<sup>8</sup>orchard at Faculty of Horticulture

- <sup>9</sup>technical isolator at Faculty of Horticulture
- <sup>10</sup>Kobylí (technical isolator at Faculty of Horticulture)
- <sup>11</sup>technical isolator at Faculty of Horticulture (spontaneous infection)
- <sup>12</sup>strong chlorotic leafroll
- <sup>13</sup>growth depression
- <sup>14</sup>strong leafroll
- <sup>15</sup>weak chlorosis
- <sup>16</sup>chlorosis
- <sup>17</sup>chlorotic leafroll
- <sup>18</sup>leafroll
- <sup>19</sup>weak chlorotic leafroll
- <sup>20</sup>without symptoms
- <sup>21</sup>strong chlorosis
- <sup>22</sup>strong growth depression

Table 2 Plant material

### Izolácia DNA

Celková DNA bola izolovaná z lykovej časti dvojročných výhonov alebo z listových stopiek upraveným protokolom podľa Maixner et al. (1995). DNA bola rozpustená v 100 µl TE pufra.

### Detekcia '*Ca. P. prunorum*'

Vzorky boli analyzované na prítomnosť fytoplaziem skupiny 16SrX pomocou nested PCR použitím primerových párov P1/P7 (Schneider et al., 1995) a f01/r01 (Lorenz et al., 1995). Pre nested PCR bol použitý cykler TC-3000 (Techne). PCR produkty boli separované pomocou elektroforézy na 1% agarózovom geli a vizualizované UV transiluminátorom za použitia interkalačného farbiva GelRed (Biotium). Na špecifickú detekciu '*Ca. P. prunorum*' bol použitý real-time PCR protokol podľa Nikolic et al. (2010) s Taqman sondou ESFY. Pre real-time PCR bol použitý mikrodosťkový ECO real-time PCR cykler (Illumina).

### Molekulárne markery

Pre molekulárnu charakterizáciu kmeňov fytoplazmy ESFY v experimentálnom sade Ústavu ovocníctví ZF v Lednici, MENDELU boli použité molekulárne markery použité v práci Danet et al. (2011). Ide o markery z oblasti génov *aceF* a *pnp*, zapojených v metabolizme sacharidov a nukleotidov i markery z oblasti génu *secY* zapojenom v sekrécii proteínov a *imp*, ktorý kóduje imunodominantný povrchový proteín.

PCR produkt markeru *aceF* má veľkosť 797bp. V práci Danet et al. (2011) bolo analýzou sekvencií rozlíšených 11 rôznych genotypov '*Ca. P. prunorum*' (Obr.1). RFLP analýzou PCR produktu tohto markeru podľa Martini et al. (2009) bolo rozlíšených 6 rôznych podskupín '*Ca. P. prunorum*'.

PCR produkt markeru *imp* pre '*Ca. P. prunorum*' má veľkosť 673 bp. V práci Danet et al. (2011) bolo na základe sekvencií rozlíšených 14 rôznych genotypov '*Ca. P. prunorum*' (Obr.3).

PCR produkty markerov *pnp* a *secY* pre '*Ca. P. prunorum*' majú veľkosti 549bp resp. 664bp. V práci Danet et al. (2011) vykazovali tieto markery u '*Ca. P. prunorum*' najnižšiu varibilitu s počtom 2 resp. 3 získaných genotypov (Obr.4 resp. Obr.5).

### **Nested PCR**

Pre amplifikáciu DNA každého molekulárneho markeru bolo použité nested PCR s dvomi párami primerov, tak ako v práci Danet et al. (2011). Pre nested PCR bol použitý cykler TC-3000 (Techne). Objem jednej reakcie (20 µl) pozostával z 1 µl DNA, 500 nM primeru forward i reverse, 1,6mM Mg<sup>2+</sup>, 0,125mM dNTP's, 1 U polymerázy GoTaq G2 (Promega), 1x Buffer (Promega) a čistenej H<sub>2</sub>O.

Teplotný profil PCR bol pre všetky molekulárne markery rovnaký. Prvá amplifikácia: aktivácia polymerázy 95°C po 2 min, ďalej 20 cyklov pozostávajúcich z 95°C po 30 s, 50°C po 30 s a 66°C po 45 s a záverečnou elongáciou pri 66°C po 5 min. Pre druhú amplifikáciu bol použitý 1 µl produktu z prvej amplifikácie, nested primery a teplotný profil zhodný s prvou amplifikáciou, ale s počtom cyklov 35.

### **RFLP analýza markeru *aceF***

Pre RFLP analýzu boli použité PCR produkty markeru *aceF* každej vzorky. Ako uvedené v práci Martini et al. (2009), boli použité 3 reštrikčné endonukleázy: BbsI, MluCI a HaeIII (New England BioLabs). Reakcia objemu 10 µl pozostávala z 2 µl PCR produktu, 3 U príslušnej endonukleázy, 1X Buffer a čistenej H<sub>2</sub>O. Teplotný režim bol dodržaný, ako uvádza výrobca. Produkty RFLP boli pri použití BbsI a HaeIII separované pomocou elektroforézy na 2% agarózovom geli a vizualizované UV transiluminátorom za použitia interkalačného farbiva GelRed (Biotium). Pri použití enzýmu MluCI boli produkty RFLP separované pomocou 5% gelu PAGE vo vertikálnej elektroforéze a vizualizované UV transiluminátorom za použitia interkalačného farbiva GelRed (Biotium).

Na základe získaných RFLP vzorov boli testované vzorky rozdelené do podskupín podľa kľúča v publikácii Martini et al. (2009).

### **Analýza sekvencií molekulárnych markerov**

PCR produkty molekulárnych markerov boli vyrezané z gelu a prečistené použitím NucleoSpin Gel and PCR Clean-up (Macherey-Nagel) a rozpustené v 20 µl elution buffer (Macherey-Nagel). Prečistené vzorky boli osekvenované sangerovou metódou vo firme GATC Biotech (DE) na ABI 3730xl s použitím forward nested primeru príslušného markeru.

Chromatogramy boli analyzované v programe CLC (CLC bio), kde bol vytvorený alignment upravených sekvencií s referenčnými sekvenciami (Danet et al., 2011) získaných z databázy NCBI. Program CLC (CLC bio) bol použitý aj pri fylogenetických analýzach, kde metódou Nieghbour Joining boli vytvorené dendrogramy jednotlivých markerov aj s novo objavenými sekvenciami.

### Výsledky a diskusia

#### Detekcia '*Ca. P. prunorum*'

Použitím nested PCR a real-time PCR boli všetky testované vzorky pozitívne na prítomnosť fytoplaziem zo skupiny 16SrX a u všetkých bola potvrdená prítomnosť '*Ca. P. prunorum*'.

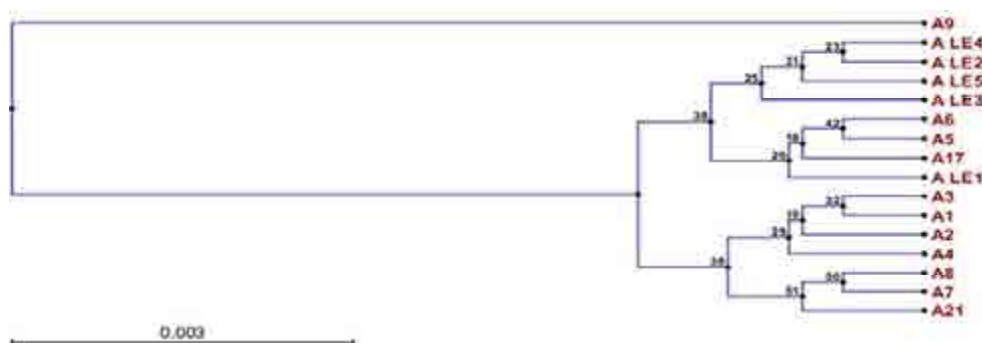
#### Analýza molekulárneho markeru *aceF*

RFLP analýzou markeru *aceF* podľa Martini et al. (2009) bolo 24 testovaných vzoriek rozdelených do 3 podskupín (AceF-A, -C, -E), pričom 4 vzorky vykazovali zmiešanú infekciu (3 x AceF-B+E; AceF-A+C) (Tab.2). Najčastejšie zastúpenou podskupinou bola podskupina AceF-A (18 vzoriek) a AceF-E (5 vzoriek), čo potvrdzuje i výsledky získané v práci Martini et al. (2009).

U vzoriek so zmiešanou infekciou bola celková DNA vyizolovaná i z listových stopiek na overenie výsledku RFLP z DNA izolovanej z lyka. U troch vzoriek (Carskaja, Bai-gon, Olimp) RFLP analýza z DNA izolovanej z listových stopiek potvrdila zmiešanú infekciu (AceF-B+E), kdežto u vzorky Polonais RFLP analýza z DNA izolovanej z lyka preukázala prítomnosť podskupiny AceF-A i -C, no z DNA z listových stopiek iba podskupiny AceF-A. Je možné, že v rámci rastliny sa v inej časti rastliny môže nachádzať iné spektrum fytoplaziem.

Osekvenovaním markeru *aceF* boli kompletné sekvencie získané u 21 vzoriek (Tab.2). Alignment časti sekvencie (702 bp) markeru *aceF* analyzovaných vzoriek a referenčných sekvencií (Danet et al., 2011) ukázal, že až na vzorku Polonais s prítomnými genotypmi '*Ca. P. prunorum*' A5 a A6, mali ostatné vzorky unikátne sekvencie, rozdelené do 5 nových genotypov (A LE1 – A LE5) (Tab.2, Obr.1). Najčastejším genotypom medzi testovanými vzorkami bol prítomný nový genotyp A LE2 (14 vzoriek) a A LE4 (3 rastliny).

Nové genotypy sa odlišovali hlavne v deléciách 688. a 695. nukleotidu, kde sa genotypy A LE3 resp. A LE2 líšili od genotypov A5 resp. A6 práve týmito dvomi deléciami. Genotyp A LE4 sa líšil od genotypu A6 iba deléciou 695. nukleotidu. Ostatné genotypy (A LE1 a A LE5), ktoré však predstavovali iba 2 vzorky, sa líšili v iných miestach sekvencií, kde sa genotyp A LE1 odlišoval od genotypu A6 deléciou 17. nukleotidu a genotyp A LE5 mimo delécie 695. nukleotidu i 3 SNP-mi (single nucleotide polymorphism). I napriek unikátnosti nových genotypov '*Ca. P. prunorum*' testovaných vzoriek je možné, že vznikli z genotypov A5 a A6.



Fylogenetická analýza metódou Neighbour Joining, bootstrap value 100

Referenčné genotypy (Danet et al., 2011): A1 – A9; A17; A21

Nové genotypy (popis v tejto práci): A LE1 – A LE5

Phylogenetic analysis by Neighbour Joining method, bootstrap value 100

Reference genotypes (Danet et al., 2011): A1 – A9; A17; A21

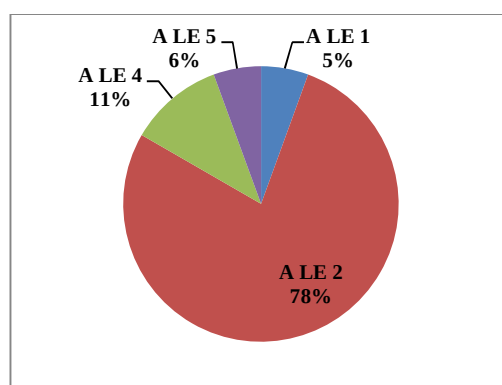
New genotypes (description in this work): A LE1 – A LE5

Obrázok 1 Dendrogram markeru *aceF* fytoplazmy 'Ca. P. prunorum'

Figure 1 Dendrogram of *aceF* marker of phytoplasma 'Ca. P. prunorum'

Porovnaním výsledkov analýz markeru *aceF* testovaných vzoriek pomocou RFLP a analýzou sekvencií je zrejmé, že RFLP analýza nie je dostatočná na úplné rozlíšenie kmeňov 'Ca. P. prunorum', kde napríklad podskupina AceF-A bola zložená zo štyroch genotypov 'Ca. P. prunorum' (Obr. 2). Tento fakt potvrdzuje i Martini et al. (2009). Výhodou analýzy RFLP je možnosť analýzy zmiešaných infekcií, potvrdených i v tejto práci (Tab.2).

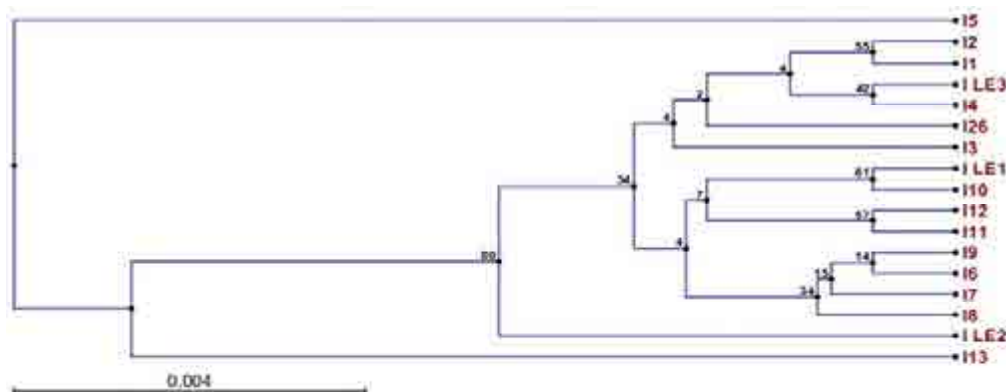
V práci Danet et al. (2011) bolo analýzou markeru *aceF* možné rozlíšiť hypovirulentné kmene 'Ca. P. prunorum' (genotyp A6) od ostatných kmeňov. V tejto práci i napriek kandidátnym asymptomatickým alebo slabo symptomatickým jedincom (Tab.2 - označené\*) ani u jednej vzorky nebol potvrdený genotyp A6. Mimo to, všetky kandidátne hypovirulentné kmene sa navzájom odlišovali genotypovým zložením použitých markerov. Avšak prirodzené ozdravenie a možné pretrvanie asymptomatického prejavu i pri vegetatívnom množení je pravdepodobne možné i bez ohľadu na kmeň fytoplazmy (Osler et al., 2014; Osler et al., 2016).



Obrázok 2 Genotypové zloženie podskupiny aceF-A získané osekvenovaním markeru aceF  
Figure 3 Genotypic composition of subgroup aceF-A obtained by sequencing of the marker aceF

### Analýza molekulárneho markeru *imp*

Osekvenovaním markeru *imp* boli kompletne sekvencie získané u 18 vzoriek (Tab.2). Alignment časti sekvencie (607 bp) *imp* markeru analyzovaných vzoriek a referenčných sekvencií (Danet et al., 2011) ukázal, že mimo známe genotypy (I3, I4, I10) mali 4 vzorky unikátne sekvencie (I LE1 – I LE3) (Tab.2, Obr.3). U vzorky Hargrand (1) bola sledovaná zmiešaná infekcia 'Ca. P. prunorum' I LE1 a I10. Genotyp I LE1 sa od genotypu I10 odlišoval iba jediným SNP-om. Genotypy I LE3 a I LE2 sa od genotypu I4 odlišovali jednou inzerciou resp. jednou inzerciou a dvomi deléciami. Najväčšie zastúpenie medzi testovanými vzorkami mali genotypy I4 (9 vzoriek) a I10 (4 vzorky).



Fylogenetická analýza metódou Neighbour Joining, bootstrap value 100

Referenčné genotypy (Danet et al., 2011): I1 – I13; I14

Nové genotypy (popis v tejto práci): I LE1 – I LE3

Phylogenetic analysis by Neighbour Joining method, bootstrap value 100

Reference genotypes (Danet et al., 2011): I1 – I13; I14

New genotypes (description in this work): I LE1 – I LE3

Obrázok 4 Dendrogram markeru *imp* fytoplazmy 'Ca. P. prunorum'

Figure 5 Dendrogram of *imp* marker of phytoplasma 'Ca. P. prunorum'

### Analýza molekulárneho markeru *secY*

Osekvenovaním markeru *secY* boli kompletne sekvencie získané u 18 vzoriek (Tab.2). Alignment časti sekvencie (498 bp) markeru *secY* analyzovaných vzoriek a referenčných sekvencií (Danet et al., 2011) ukázal, že všetky vzorky majú S2 genotyp '*Ca. P. prunorum*' (Tab.2, Obr.4).



Fylogenetická analýza metódou Neighbour Joining, bootstrap value 100

Referenčné genotypy (Danet et al., 2011): S1 – S3

Phylogenetic analysis by Neighbour Joining method, bootstrap value 100

Reference genotypes (Danet et al., 2011): S1 – S3

Obrázok 6 Dendrogram markeru *secY* fytoplazmy '*Ca. P. prunorum*'

Figure 7 Dendrogram of *secY* marker of phytoplasma '*Ca. P. prunorum*'

### Analýza molekulárneho markeru *pnp*

Osekvenovaním markeru *pnp* boli kompletne sekvencie získané u 20 vzoriek (Tab.2). Alignment časti sekvencie (464 bp) markeru *pnp* analyzovaných vzoriek a referenčných sekvencií (Danet et al., 2011) ukázal, že až na vzorku Hargrand (4) majú všetky vzorky P2 genotyp '*Ca. P. prunorum*' (Tab.2, Obr.5).

Vzorka Hargrand (4) sa od genotypov P1 a P2 odlišovala v 7 resp. 6 SNP-och. Ide o veľký rozdiel vzhľadom na to, že rozdiel medzi genotypom P1 a P2 je 1 SNP. Inokulum Hargrand (4) bolo získané z ovocného sadu napadnutého '*Ca. P. prunorum*' v Kobylí a mimo marker *pnp* nevykazuje u markeru *aceF*, *imp* ani *secY* výrazné odlišnosti v porovnaní s inými vzorkami.



Fylogenetická analýza metódou Neighbour Joining, bootstrap value 100

Referenčné genotypy (Danet et al., 2011): P1, P2

Nové genotypy (popis v tejto práci): P LE1

Phylogenetic analysis by Neighbour Joining method, bootstrap value 100

Reference genotypes (Danet et al., 2011): P1, P2

New genotypes (description in this work): P LE1

Obrázok 8 Dendrogram markeru *pnp* fytoplazmy '*Ca. P. prunorum*'

Figure 9 Dendrogram of *pnp* marker of phytoplasma '*Ca. P. prunorum*'

Analýzou markerov *aceF*, *imp*, *pnp* a *secY* je patrná odlišnosť genotypového zloženia '*Ca. P. prunorum*' na území experimentálneho sadu s výsledkami v práci Danet et al. (2011), kde bol zväčša použitý materiál zo západnej Európy. Dokazujú to nové genotypy u markerov *aceF*, *imp*

i *pnp*, kde napríklad nové genotypy markeru *aceF* A LE2 – A LE5 vytvorili pri fylogenetickej analýze novú, izolovanú vedľajšiu vetvu. Rozdiely sú patrné aj pri podieloch genotypového zloženia markerov, kde u markeru *imp* sa najčastejšie vyskytovali genotypy I4 a I10 (13 z 18 vzoriek), no v práci Danet et al. (2011) to boli genotypy I1 a I9. U markerov *secY* a *pnp* boli u testovaných vzoriek najzastupovanejšie genotypy S2 (všetky vzorky) resp. P2 (19 z 20 vzoriek), no v práci Danet et al. (2011) to boli genotypy S1 resp. P1. Tieto výsledky môžu naznačovať izolovaný vývoj fytoplazmy '*Ca. P. prunorum*' v Lednici od '*Ca. P. prunorum*' v západnej Európe.

Tabulka 3 Rastlinný materiál a výsledky analýzy molekulárných markerov '*Ca. P. prunorum*'

| Druh <sup>1</sup>       | Odroda <sup>2</sup> | Pôvod <sup>3</sup>                                     | Podskupiny<br>AceF- <sup>a4</sup> | Genotypy<br><i>aceF</i> <sup>b5</sup> | Genotypy<br><i>imp</i> <sup>b6</sup> | Genotypy<br><i>secY</i> <sup>b7</sup> | Genotypy<br><i>pnp</i> <sup>b8</sup> |
|-------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Prunus armeniaca</i> | Saldcot             | ZF sad <sup>9</sup>                                    | A                                 | A LE1                                 | I LE1                                | -                                     | -                                    |
|                         | Polonais            | ZF sad <sup>9</sup>                                    | A+C / A                           | A5+A6                                 | I4                                   | S2                                    | -                                    |
|                         | Antonio Erani       | ZF sad <sup>9</sup>                                    | A                                 | A LE2                                 | I10                                  | S2                                    | P2                                   |
|                         | Hativ Colmer        | ZF sad <sup>9</sup>                                    | C                                 | -                                     | I4                                   | S2                                    | P2                                   |
|                         | Veselka*            | ZF sad <sup>9</sup>                                    | A                                 | A LE4                                 | I10                                  | S2                                    | P2                                   |
|                         | Reumberto           | ZF sad <sup>9</sup>                                    | C                                 | -                                     | I4                                   | S2                                    | P2                                   |
|                         | Vestar              | ZF sad <sup>9</sup>                                    | A                                 | A LE2                                 | I4                                   | S2                                    | P2                                   |
|                         | Harglow             | ZF sad <sup>9</sup>                                    | A                                 | A LE2                                 | I3                                   | S2                                    | P2                                   |
|                         | NJA 35              | ZF sad <sup>9</sup>                                    | A                                 | A LE2                                 | I4                                   | -                                     | P2                                   |
|                         | Olimp               | ZF sad <sup>9</sup>                                    | B+E                               | A LE4                                 | -                                    | -                                     | P2                                   |
|                         | Bai-Gon             | ZF sad <sup>9</sup>                                    | B+E                               | -                                     | -                                    | -                                     | P2                                   |
|                         | Hargrand (1)*       | ZF sad <sup>9</sup>                                    | A                                 | A LE2                                 | I10 + I LE 1                         | -                                     | -                                    |
|                         | Hargrand (2)        | ZF sad <sup>9</sup>                                    | A                                 | A LE2                                 | I10                                  | -                                     | -                                    |
|                         | Hargrand (2/1)      | ZF technický izolát <sup>10</sup>                      | A                                 | A LE2                                 | I10                                  | S2                                    | P2                                   |
|                         | Hargrand (3)        | Kobylí (ZF technický izolát) <sup>11</sup>             | C                                 | A LE3                                 | I4                                   | S2                                    | P2                                   |
|                         | Hargrand (4)        | Kobylí (ZF technický izolát) <sup>11</sup>             | A                                 | A LE2                                 | I4                                   | S2                                    | P LE1                                |
|                         | Hargrand (5)        | Kobylí (ZF technický izolát) <sup>11</sup>             | A                                 | A LE2                                 | I LE 3                               | S2                                    | P2                                   |
|                         | Poyer (1)*          | ZF sad <sup>9</sup>                                    | A                                 | A LE2                                 | I4                                   | -                                     | -                                    |
|                         | Poyer (2)*          | ZF technický izolát <sup>10</sup>                      | A                                 | A LE2                                 | -                                    | S2                                    | P2                                   |
|                         | Poyer (3)*          | ZF technický izolát <sup>10</sup>                      | A                                 | A LE2                                 | I LE 2                               | S2                                    | P2                                   |
|                         | Poyer (4)*          | ZF technický izolát <sup>10</sup>                      | A                                 | A LE4                                 | -                                    | S2                                    | -                                    |
|                         | Poyer (5)*          | ZF technický izolát <sup>10</sup>                      | A                                 | A LE5                                 | -                                    | S2                                    | -                                    |
|                         | Poyer (6)           | ZF technický izolát (spontánna infekcia) <sup>12</sup> | C                                 | -                                     | -                                    | S2                                    | P2                                   |
| <i>Prunus domestica</i> | Carskaja            | ZF sad <sup>9</sup>                                    | B+E                               | -                                     | -                                    | -                                     | P2                                   |
|                         | M 49                | ZF sad <sup>9</sup>                                    | E                                 | -                                     | -                                    | -                                     | P2                                   |
|                         | Burbank             | ZF sad <sup>9</sup>                                    | A                                 | A LE 2                                | -                                    | -                                     | P2                                   |
| <i>Prunus persica</i>   | 13B                 | ZF sad <sup>9</sup>                                    | A                                 | A LE 2                                | I4                                   | S2                                    | P2                                   |
|                         | GF 305              | ZF technický izolát (spontánna infekcia) <sup>12</sup> | C                                 | -                                     | -                                    | S2                                    | -                                    |

\* vzorky s kandidátnymi hypovirulentnými kmeňmi '*Ca. P. prunorum*'

<sup>a</sup> zaradenie podľa RFLP analýzy v Martini et al. (2009)

<sup>b</sup> zaradenie podľa analýzy sekvencií v Danet et al. (2011)

A LE1 – A LE5; I LE1 – I LE3; P LE1: nové genotypy s rozdielnymi sekvenciami než referenčné sekvencie z Danet et al. (2011)

\* samples with candidate hypovirulent strains of '*Ca. P. prunorum*'

<sup>a</sup> RFLP analysis classification by Martini et al. (2009)

<sup>b</sup> sequencing analysis classification by Danet et al. (2011)

A LE1 – A LE5; I LE1 – I LE3; P LE1: new genotypes with different sequentions than reference sequentions in Danet et al. (2011)

<sup>1</sup>species

<sup>2</sup>variety

<sup>3</sup>origin

<sup>4</sup>subgroups AceF-

<sup>5</sup>genotypes aceF

<sup>6</sup>genotypes imp

<sup>7</sup>genotypes secY

<sup>8</sup>genotypes pnp

<sup>9</sup>orchard at Faculty of Horticulture

<sup>10</sup>technical isolator at Faculty of Horticulture

<sup>11</sup>Kobylí (technical isolator at Faculty of Horticulture)

<sup>12</sup>technical isolator at Faculty of Horticulture (spontaneous infection)

Table 4 Plant material and results of analysis of 'Ca. P. prunorum' molekular markers

### Súhrn

Na charakterizáciu kmeňov fytoplazmy 'Ca. P. prunorum' boli použité molekulárne markery *aceF*, *imp*, *pnp*, *secY*. V publikácii Danet et al. (2011) ich osekvenovaním a najmä vďaka markeru *aceF* bolo možné rozlíšiť hypovirulentné kmene. Ďalšou analýzou bola RFLP analýza markeru *aceF*, pomocou ktorej bolo možné analyzovať zmiešané infekcie fytoplazmou 'Ca. P. prunorum'.

Analýzou molekulárnych markerov (*aceF*, *imp*, *pnp* a *secY*) fytoplazmy 'Ca. P. prunorum' vzoriek z experimentálneho sadu Ústavu ovocníctví nebolo možné rozlíšiť kandidátne hypovirulentné kmene, ktoré sa navzájom odlišovali genotypovým zložením použitých markerov a na úrovni týchto markerov neboli ani odlišiteľné od ostatných kmeňov použitých v tejto práci.

RFLP analýzou markeru *aceF* i analýzou sekvencií markerov použitých vzoriek boli sledované zmiešané infekcie 'Ca. P. prunorum' u 5 vzoriek.

Nové sekvencie genotypov markerov *aceF*, *imp* a *pnp* a iný podiel genotypového zloženia markerov testovaných vzoriek v porovnaní s výsledkami v práci Danet et al. (2011), kde prevládali vzorky zo západnej Európy, je možné, že v oblasti Lednice došlo k izolovanému vývoju fytoplazmy 'Ca. P. prunorum'.

**Kľúčové slová:** 'Candidatus Phytoplasma prunorum', ESFY, *Prunus*, molekulárne markery

### PodĎakovanie

Výsledky publikované v tejto práci vznikly za finančnej podpory projektu MZE NAZV/KUS QJ1510352 a IGA1/2015/591.

## Literatúra

CARRARO L., OSLER R. European stone fruit yellows: a destructive disease in the Mediterranean basin. In Myrta A. (ed.), Di Terlizzi B. (ed.), Savino V. (ed.). *Virus and virus-like diseases of stone fruits, with particular reference to the Mediterranean region*. Bari : CIHEAM, 2003. p. 113-117. (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n.45). <http://om.ciheam.org/om/pdf/b45/03001782.pdf>

DANET, J. L., G. BALAKISHIYEVA, A. CIMERMAN, et al. Multilocus sequence analysis reveals the genetic diversity of European fruit tree phytoplasmas and supports the existence of inter-species recombination. *Microbiology*. 2011, roč. 157, č. 2, s. 438-450. DOI: 10.1099/mic.0.043547-0.

DANET, J. L., G. BALAKISHIYEVA, A. CIMERMAN, N. SAUVION, V. MARIE-JEANNE, G. LABONNE, A. LAVINA, A. BATLLE, I. KRIZANAC, D. SKORIC, P. ERMACORA, C. U. SERCE, K. CAGLAYAN, W. JARAUSCH A X. FOISSAC. Multilocus sequence analysis reveals the genetic diversity of European fruit tree phytoplasmas and supports the existence of inter-species recombination. *Microbiology*. 2011, roč. 157, č. 2, s. 438-450. DOI: 10.1099/mic.0.043547-0. Dostupné z: <http://mic.sgmjournals.org/cgi/doi/10.1099/mic.0.043547-0>

ERMACORA P., LOI N., FERRINI F., LOSCHI A., MARTINI M., OSLER R., CARRARO L., 2010. Hypo and hyper-virulence in apricot trees infected by European stone fruit yellows. *Proceedings of the 21st International Conference on Virus and other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops, Neustadt* 2009: 48.

ERMACORA, P., FERRINI, F., LOI, N., MARTINI, M., AND OSLER, R. 2011. Population dynamics of *Cacopsylla pruni* and 'Candidatus Phytoplasma prunorum' infection in North-Eastern Italy. *Bull. Insectol.* 64:S143-S144.

JARAUSCH W., FUCHS A., JARAUSCH B., 2009. Establishment of a quantitative real-time PCR assay for the specific quantification of *Candidatus Phytoplasma prunorum* in plants and insects. *Proceedings of the 21st International Conference on Virus and other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops, Neustadt* 2009: 80-81.

KISON H., SEEMÜLLER E., 2001. Differences in strain virulence of the European stone fruit yellows phytoplasma and susceptibility of stone fruit trees on various rootstocks to this pathogen. *Journal of Phytopathology* 149: 533-541.

KŮDELA, V.; NOVACKY, A.; FUCIKOVSKY, L. Rostlinolékařská bakteriologie. 1. vydání. Praha : Academia, 2002. 347 s. ISBN 80-200-0899-3.

LORENZ K, H. SCHNEIDER, B. AHRENS, U. SEEMÜLLER, E. Detection of the apple proliferation and pear decline phytoplasmas by PCR amplification of ribosomal and nonribosomal DNA. *Phytopathol*, 1995. 85: 771-776.

LORENZ K.-H., DOSBA F., POGGI POLLINI C., LLÁCER G., SEEMÜLLER E., 1994. Phytoplasma diseases of *Prunus* species in Europe are caused by genetically similar organisms. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 101: 567-575.

MAIXNER, M.; AHRENS, U.; SEEMÜLLER, E.; 1995: Detection of the German grapevine yellows (Vergilbungskrankheit) MLO in grapevine, alternative hosts and a vector by a specific PCR procedure. *European Journal of Plant Pathology* 101, 241-250.

MARCONE C., SCHNEIDER B., SEEMÜLLER E., 2009. Comparison of European stone fruit yellows phytoplasma strains differing in virulence by multi-gene sequence analyses. *Proceedings of the 21st International Conference on Virus and other Graft Transmissible Diseases of fruit Crops, Neustadt* 2009: 47-48.

MARTINI M., FERRINI F., DANET J.-L., ERMACORA P., SERTKAYA G., DELIC' D., LOI N., FOISSAC X., CARRARO L., 2009. PCR/RFLP based method for molecular characterization of 'Candidatus Phytoplasma prunorum' strains using aceF gene. *Proceedings of the 21st International Conference on Virus and other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops, Neustadt* 2009: 80.

MARTINI M., FERRINI F., DANET J.-L., ERMACORA P., SERTKAYA G., DELIC' D., LOI N., FOISSAC X., CARRARO L., 2009. PCR/RFLP based method for molecular characterization of 'Candidatus Phytoplasma prunorum' strains using aceF gene. *Proceedings of the 21st International Conference on Virus and other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops, Neustadt* 2009: 80.

MARTINI M., LOI N., ERMACORA P., CARRARO L., PASTORE M., 2007b. A real-time PCR method for detection and quantification of 'Candidatus Phytoplasma prunorum' in its natural hosts. *Bulletin of Insectology* 60: 251-252.

NIKOLIC, P. MEHLE, N. GRUDEN, K. RAVNIKAR, M. DERMASTIA, M. A panel of real-time PCR assays for specific detection of three phytoplasmas from the apple proliferation group. *Molecular and Cellular Probes* 24, 2010. 303-309

NIKOLIĆ, PETRA, NATAŠA MEHLE, KRISTINA GRUDEN, MARINA DERMASTIA, et al. A panel of real-time PCR assays for specific detection of three phytoplasmas from the apple proliferation group. *Molecular and Cellular Probes*. 2010, roč. 24, č. 5, s. 303-309. DOI: 10.1016/j.mcp.2010.06.005.

OSLER, R., BORSELLI, S., ERMACORA, P., FERRINI, F., LOSCHI, A., MARTINI M., MORUZZI, S., MUSETTI, R., GIANNINI, M., SERRA, S., LOI, N. Transmissible tolerance to European stone fruit yellows (ESFY) in apricot: cross-protection or a plant mediated process? *Phytoparasitica*. DOI: 10.1007/s12600-016-0509-2. ISSN 0334-2123.

OSLER, R., BORSELLI, S., ERMACORA, P., LOSCHI, A., MARTINI, M., MUSETTI, R., AND LOI, N. 2014. Acquired tolerance in apricot plants that stably recovered from European stone fruit yellows. *Plant Dis.* 98:492-496.

PIGNATTA D., POGGI POLLINI C., GIUNCHEDI L., et al. 2008. A real-time PCR assay for the detection of European stone fruit yellows phytoplasma (ESFYP) in plant propagation material. *Acta Horticulturae* 781: 499-504.

SEEMÜLLER E., FOSTER A., 1995. European stone fruit yellows. In: Ogawa J.M., Zehr E.I., Bird G.W., Ritchie D.F., Uriu K., Uyemoto J.K. (eds.). *Compendium of Stone Fruit Diseases*, pp. 59-60. APS Press, St. Paul, MN, USA.

SEEMÜLLER E., SCHNEIDER B., 2004. 'Candidatus Phytoplasma mali', 'Candidatus Phytoplasma pyri' and 'Candidatus Phytoplasma prunorum', the causal agents of apple proliferation, pear decline and European stone fruit yellows, respectively. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 54: 1217-1226.

SEEMÜLLER, E., MARCONE, C., LAUER, U., RAGOZZINO, A. & GÖSCHL, M. (1998). Current status of molecular classification of the phytoplasmas. *J Plant Pathol* 80, 3–26.

SCHNEIDER, B. SEEMÜLLER, E. SMART, C. D. KIRKPATRICK, B. C. Phylogenetic classification of plant pathogenic mycoplasma-like organisms or phytoplasmas. In: Razin R and Tully JG (eds), *Molecular and Diagnostic Procedures in Mycoplasma*, 1995. vol 1, pp. 369-380, Academic Press, San Diego.

THÉBAUD G., SAUVION N., CHADOEUF J., DUFILS A., LABONNE G., 2006. Identifying risk factors for European stone fruit yellows from a survey. *Phytopathology* 96: 890-899.

**Kontaktná adresa:** Ing. Tomáš Kiss, Ústav ovocnictví, Zahradnická fakulta, MENDELU, Valtická 337, 691 44 Lednice, Česká republika, t.č. +420 776 296 899, email: xkiss@mendelu.cz

## FYZIOLOGICKÉ ZMENY V RASTLINÁCH SPÔSOBENÉ SUCHOM

## PHYSIOLOGICAL CHANGES IN PLANTS CAUSED BY DROUGHT

Alan KLIMAJ, Viliam BÁREK

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

### Abstract

Drought stress is a phenomenon that has been given attention in research for several decades. The basic method of mapping drought is monitoring the rate of evapotranspiration as the main point of water deficit. Plant is losing water by evapotranspiration in tissues, but also is reduced access through the root system. While exposed to stress caused by drought occur in the plant physiological changes that follow in the exact sequence, that the plant survive adverse conditions. First, there is closing of stomata, followed by the release of enzymes that are intended to slow down the increase in the extent that the plant survived.

**Keywords:** plants, drought, physiological changes transpiration

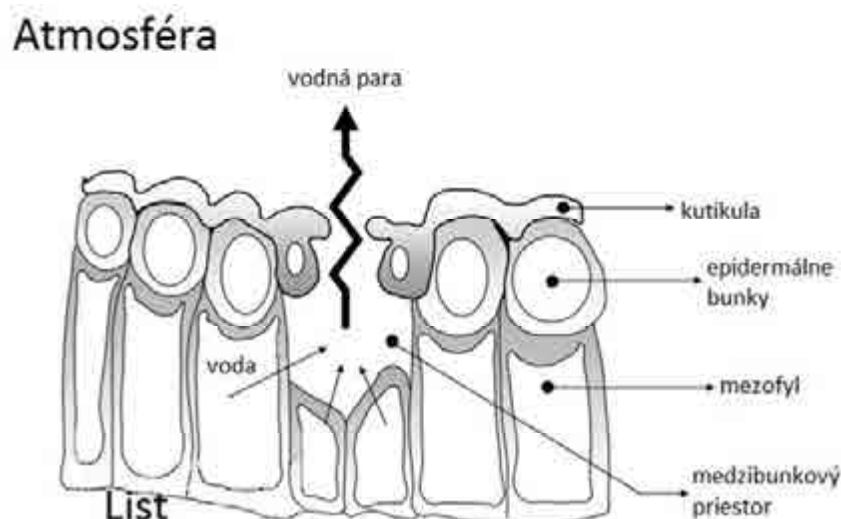
### Úvod

Na Slovensku sme za posledných 100 rokov zaznamenali trend rastu priemernej ročnej teploty vzduchu (T) o 1,1°C a pokles ročných úhrnov atmosférických zrážok (R) o 5,6 % v priemere. Úhrny atmosférických zrážok v letnom polroku sa znížili asi o 20 % na juhu a asi o 10 % na severe, relatívna vlhkosť vzduchu sa znížila o 2–6 % najmä v jarných mesiacoch. Tieto zmeny sú však omnoho výraznejšie v oblasti Slovenska, ktorá je poľnohospodársky intenzívnejšie využívaná, a to hlavne Podunajská nížina. Od roku 1990 sa vo väčšom meradle vyskytujú celoplošné suchá, zapríčinené dlhými periódami sucha a nadpriemerne vysokými teplotami. Podľa určitých prognóz by do konca storočia mohla priemerná ročná teplota narásť až o 4°C.

Väčšina plodín má v krátkodobom meradle veľmi malú schopnosť vyrovnávať sa s podmienkami vonkajšieho prostredia a sú extrémne zraniteľné pri akútnom nedostatku vody. Rastlina prijíma vodu predovšetkým z pôdy na svoj fyziologický vývoj a na vykrytie jej strát pri transpirácii. Čím je vyššia pôdna vlhkosť, tým rýchlejšie bude rastlina schopná znova doplniť svoje požiadavky, vyhnúť sa stresu a zregenerovať sa bez toho, aby došlo k celkovým poškodeniam.

## Materiál a metódy

Odparovanie je proces, pri ktorom sa voda v kvapalnom skupenstve premieňa na vodnú paru (odparovanie) a odstráni sa z povrchu. Voda sa odparuje z rôznych povrchov, ako sú napríklad jazerá, rieky, chodníky, pôdy a vegetácia. Na tento proces je potrebná energia, aby bola vykonaná zmena skupenstiev. Priame slnečné žiarenie a v menšej miere okolitá teplota vzduchu poskytujú túto energiu. Hnacia sila na odstránenie vodnej pary z odparovacej plochy stanovuje rozdiel medzi tlakom vodnej pary v odparovacom povrchu a v okolitom vzduchu. Počas odparovania sa stáva okolitý vzduch viac nasýteným, postupne sa spomaľuje, až sa zastaví. Nasycovanie vzduchu je závislé od sily vetra. Hlavné klimatologické parametre, ktoré sa posudzujú, sú slnečné žiarenie, teplota vzduchu, vlhkosť vzduchu a rýchlosť vetra v prípade, že pôda je schopná dodávať vodu dostatočne rýchlo, aby bol uspokojený dopyt pre odparovanie. Odparovanie z pôdy je možné len za meteorologických podmienok, vtedy, ak je interval zrážok a zavlažovanie veľký a schopnosť pôdy riadiť vlhkosť v povrchovej zóne je malá, obsah vody klesá, až vyschne. Pri absencii akéhokoľvek zásobovania vodou odparovanie rýchlo klesá a môže sa ukončiť kompletne počas niekoľkých dní.



Obr.1. Schéma výparu z listu  
Fig.1. Diagram of evaporation from the leaf

Transpirácia je proces odparovania kvapalnej vody obsiahnutej v rastlinných tkanivách a jej odstránenie do atmosféry. Rastliny prevažne strácajú vodu cez prieduchy. Tieto malé otvory sú umiestnené na listoch, cez ktoré prechádza voda v plynnom skupenstve do okolitej atmosféry. Obsah vody v pôde je schopný ovplyvniť mieru transpirácie. Rôzne druhy rastlín inak vplývajú na transpiráciu. Výpar aj transpirácia prebiehajú súčasne, a preto neexistuje spôsob, ako ich odlíšiť. Kým je plodina malá, prevažuje frakcia výparu z pôdy, ako časom plodina rastie, vyrovnáva sa podiel strát vody výparom z pôdy a transpiráciou. Akonáhle je rastlina dobre vyvinutá a vytvorí

dobre zapojený porast, straty vody transpiráciou tvoria 90-100%. Hlavné parametre ovplyvňujúce evapotranspiráciu, sú žiarenie, teplota vzduchu, vlhkosť vzduchu a rýchlosť vetra. Odparovacia sila atmosféry je vyjadrená ako evapotranspirácia referenčnej plodiny (ETO), čo predstavuje evapotranspiráciu zo štandardizovaného vegetačného povrchu.

Typ, odroda plodiny a fenologická fáza vývoja sú informácie, potrebné pre posudzovanie ET. Za rovnakých podmienok môže rastlina vykazovať rôzne hodnoty ET v závislosti od výšky, drsnosti, reflexie listovej plochy, vytvorením zapojeného porastu a zakorenením. Faktory, ako je salinizácia pôd, chudobné pôdy, obmedzené používanie hnojív, prítomnosť tvrdých alebo nepreniknuteľných pôdných horizontov, absencia kontroly chorôb a škodcov a zlé hospodárenie s pôdou môžu obmedziť rozvoj plodín a znížiť evapotranspiráciu.

### Výsledky a diskusia

Relatívny obsah vody, vodný potenciál listov, odolnosť prieduchov, rýchlosť transpirácie, teplota listov a korún stromov sú dôležité vlastnosti, ktoré ovplyvňujú vodné vzťahy. Relatívny obsah vody počas počiatočných fáz vývoja obilnín je vyšší ako v sušine po zbere. U obilnín sa pri expozícii rastlín do sucha spomaľuje transpiračný prúd, uzatvárajú sa prieduchy, čo má za následok výrazné zníženie obsahu vody v listoch a pletivách. Vplyv zníženej vodivosti prieduchov v nezavlažovaných rastlinách bol negovaný rozdielnym tlakom pár listov a okolitým vzduchom, spôsobený vyššou teplotou listu. Nižšia spotreba vody nezavlažovaných plodín má za ďalší sprievodný jav zmenšenie listovej plochy (LAI). U rastlín s poklesom vody v pletivách dochádza na bunkovej úrovni k poklesu turgoru.



Obr.2. Opis pravdepodobných mechanizmov redukcie rastu počas vystavenia rastliny stresu suchom

Fig.2. Description of likely mechanisms regulating the growth of plants during exposure to drought stress

Za sucha dochádza pri vyšších rastlinách k predĺženiu buniek, čo spôsobuje zníženie tlaku turgoru. Podobne skráti sucho foto-asimiláciu a metabolitu, potrebnú na bunkové delenie. V dôsledku toho vznikajú poruchy mitózy, predĺženie buniek, ich expanzia a celkovým následkom je zníženie intenzity rastu.

Znižovanie dostupnosti vody za sucha má za následok zníženie celkovému príjmu živín a ich koncentráciu v tkanivách. Významný vplyv vodného deficitu sa prejavuje na transporte z miesta príjmu a to z koreňovej sústavy do nadzemných častí. Všeobecne platí, že stres suchom vyvoláva zvýšenie N, definitívny pokles P a nemá výrazné koncové účinky na K (Garg 2003). Vplyv sucha na výživu rastlín môže tiež súvisieť s obmedzenou dostupnosťou energie pre asimiláciu  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{C}$ ,  $\text{PO}_4$  a  $\text{SO}_4$ : musia byť prevedené na energeticky závislé procesy predtým, ako sa tieto ióny použijú na rast a vývoj rastlín (Grossman a Takahashi 2001). Požiadavky na živiny a vodu spolu úzko súvisia, je viac ako pravdepodobné, že aplikácia hnojív zvýši efektívnosť plodín pri využívaní dostupnej vody. To predstavuje významnú interakciu medzi deficitom vlhkosti pôdy a príjmom živín. Štúdie ukazujú pozitívnu odozvu plodiny na zlepšenie úrodnosti pôdy v suchých a polosuchých podmienkach. V súčasnej dobe je zrejmé, že výnosy poľnohospodárskych plodín môžu byť podstatne zvýšené tým, že sa zvyšuje účinnosť príjmu živín rastlinou za obmedzenej dodávky vlhkosti (Garg 2003).

Prvou reakciou u všetkých rastlinách na akútny nedostatok vody je uzavretie prieduchov, aby sa zabránilo transpiračným stratám vody (Mansfield a Atkinson 1990). Následnou reakciou u väčšiny rastlín je pokles turgoru (Ludlow a Muchow 1990). Uzatváranie prieduchov je aj hlavný determinant pre pokles intenzity fotosyntézy, predovšetkým pri miernom a stredne ťažkom suchu. Akonáhle dôjde k obmedzeniu príjmu vody, uzatvárajú sa prieduchy, následne sa znižuje príjem  $\text{CO}_2$  do listov, vytvára sa väčšie množstvo elektrónom, ktoré vytvárajú reaktívne formy kyslíka. Následne dochádza k pokles transpiračného prúdu. Štúdie posledných dvoch desaťročí poukazujú na to, že otváranie prieduchov nie je závislé na obsahu vody v listoch, ale na dostupnosti pôdnej vody. Počas dehydratácie koreňovej zóny sa produkuje kyselina abcisová. Pri týchto podmienkach sa zrýchľuje transpiračný prúd a pH listov, v listoch sa akumuluje kyselina abcisová a podporuje uzatváranie prieduchov. Treba mať na zreteli, že tieto procesy sú medzidruhovo veľmi variabilné a aj na samotné otváranie prieduchov vplýva veľké množstvo vonkajších aj vnútorných faktorov.

Hlavným negatívnym účinkom počas vystavenia rastliny suchu je zníženie fotosyntézy, ktorá vzniká v dôsledku zníženia expanzie listu, poruchy fotosyntetických orgánov, predčasným starnutím listov (Wahid a Rasul 2005). Obmedzenie funkčnosti prieduchov a fotosyntézy z listov sú spolu úzko zviazané. To znamená, že ďalšie procesy okrem príjmu  $\text{CO}_2$  sú poškodené. Uzavretie prieduchov obmedzuje absorpciu  $\text{CO}_2$  listami. V prípadoch, keď je obmedzená dostupnosť  $\text{CO}_2$ , by mohla nastať zvýšená citlivosť na foto-poškodenie (fotosyntetických pigmentov a komponentov). Ďalší dôležitý účinok, ktorý inhibuje rast a fotosyntetických

schopnosti rastlín, je strata rovnováhy medzi produkciou reaktívnych kyslíkových radikálov a antioxidačnou obranou (Fu J. a Huang 2001, Reddy et al 2004), čo spôsobuje hromadenie reaktívnych kyslíkových radikálov, ktoré vyvolávajú oxidačný stres v proteínoch, membránových lipidoch a v ďalších bunkových zložkách.

Veľké sucho obmedzuje fotosyntézu v dôsledku poklesu aktivity rubisca (Bota et al., 2004). Aktivita fotosyntézy je závislá na dostupnosti  $\text{CO}_2$  v chloroplastoch a mení sa na fotosystém II za sucha (Loreto et al., 1995). Dehydratácia má za následok úbytok buniek a následne pokles objemu buniek. Tým je bunkový obsah viskóznejší. Zvyšuje sa pravdepodobnosť interakcie proteín-proteín a vedie k ich agregácii a denaturácii (Hoekstra et al., 2001). V bunkách dochádza k akumulácii rozpustených látok, čo taktiež navyšuje viskozitu v cytoplazme. Obsah sa za určitých podmienok môže stať toxický a môže spôsobovať problémy pri tvorbe enzýmov a fotosyntézy. Za krátkodobého sucha je rubisco relatívne stabilné, rozkladá sa až po niekoľkých dňoch. Inhibítory s pevnou väzbou môžu znížiť aktivitu rubisca počas dňa. Rýchly pokles fotosyntézy za sucha je sprevádzaná znížením maximálnej rýchlosti ribulózy-1,5-enzýmu karboxylátu, rýchlosti regenerácie ribulózy-1,5-bisfosfátu, rubisca a prieduchovej fruktózy bis-fosfatázy činnosti a kvantovej účinnosti fotosystému II vo vyšších rastlinách (Reddy et al. 2004; Zhou et al 2007). Okrem toho počas veľkého sucha účinnosť karboxylázy značne klesá a správa sa skôr ako oxygenéza.



Obr.3. Fotosyntéza za sucha. Možné mechanizmy, v ktorých fotosyntéza sa redukuje pod stresom

Figure 3. Photosynthesis during drought. The possible mechanisms during which the photosynthesis is reduced under the stress

Sucho narušuje rovnováhu medzi produkciou reaktívnych kyslíkových radikálov a antioxidačnou obranou. To má za následok hromadenie reaktívnych kyslíkových radikálov, ktoré indukujú oxidačný stres. Po znížení množstva dostupnej vody uzatvárajú rastliny prieduchy (impulz cez ABA signalizáciu), zníži sa príjem CO<sub>2</sub>. Zníženie CO<sub>2</sub> neznižuje karboxyláciu priamo, ale tiež riadi vznik reaktívnych foriem kyslíka. Závažné suchá obmedzujú fotosyntézu v dôsledku poklesu činnosti ribulózy-1,5-bifosfát-karboxylázy/oxygenézy (Rubisco), fosfoenolpyruvát karboxylázy (PEPCase), NADP-jablčného enzýmu (NADP-ME), fruktóza-1,6-bisfosfatázy (FBPáza) a pyruvát ortofosfátu-dikinasového (PPDK). Znížením vody v tkanivách sa zvyšuje aktivita inhibítorov väzieb Rubisca. Okrem toho je necyklický transport elektrónov znížený tak, aby zodpovedal požiadavkám za zníženej produkcie NADPH a tým znižuje syntézu ATP a ROS (reaktívne formy kyslíka).

Asimilácia reprodukčného potenciálu má zásadný význam pre vývoj semien. Stres suchom zvyšuje rozdelenie sušiny smerom ku koreňom, ktoré môžu zlepšiť absorpciu vody (Leport et al., 2006). Zvyšovaním odolnosti voči suchu napomáha hromadenie škrobu v koreňovej zóne. Transportované množstvo škrobu je závislé na aktuálnej rýchlosti fotosyntézy a koncentrácii sacharózy v listoch (Komor, 2000). Stres suchom znižuje rýchlosť fotosyntézy, narušuje tvorbu sacharidov, úroveň sacharózy v listoch a bráni transportu sacharózy do orgánov. V konečnom dôsledku dochádza k obmedzeniu reprodukčného vývoja. Okrem toho sucho vyvoláva vakuolárnu invertázu sacharózy sprostredkovanú hydrolýzou a moduláciou osmotického potenciálu. Sucho inhibuje bunkové delenie vyvíjajúceho sa embrya/endospermu, čo má za následok slabú intenzitu delenia a v konečnom dôsledku viesť k „potratu zárodka“ (Andersen et al., 2002).

### Súhrn

V súhrne možno konštatovať, že stres suchom sa neobmedzuje len na zdroj, dĺžku trvania a intenzitu, ale je viazaný aj na ďalšie faktory, ktoré nasledujú a sú vyvolané nepriamo. Takmer všetky rastliny na suchu prvofázovo reagujú rovnako, uzatvárajú prieduchy, ktoré vyvolávajú rad reakcií na molekulovej úrovni, aby zabránili uhynutiu rastliny. Procesy, ktoré prebiehajú, majú za hlavnú úlohu udržať čo najväčšie množstvo vody v rastline (uzavretie prieduchov, obmedzenie fotosyntézy, spomalenie tvorby semien).

V krátkodobom suchu sú schopné odolať okolitým nepriaznivým podmienkam, ale počas dlhodobého sucha dochádza k vývojovým vadám spôsobeným suchom alebo k uhynutiu druhu. Medzidruhovo sú značné rozdiely s vysporiadaním sa so stresom vyvolaným suchom. Rastliny sú schopné prispôbiť sa zmeneným podmienkam, ale to zväčša až niekoľkú nasledujúcu generáciu.

**Kľúčové slová:** rastliny, sucho, fyziologické zmeny, transpirácia

## PodĎakovanie

Uvedená práca vznikla za finančnej podpory Slovak Grant Agency VEGA, No. Projekt:VEGA 1/0456/14 Riadenie vlhkostného režimu pôd ako nástroja adaptácie na klimatickú zmenu a Slovak Research and Development Agency No. APVV-15- 0562 Efektívne riadenie závlah, ako nástroj adaptácie na meniacu sa klímu.

## Literatúra

ANDERSEN, M.N.- ASCH, F.- WU, Y.- JENSEN, C.R.- NÆSTED, H.- MOGENSEN, V.O.- KOCH K.E.: Soluble invertase expression is an early target of drought stress during the critical, abortion-sensitive phase of young ovary development in maize, *Plant Physiology* 130, 2002, 591–604. ISSN: 1532-2548

BOTA, J.- FLEXAS, J.- MEDRANO H.: Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? *New Phytologist* 162, 2004, 671–681. ISSN: 1469-8137

FU, J.- HUANG, B.: Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress, *Environmental and Experimental Botany* 45, 2001, 105–114. ISSN: 0098-8472

GARG, B.K.: Nutrient uptake and management under drought: nutrient-moisture interaction, *Current Agriculture* 27, 2003 1–8.

GROSSMAN, A.- Takahashi, H.: Macronutrient utilization by photosynthetic eukaryotes and the fabric of interactions, *Plant Physiology* 52, 2001, 163–210. ISSN 1532-2548

HOEKSTRA, F.A.- GOLOVINA, E.A.- BUITINK, J.: Mechanisms of plant desiccation tolerance, *Trends in Plant Science* 6, 2001, 431–438. ISSN: 1360-1358

KOMOR E.: Source physiology and assimilate transport: the interaction of sucrose metabolism, starch storage and phloem export in source leaves and the effects on sugar status in phloem, *Australian journal of plant physiology*. 27, 2000, 497–505. ISSN: 1445-4416

LEPORT, L.- TURNER, N.C.- FRENCH. R.J.- BARR, M.D.- DUDA, R.- DAVIES, S.L.: Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment, *European Journal of Agronomy*. 11, 2006, 279–291. ISSN: 1161-0301

LORETO, F.- TRICOLI, D.- DI MARCO, G.: On the relationship between electron transport rate and photosynthesis in leaves of the C4 plant *Sorghum bicolor* exposed to water stress, temperature changes and carbon metabolism inhibition, *Australian journal of plant physiology*. 22, 1995, 885–892. ISSN: 1445-4416

LUDLOW, M.M.- MUCHOW, R.C.: A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments, *Advances in Agronomy* 43, 1990, 107–153. ISBN: 978-0-12-804774-3

MANSFIELD, T.J.- ATKINSON, C.J.: Stomatal behaviour in water stressed plants, in: Alscher R.G., Cumming J.R. (Eds.), Stress Responses in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms, 1990, 241–264. ISBN: 0-471-56810-4.

REDDY, A.R.- CHAITANYA, K.V.- VIVEKANANDAN, M.: Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants, Journal of Plant Physiology 161, 2004, 1189–1202. ISSN: 0176-1617

WAHID, A.- RASUL, E.: Photosynthesis in leaf, stem, flower and fruit, in: Pessarakli M. (Ed.), Handbook of Photosynthesis, 2nd edn., CRC, Florida, 2005, pp. 479–497. ISBN: 978-0824758394

ZHOU, Y.- LAM, H.M.- ZHANG, J.: Inhibition of photosynthesis and energy dissipation induced by water and high light stresses in rice, Journal of Experimental Botany 58, 2007, 1207–1217. ISSN: 1460-2431

**Kontaktná adresa:** Ing. Alan Klimaj, Slovenská poľnohospodárska univerzita, FZKI, Katedra krajinného inžinierstva, Hospodárska 7, Nitra 949 74, 0907 388 704, klimajalan@gmail.com

## POMOLOGICKÉ A FENOLOGICKÉ HODNOCENÍ VYBRANÉHO SORTIMENTU ASIJSKÝCH HRUŠNÍ

### POMOLOGICAL AND PHENOLOGICAL EVALUATION OF A SELECTED RANGE OF ASIAN PEARS

Jakub LÁČÍK, Tomáš NEČAS

Mendelova univerzita v Brně

#### Abstract

Experiment with 23 varieties of Asian pears and European pear variety 'Conference' as control, was planted in 2012. In year 2015 were evaluated selected traits as: average weight of the fruit, average fruit yield, strength of the fruit peel, soluble solid content, content of all titratable acidity, and date of beginning of flowering. A total of 11 varieties had higher average fruit weight than the control variety (reaching an average of 215 g), the highest weight was obtained in variety 'Jin Hua' (357 g), the lowest weight variety in 'Niiseiki' (90 g). Soluble solids content had all varieties smaller than the control variety (16.53%), the second highest content was in variety 'Hosui' (16.00%) and the lowest in variety 'Ju Li' (11.72%). The earliest start of flowering was recorded in the varieties 'Jin Hua', 'Wu Xiang', 'Ya Li', 'Ping Guo Li' and 'Mut Chen' which start flowering about 5 days earlier than the control variety, while the latest flowering variety was 'Talgarskaja krasavica' which flourished about four days later than the control variety. Higher average fruit yield than the control varieties (5 kg / tree) was observed in 14 varieties, of which 10 varieties had at least two times higher yield than the control variety. Peel strength was higher than the control variety (3.55 kg / cm<sup>2</sup>) in only three varieties, the highest values was obtained in variety 'Wu Xiang' (4.07 kg / cm<sup>2</sup>) and the lowest values in variety 'Hood' (1.47 kg / cm<sup>2</sup>). The percentage of acid contain was in 14 varieties higher than that of the control variety (0.166%), the highest acidity had a variety 'Kieffer' (0.405%) and the lowest variety 'Pungsu' (0.084%).

**Keywords:** *Pyrus*, nashi, fruit quality, contained substances, introduction

#### Úvod

Hrušky jsou významným ovocným druhem mírného pásma, jsou bohaté jak na vitamíny, tak na minerální látky a zejména vlákninu. Co se týká celkového objemu sklizně, jsou v ČR třetím

nejpěstovanějším ovocným druhem (BUCHTOVÁ, 2014). Pěstební plochy evropských hrušní jsou převážně v Evropě, Severní Americe, Jižní Americe, jižní Africe a Oceánii. Mezi nepěstovanější odrůdy evropských hrušní patří například 'Konference', 'Abate Fetel', 'Boscova lahvice', 'Blanquilla', 'Williamsova' a 'Williamsova červená', 'Clappova', 'Anjou' a 'Red Anjou' (DECKERS, SCHOOF, 2002). Většina pěstebních ploch asijských hrušní se nachází v Číně, kde evropské hrušně tvoří méně než 10% produkce, zde jsou nepěstovanější odrůdy 'Suli', 'Yali', 'Cuiguan' a 'Hosui' (YUANWEN, 2011).

Z hlediska vzniku kulturních odrůd neexistují žádné záznamy o přirozeném výskytu hrušní na jižní polokouli, jejich přirozený výskyt je zaznamenán pouze v Evropě, Asii a severní Africe. (HEDRICK, 1991) V Evropě sahá historie pěstování hrušní až do Antiky (JANICK, 2002). Zde se o nich poprvé zmiňuje Homér ve své básni *Odyssea*, kde je nazval „darem bohů“. V Evropě došlo k největšímu rozšíření hrušní až v době rozkvětu Římské říše (HEDRICK, 1991). Na území Číny se hrušně pěstují déle než 3000 let a déle než 2000 let se produkčně pěstují v ucelených výsadbách (NEČAS, 2010). Komerčně jsou v Číně pěstovány po stovky let (BEUTEL, 1990). Jeden z nejdůležitějších mezníků v historii pěstování hrušní byl v 9. století ve Francii, kdy Charlemange ve svém díle *Capitulaire de villis* popisuje i pěstování hrušní. Další mezník v historii byl dosažen v první polovině 16. století, kdy Valerius Cordus vydal v Německu knihu *Historia Plantarum* ve které popsal 50 odrůd hrušní (HEDRICK, 1991).

Pěstování hrušní mělo v Asii základ již v prehistorii, kde se pěstovala skupina odrůd hrušní odvozených především od *Pyrus pyrifolia* a *P. ussuriensis*, zatímco evropská skupina hrušní byla vyšlechtěna především z *P. communis*. Obě skupiny jsou ovšem výsledkem křížení mnoha rozdílných druhů hrušní (Jackson, 2003). Pro obě skupiny hrušní jsou vhodnější podnože vyšlechtěné z *P. communis*, než ty vyšlechtěné z *P. pyrifolia* a *P. ussuriensis*, kvůli jejich náchylnosti k některým fyziologickým poruchám (JANICK, MOORE, 1996). Obě skupiny hrušní se mimo jiné liší i v obsahových látkách, podle USDA obsahují asijské hrušně ve 100 g průměrně 88,25 g vody; 7,05 g cukrů; 3,6 g vlákniny a 3,8 mg vitamínu C, evropské obsahují průměrně 83,96 g vody; 9,75 g cukrů; 3,1 g vlákniny a 4,3 mg vitamínu C. U některých obsahových látek jsou rozdíly velmi výrazné, evropské hrušně například obsahují dvakrát více vápníku než asijské, evropské hrušky obsahují ve 100 g hmoty 0,18 mg železa a asijské méně než 0,01 mg (USDA, 2015). Obě skupiny hrušní se od sebe dají rozeznat podle tvaru a barvy plodů, u evropských hrušní převládá hruškovitý tvar, zatímco u asijských převládá kulovitý. Asijské hrušně mají hrubší strukturu dužniny a její pevnost u nich není tak směrodatným ukazatelem zralosti, jako tomu je u evropských hrušní (JANICK, MOORE, 1996).

### **Materiál a metody**

Hrušně pro odrůdové hodnocení byly vysázeny v roce 2012. Rostliny byly vysazovány ve formě špičáku ve sponu 3 x 1,5 m. Špičáky byly dopěstovány do pěstitelského tvaru štíhlé vřeteno.

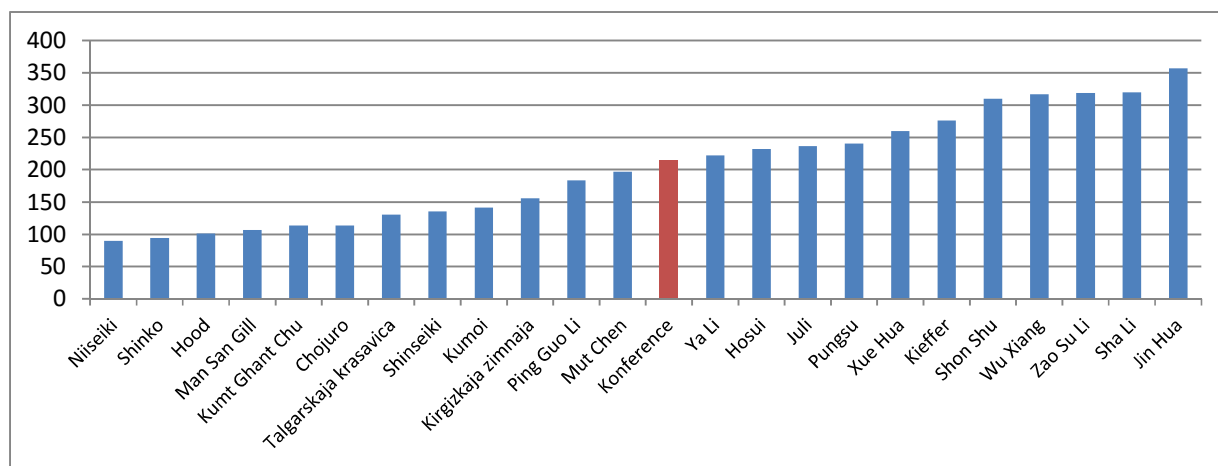
## | Veda mladých 2016

V současné době je udržován herbicidní příkmený pás a zatravněné meziřadí. V experimentu bylo použito celkem 25 odrůd, od každé odrůdy bylo vysazeno 5 rostlin, pro všechny odrůdy byla použita podnož hrušňový semenáč. Asijské odrůdy, které byly použity v experimentu, byly získány částečně přímo z Číny a částečně v rámci sbírek v zemích EU a USA. V experimentu jsou zahrnuty odrůdy kontrolní: 'Konference' a pro vlastní experiment odrůdy: 'Pung Su', 'Shinseiki', 'Man San Gill', 'Ju Li', 'Shinko', 'Ping Guo Li', 'Xue Hua', 'Hosui', 'Zao Su Li', 'Chojuro', 'Shon Shu', 'Mut Chen', 'Jin Hua', 'Ya Li', 'Wu Xiang', 'Sha Li', 'Kumt Ghan Chu', 'Kumoi', 'Niiseiki', 'Talgarskaja krasavica', 'Kirgizkaja zimnaja', 'Kieffer', 'Hood', jako podnož byl použit hrušňový semenáč.

Během zralosti bylo náhodně vybráno 15 plodů od každé odrůdy, na nichž byly provedeny následné měření: pevnost slupky na stacionárním penetrometru 53205 Digital fruit firmness tester, obsah rozpustné sušiny na stacionárním přístroji AR 4D ABBE Refractometer od firmy Krüss a hmotnost plodů na digitální laboratorní váze. Obsah veškerých titrovatelných kyselin byl hodnocen vždy na třech plodech, od každé odrůdy byl vybrán plod s nejvyšší, s průměrnou a s nejnižší refrakcí, u nichž se stanovil obsah kyselin titrací na NaOH. Výnos byl hodnocen vizuálně na pěti stomech od každé odrůdy. Termín začátku kvetení byl stanoven v období, kdy bylo 10 % otevřených květů, v období začátku kvetení byla tato fenofáze hodnocena každý den.

### Výsledky a diskusia

Graf 1 Průměrná hmotnost plodů (g)



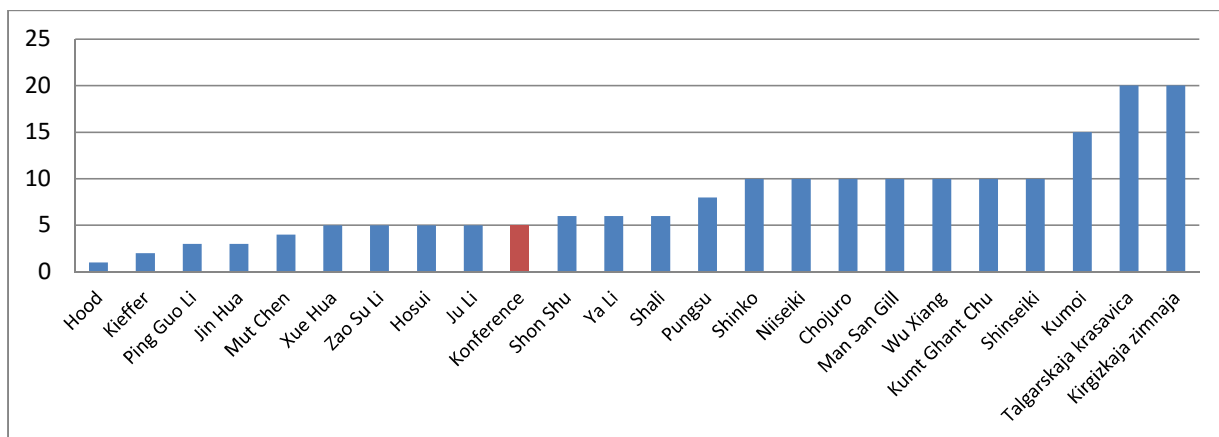
Graph 1 Average weight of the fruit (g)

Celkem 11 odrůd mělo větší průměrnou hmotnost plodů než kontrolní odrůda (215 g), nejvyšší hmotnosti dosáhla odrůda 'Jin Hua' (357 g), dále pak 'Sha Li' (320 g), 'Zao Su Li' (319 g), 'Wu Xiang' (317 g) a 'Shon Shu' (310 g), nejnižší hmotnost měla odrůda 'Niiseiki' (90 g), celkem 4 odrůdy dosáhly méně než poloviční hmotnosti kontrolní odrůdy. Kappel et al., (1995) uvádí, že

## | Veda mladých 2016

optimální hmotnost plodů pro spotřebitele je 150 – 250g. YinSheng et al., (2002) uvádí hmotnost odrůdy 'Niiseiki' od 110 do 230 g, naproti tomu v tomto experimentu byla průměrná hmotnost této odrůdy 90 g, což mohlo být následkem přeplození.

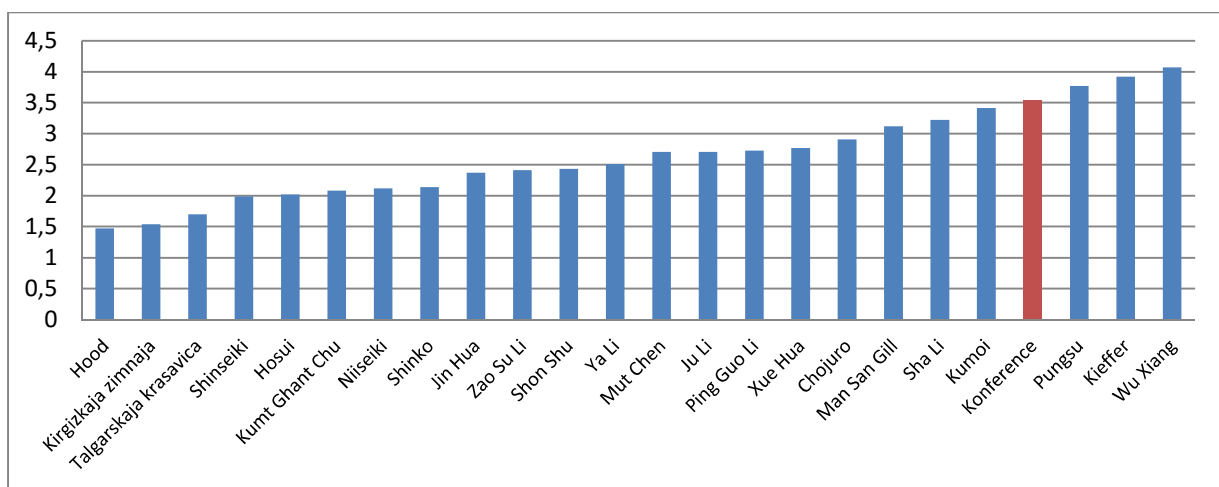
Graf 2 Průměrný výnos plodů (kg/strom)



Graph 2 Average fruit yield (kg/tree)

Vyšší průměrný výnos plodů než u kontrolní odrůdy (5 kg/strom) byl zaznamenán u 14 odrůd, z nichž deset odrůd mělo alespoň dvakrát vyšší výnos než kontrolní odrůda. Nejvyššího výnosu dosáhly odrůdy 'Talgarskaja krasavica' a 'Kirgizkaja zimnaja' (20 kg/strom), nejnižší výnos měla odrůda 'Hood' (1 kg/strom). Maas (2008) uvádí průměrný výnos na strom u odrůdy 'Konference' ve výsadbě stejného tvaru a stáří 11,4 kg. Rozdíly v naměřených datech mohou být způsobeny kombinací vysokých teplot a nedostatku srážek v roce, kdy byly zaznamenány hodnoty.

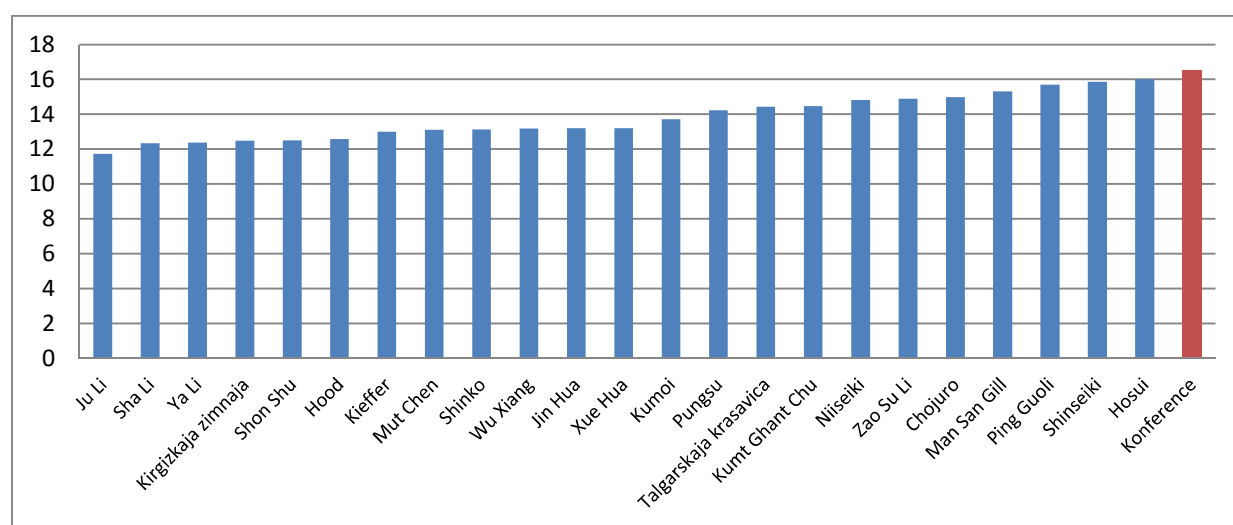
Graf 3 Průměrná pevnost slupky (kg/cm<sup>2</sup>)



Graph 3 Average peel strenght (kg/cm<sup>2</sup>)

Pevnost slupky byla vyšší než u kontrolní odrůdy ( $3,55 \text{ kg/cm}^2$ ) pouze u tří odrůd, nejvyšší hodnoty měla odrůda 'Wu Xiang' ( $4,07 \text{ kg/cm}^2$ ), dále pak 'Kieffer' ( $3,92 \text{ kg/cm}^2$ ) a 'Pungsu' ( $3,77 \text{ kg/cm}^2$ ) nejnižší hodnoty měla odrůda 'Hood' ( $1,47 \text{ kg/cm}^2$ ). V podobně zaměřené práci autorů Jurick et al., (2015) dosahovaly hodnoty pevnosti slupky od  $1,13$  do  $2,88 \text{ kg/cm}^2$ , přičemž odrůdy hodnocené v obou pracích jako 'Hosui' dosahovaly  $2,02$  respektive  $1,72 \text{ kg/cm}^2$ . Zjištěné rozdíly u těchto odrůd mohou být způsobeny rozdílným stanovením sklizňové zralosti. Kappel et al., (1995) uvádí pevnost slupky u hrušní  $1,69$  až  $3,43$ , což koresponduje s výsledky zjištěnými v této práci.

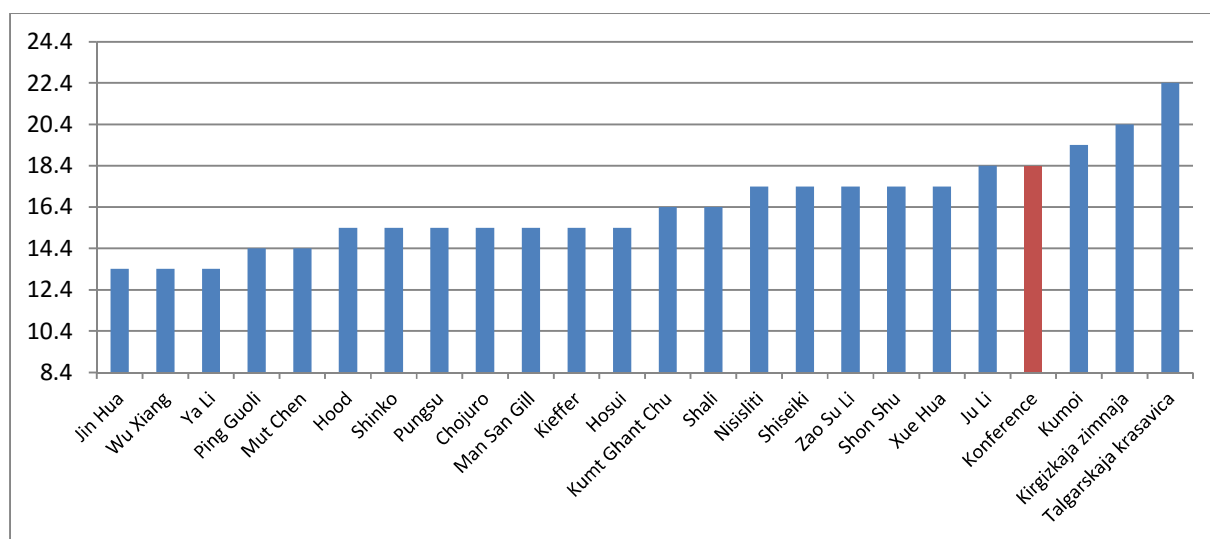
Graf 4 Průměrný obsah rozpustné sušiny (%)



Graph 4 Average soluble solid content (%)

Obsah rozpustné sušiny měly všechny odrůdy průměrně menší než kontrolní odrůda ( $16,53 \%$ ), druhý nejvyšší obsah měla odrůda 'Hosui' ( $16,00 \%$ ) a nejnižší odrůda 'Ju Li' ( $11,72 \%$ ). Podle Juricka et al., (2015) dosahovala odrůda 'Hosui' v roce 2012 pouze  $12,9 \%$  rozpustné sušiny, tento rozdíl může být způsoben rozdílnými podmínkami v jednotlivých letech, což potvrzují Jurickova data z roku 2013, kde uvádí obsah rozpustné sušiny u odrůdy 'Hosui'  $15,9 \%$ . Hudina et al., (2000) uvádí, že ve srovnání obsahují evropské hrušně méně cukru než asijské, což koliduje s výsledky v této práci. YinSheng et al., (2002) uvádí obsah rozpustné sušiny u asijských hrušní od  $11,5$  do  $15,7 \%$ , což koresponduje s výsledky získanými v tomto experimentu.

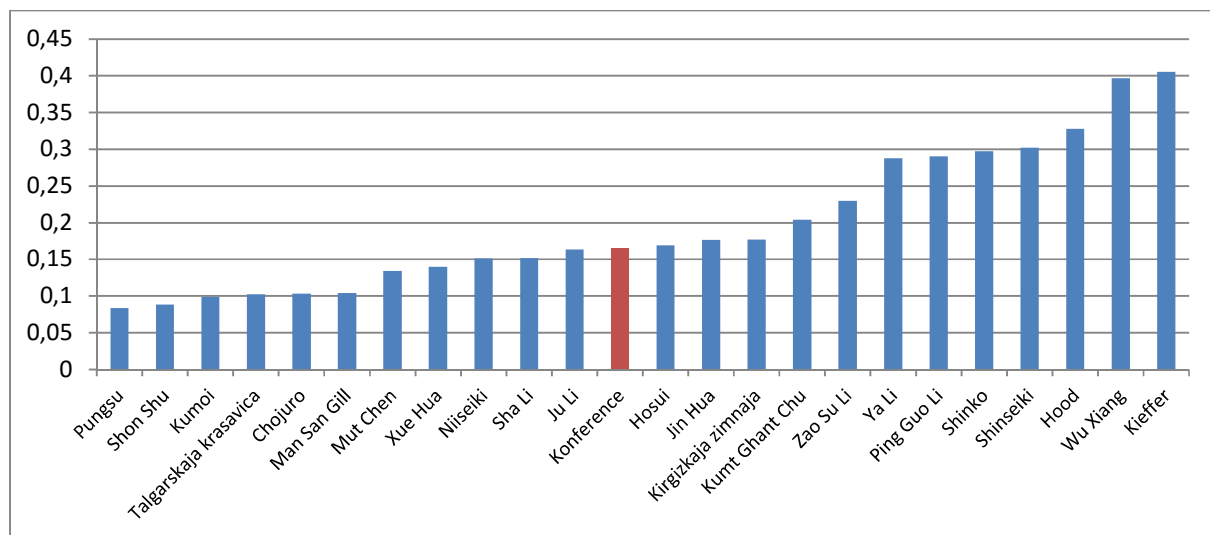
Graf 5 Termín začátku kvetení



Graph 5 Date of beginning of flowering

Nejranější začátek kvetení byl zaznamenán u odrůd 'Jin Hua', 'Wu Xiang', 'Ya Li', 'Ping Guo Li' a 'Mut Chen', které kvetly až o 5 dní dříve než kontrolní odrůda, přičemž nejpozději kvetoucí byla odrůda 'Talgarskaja krasavica', která kvetla o 4 dny později než kontrolní odrůda.

Graf 6 Průměrný obsah veškerých titrovatelných kyselin (%)



Graph 6 Average content of all titratable acidity (%)

Procentuální obsah kyselin byl u 14 odrůd vyšší než u kontrolní odrůdy (0,166 %), nejvyšší obsah kyselin měla odrůda 'Kieffer' (0,405 %) a 'Wu Xiang' (0,397 %), nejnižší měla odrůda 'Pungsu' (0,084 %). Jurick et al., (2015) uvádí obsah titrovatelných kyselin u devíti odrůd asijských hrušní od 0,07 do 0,21 %, přičemž odrůdy hodnocené v obou pracích jako 'Hosui'

dosahovaly 0,17 respektive 0,16 %. Ačkoli YinSheng et al., (2002) uvádí rozdílné hodnoty rozpustné sušiny, tak obsahy veškerých titrovatelných kyselin uvádí podobné těm, stanoveným v tomto experimentu a to od 0,19 až do 0,39 %.

### Súhrn

Experiment s 23 odrúdami asijských hrušní a evropskou odrúdou 'Konference' jako kontrolou, byl vysazen v roce 2012. V roce 2015 byly hodnoceny vybrané znaky jako např.: průměrná hmotnost plodů, obsah rozpustné sušiny, termín začátku kvetení, výnos plodů na strom, obsah veškerých titrovatelných kyselin a pevnost slupky. Celkem 11 odrúd mělo větší průměrnou hmotnost plodů než kontrolní odrúda (dosahující průměrně 215 g), nejvyšší hmotnost měla odrúda 'Jin Hua' (357 g), nejnižší hmotnost odrúda 'Niiseiki' (90 g). Obsah rozpustné sušiny měly všechny odrůdy menší než kontrolní odrúda (16,53 %), druhý nejvyšší obsah měla odrúda 'Hosui' (16,00 %) a nejnižší odrúda 'Ju Li' (11,72 %). Nejranější začátek kvetení byl zaznamenán u odrúd 'Jin Hua', 'Wu Xiang', 'Ya Li', 'Ping Guo Li' a 'Mut Chen', které kvetly až o 5 dní dříve než kontrolní odrúda, přičemž nejpozději kvetoucí byla odrúda 'Talgarskaja krasavica', která kvetla o 4 dny později než kontrolní odrúda. Vyšší průměrný výnos plodů než u kontrolní odrůdy (5 kg/strom) byl zaznamenán u 14 odrúd, z nichž deset odrúd mělo alespoň dvakrát vyšší výnos než kontrolní odrúda. Pevnost slupky byla vyšší než u kontrolní odrůdy (3,55 kg/cm<sup>2</sup>) pouze u tří odrúd, nejvyšší hodnoty měla odrúda 'Wu Xiang' (4,07 kg/cm<sup>2</sup>) a nejnižší hodnoty odrúda 'Hood' (1,47 kg/cm<sup>2</sup>). Procentuální obsah kyselin byl u 14 odrúd vyšší než u kontrolní odrůdy (0,166 %), nejvyšší obsah kyselin měla odrúda 'Kieffer' (0,405 %) a nejnižší odrúda 'Pungsu' (0,084 %).

**Klíčové slova:** *Pyrus*, nashi, kvalita ovoce, obsahové látky, introdukce;

### Pod'akovanie

Výsledky publikované v této práci vznikly za finanční podpory projektu MZE NAZV/KUS QJ1210036.

### Literatúra

BEUTEL, J. A. Asian pears. In J. Janick & J. E. Simon (Eds.), *Advances in new crops* (pp. 304–309). Portland: Timber. 1990.

BUCHTOVÁ, I. Ministerstvo zemědělství. Situační a výhledová zpráva: Ovoce. Těšnov. 2014. ISBN 978-80-7434-175-5.

DECKERS, T. - Schoofs, H. The world pear industry and research: present situation and future development of european pears (*Pyrus communis*). Acta Hort. 2002. (ISHS) 587:37-54.

HEDRICK, U. P. State of new york - department of agriculturae. The pears of New York: Part II. New York, 1991.

HUDINA, M. - Štampar, F. Sugars and organic acids contents of European *Pyrus communis* L. and Asian *Pyrus serotina* r Rehd. pear cultivars. *Acta Alimentaria* 29(3):217-230. 2000. DOI: 10.1556/AAlim.29.2000.3.2

JACKSON, J. Biology of apples and pears. New York: Cambridge University Press, 2003, XII, 488 p. ISBN 05-213-8018-9.

JANICK, J. The pear in history, literature, popular culture, and art. *Acta Hort. (ISHS)* 596:41-52. 2002.

JANICK, J. – Moore, J. N. Fruit breeding. New York: Wiley, 3. vyd. 1996. ISBN 04711266913.

JURICK II, W.M. - Park, E. - Gaskins, V. L. - Newell, M.J. - Harshman, J. M. - Walsh, C.S. Evaluation of fruit quality and susceptibility to blue mold of nine asian pear cultivars. *Acta Hort.* 1094, 471-475. 2015., DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1094.62

KAPPEL, F. - FISHER-FLEMING, R. – HOGUE, E. J. *Ideal Pear Sensory Attributes and Fruit Characteristics*. Agriculture and Agri-Food Canada, Research Centre, Summerland, B.C. V0H1Z0, Canada, 1995. *HORTSCIENCE* 30(5):988–993.

MAAS, F. Strategies to control tree vigour and optimise fruit production in 'conference' pears. *Acta Hort.* 800, 139-146. 2008., DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.800.12

NEČAS, T. Pěstujeme hrušně a kdouloně. Praha: Grada, 2010, 102 s. ISBN 978-80-247-2500-0.

YinSheng, L. - FaLin, W. - ChunHui, M. ADAPTABILITY AND USE OF INTRODUCED CULTIVARS OF *PYRUS PYRIFOLIA* NAKAI IN GANSU PROVINCE OF CHINA. *Acta Hort.* 587, 195-200. 2002. DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.587.22

USDA: National Nutrient Database for Standard Reference Release 27. United states department of agriculture. Agricultural Research Service [online]. [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/>

YUANWEN, T. The pear industry and research in china. *Acta Hort. (ISHS)* 909:161-170. 2011.

**Kontaktná adresa:** Ing. Jakub Láčák. Ústav Ovocnictví, Zahradnická fakulta v Lednici, Mendelova univerzita v Brně, Czech Republic, Lednice Valtická 337, 691 44, Tel. 736702855, Email: [xlacik@node.mendelu.cz](mailto:xlacik@node.mendelu.cz)

## DPSIR RÁMEC PRE DRUH FALLOPIA JAPONICA

### DPSIR FRAMEWORK FOR FALLOPIA JAPONICA

Martina MAJOROŠOVÁ

Slovenská technická univerzita v Bratislave

#### Abstract

*Fallopia japonica* is a large, fast growing, herbaceous clump-forming perennial that was considered as invasive species in North America, Europe and it is prohibited to plant in Australia. *Fallopia japonica* is an extremely invasive and aggressive weed and we can find the species in many different kinds of places such as riverbanks, floodplain vegetation, urban areas, near the roads and rails, coastal areas, rocky areas etc.. The invasion outcompetes the natural vegetation that damages ecosystems. DPSIR (Driver-Pressure-State-Impact-Response) framework is a tool that is used to analyse, assess, measure and provide a guide to manage the environment. It is often considered in literature as Problem Structuring Method. In this paper, we focused on DPSIR framework for the species *Fallopia japonica* that is gradually occurring also in the Central Europe. DPSIR framework can be considered as a decision making tool and in this case it can help to manage the invasion of *Fallopia japonica*.

**Keywords:** DPSIR framework, *Fallopia japonica*, management, invasive plant, invasion

#### Úvod

*Fallopia japonica* is herbaceous clump-forming perennial, part of the family Polygonaceae, with tall, dense annual stems. These stems are light green often with reddish flecks, branched and reach up to 3 m in height (Beerling et al., 1994). Stems maximum high is 3-4m and stem growth is renewed each year from the stout, deeply-penetrating rhizomes. *Fallopia japonica* is higher in the countries, where it was introduced than in Japan (0.3-1.5m)(Makino, 1997). During a winter, the plant is dying and some of the stems are staying during the winter in a lower high (around 1 m).

*Fallopia japonica* is native to East Asia, in Japan, China and Korea. The species is very good growing in North America and in Europe, where it was classified as an invasive species. In Australia there is prohibited to grow *Fallopia Japonica* on your property. It has been introduced

to Europe and North America as an ornamental and is also used to stabilise soil, especially in coastal areas. The date of introduction the species in Europe is most likely the year 1849, at the nursery of Philip Von Siebold, who later sent it to the Royal Botanical Gardens at Kew, UK, 1850 (Conolly, 1977, Shaw, 2013).

It requires full sun and is found primarily in moist habitats but also grows in waste places, along roadways and other disturbed areas. Once established, *P. cuspidatum* forms dense stands that shade and crowd out all other vegetation, displacing native flora and fauna, and the overwintering canes and leaves are slow to decompose. (GISD, 2016).

*Fallopia japonica* is an extremely invasive and aggressive weed despite the fact that it has a lack of extensive sexual reproduction in the most of the countries, where it was introduced. It can sprout from very small sections of rhizomes and it spread often via topsoil movements or construction traffic (Shaw, D. 2013).

The DPSIR framework is a helpful method to manage the expansion of invasive species and in this paper we applied this method for the species *Fallopia japonica*. The Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) framework is a tool that was developed by the Organization of Economic Cooperation and Development (OECD, 1993) and the European Environmental Agency (EEA, 1995) for the adaptive management of SESs (A Social Ecological System (SES) – it is formed when humans interact with their environment). It links cause effect relationships among the five categories (Driver-Pressure-State-Impact-Response) of the framework and has been used for analysing and assessing the social and ecological problems of aquatic systems subject to anthropogenic influence (Gari et.al., 2015).

## Material and methods

### The DPSIR Approach

The indicators used in the model has been classified according to well-known international DPSIR indicator framework (Fig.1). The drivers, Pressures, State, Impact and Response (DPSIR) Frameworks are widely used for assessing, measuring and providing a guide to managing the environment. DPSIR framework can be argued to be a Problem Structuring Method (PSM). Smeets and Weterings present that the primary value of DPSIR is to policy makers and they argue: from the policy point of view, there is a need for clear and specific information on:

- (1.) Driving forces and
- (2.) the resulting environmental Pressures, on
- (3.) the State of the Environment and
- (4.) Impacts resulting from changes in environmental quality and on
- (5) the societal Response to these changes in the environment (Smeets and Weterings, 1999)

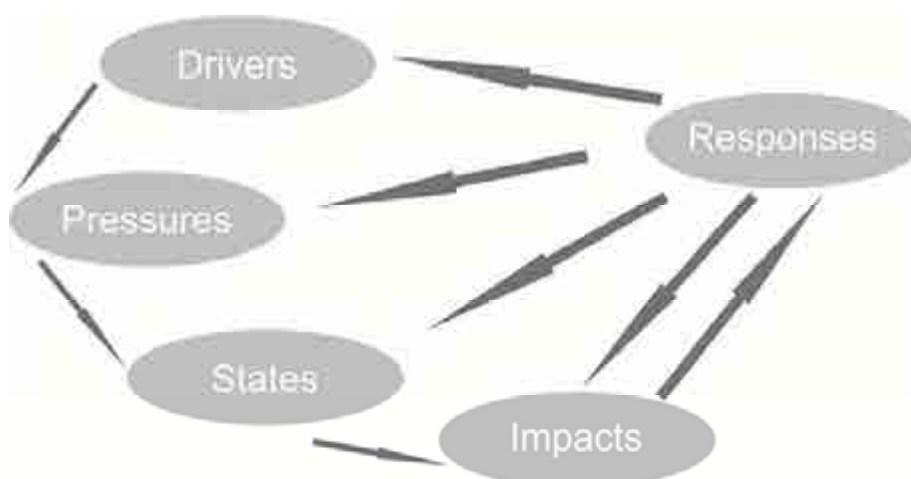


Fig.1: DPSIR framework based on the scheme from EEA (European Environmental Agency)

This framework is an adaptive management tool that is used to analyse environmental problems by establishing cause-effect relations between anthropogenic activities and their environmental and socio-economic consequences. It is cooperation between natural science, social science including economics in one framework for adaptive management and it considers human activities as an integral part of the ecosystem (Zaldívar et al., 2008, Gari et al. 2015).

The DPSIR framework usually starts with driving forces, pass through pressures to state of the environment and impacts on ecosystem and human welfare, leading to societal responses (EEA, 1999, Gari et al. 2015)

The Water framework Directive (WFD) used the DPSIR framework to protect ground water, inland surface water, estuaries and coastal water (Borja et al. 2006) and for assessment of the pressure of alien species (Uktag, 2013, Gari et. al 2015).

#### **DPSIR framework for the species *Fallopia japonica***

It is very difficult to do the generalisations of invasive alien species because all of them are having different impacts on nature. They all modify the ecosystems but the impacts, pressures and states on the ecosystem are various. It is important to solve the problem about invasions for a specific species and not to generalise it. Therefore, the general DPSIR framework for invasive species cannot be applied for every species and there is a need to create a specific DPSIR framework for each species if we want to be successful in invasion management by using DPSIR framework.

This DPSIR framework is created based on the facts that are known about *Fallopia japonica* and all the indicators were chosen from the known facts from existing literature about *Fallopia japonica*.

## Data collection

The data used in the model are all general and they are not applied for a specific area. All the indicators used in DPSIR framework for *Fallopia japonica* were chosen based on the existing scientific articles about *Fallopia japonica*. The most important factors that can be determinant in the decision making about invasions are used as indicators in the model.

## Results and discussion

The model is represented by the scheme of the indicators (Fig.2) that are divided into 5 groups of DPSIR framework. Cut flower trade, topsoil movements, land vehicles, gardening, floating vegetation in the rivers, consideration *Fallopia japonica* as an ornamental plant and socio political factors are the forcing drivers that causes pressures, ecological and social impacts, different states and all of them results into various responses.

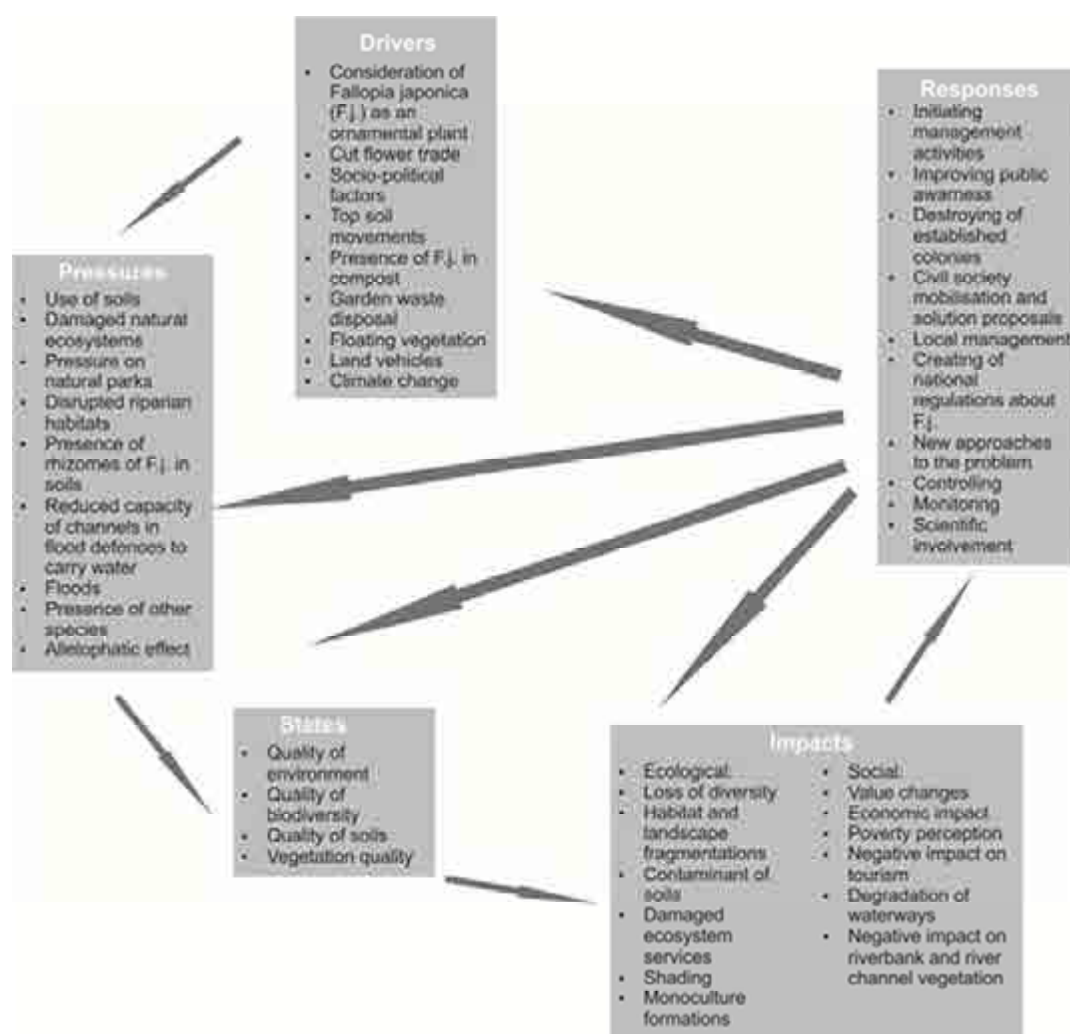


Fig. 2. DPSIR for *Fallopia japonica*

## Conclusion

Summarizing this work, a specific DPSIR model has been created with the particular focus on the invasive species *Fallopia japonica*. In our opinion, the issue with *Fallopia japonica* in non-origin countries is very alarming and the need to manage the expansion and establishment of this species is very urgent.

The model could be considered as a decision making tool for the municipalities that are dealing with the issue of *Fallopia japonica* invasions. The most important thing is to recognise that the invasive species are present in the area of the municipality and therefore the awareness of the people is urgently needed as we presented in the responses part of the DPSIR model. The DPSIR framework for *Fallopia japonica* can be useful tool for making different responsive steps in the process of invasion eradication. Application of response management can be the key factor for recovery of the natural ecosystems and for the biodiversity conservation.

## Acknowledgements

We thank for the support to project VEGA No. 1/0625/15.

## Literature

BEERLING DJ, BAILEY JP AND CONOLLY AP, 1994. *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decraene. Biological Flora of the British Isles. Journal of Ecology, 82:959-979.

BORJA, A., GALPARSORO, I., SOLAUN, O., MUXIKA, I., TELLO, E.M., URIARTE, A., VALENCIAV, 2006. The European water framework directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status. Estuar. Coast. Shelf Sci. 66, 84-96.

CONOLLY AP, 1977. The distribution and history in the British Isles of some alien species of *Polygonum* and *Reynoutria*. Watsonia, 11:291-311.

EEA, 1995. Europe's Environment: the Dobris Assessment. European Environmental Agency, Copenhagen, 8pp.

GARI, S. R., NEWTON, J.D. ICELY. 2015. A review of the application and evolution of the DPSIR framework with an emphasis on coastal social-ecological systems. IN: Ocean & Coastal Management 103 (2015) 63-77.

Global Invasive Species Database (2016) Species profile: *Polygonum cuspidatum* Sieb. & Zucc. (=Fallopia japonica (Houtt. Dcne.)). URL: <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=91> on 30-06-2016.

MAKINO T, 1997. Revised Makino's Illustrated Flora In Colour. Tokyo, Japan: Hokuryukan.

OECD, 1993. OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris, France, 93pp.

SHAW D., 2013. Fallopia japonica (Japanese knotweed). CAB Europe - UK, Bakeham Lane, Egham, Surrey TW20 9TY, UK . URL: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/23875>

SMEETS, E., WETERINGS, R., 1999. Environmental Indicators: Typology and overview.

European Environment Agency, Copenhagen.

UKTAG, 2013. Guidance on the assessment of alien species' pressures. U. K. Tech. Advis. Group Water Framew. Dir. 20pp.

ZALDÍVAR, J., CARDOSO, A., VIAROLI, P., NEWTON, A., WIT, R., IBAÑEZ, C., REIZOPOULOU, S., SOMMA, F., RAZINKOVAS, A., BASSET, A., HOLMER, M., MURRAY, M., 2008. Eutrophication in Transitional Waters: an Overview (JRC-EU). Transitional Waters Monographs, 1, pp. 1-78.

**Kontaktná adresa:** Ing. Martina Majorošová, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 11, 810 05, Bratislava, Slovenská republika, [martina.majorosova @stuba.sk](mailto:martina.majorosova@stuba.sk)

## STANOVENÍ ZÁPLAVOVÝCH ÚZEMÍ PŘI PRŮCHODU N-LETÝCH PRŮTOKŮ

### FLOODPLAIN DETERMINATION BY PASSING OF N-YEARS FLOOD DISCHARGES

Renáta RIPELOVÁ, Petra OPPELTOVÁ

Mendelova univerzita v Brně

#### Abstract

This work presents the use of HEC-RAS in determining the flood plain areas while N-year flood discharge passing. Calculation procedure the flooded area in this program was applied on the lower reaches of the river Otava river km 19.577 to 29.038 near the town Písek. The 9.461 km long segment and by extension the city is for generations affected by the floods. The oldest record of flooding comes from the year 1432, when water allegedly flowed over the Stone Bridge in Písek and pulled railing. The calculation in the program was divided into two steps. The first step was to create geometric model of the flow specified by a set of cross sections and water management facilities. In the second step, the N-year flow discharges were simulated and subsequently there was the flooded area rendered through flood lines.

**Keywords:** floods, floodplain, hydrologic model, HEC-RAS, Otava River

#### Úvod

Povodni, jakožto extrémnímu přírodnímu jevu, se není zcela možné vyhnout, pouze jej a jeho následky eliminovat pomocí protipovodňových opatření. V intravilánu je možné ochranu lidí a majetku řešit pouze technickými opatřeními (úprava koryta, nábrežní zdi, poldry, mobilní prky). I přes opatření zvyšující retenci a retardaci vody a technické opatření zůstává zbytkové riziko, které je možné eliminovat preventivními opatření, které zahrnují vytyčení záplavových území, povodňový plán, předpovědní a hláskou službu, osvětovou činnost a přípravu složek civilní obrany pro povodňové situace. (Slavíková, 2007)

Stanovení záplavového území je tedy jedním z kroků při plánování a realizaci protipovodňových opatření. Na základě stanoveného rozsahu potenciální povodně je možné určit ohrožené území, výstavbu mobilních prvků, záchranné a evakuační činnosti, ale také i možné škody.

Modelování průtoků v hydrologii je velice složitý proces, protože do výpočtu vstupuje velké množství proměnných, ale i tak lze celý hydrologický a srážko-odtokový cyklus matematicky popsat a posléze naprogramovat. Základní úlohou modelování je možnost simulovat a předpovídat chování objektu či systému jako celku. Hydrologické modely zaznamenaly rozvoj až s dostupností výpočetní techniky, která umožnila provádět komplexní opakované výpočty s velkým množstvím vstupních dat. Modely se hojně používají při plánování a řízení vodního hospodářství, předpovídání průtoků a vydávání výstrah. (WMO,2009)

Program HEC-RAS patří mezi hydrodynamické jednorozměrné modely, který umožňuje modelování hydrauliky proudění vody v přírodních korytech a kanálech. V této práci se simuluje ustálené proudění, které využívá princip zjednodušeného proudění v příčném profilu do jednoho bodu, a proto celé modelované území musí být převedeno na soustavu příčných profilů, případně objektů. Pro výpočet proudění je potřeba do modelu zadat 3 skupiny základních dat: příčné profily koryta toku a objektů na toku (jezy, mosty), součinitele drsnosti koryta, okrajové podmínky. (USACE, 2013).

### **Materiál a metody**

#### **1 Zájmový úsek**

Úsek, který byl použit pro stanovení záplavového území pomocí programu HEC-RAS, se nachází v dolní části povodí Otavy, téměř před ústím. Tento 9.461km dlouhý úsek, viz obrázek 1, byl zvolen z důvodu jeho nedávného zaměření firmou GEFOS a.s. a častému výskytu katastrofálních povodní. Město Písek, které se nachází na toku, je vybudované v poměrně širokém údolí a lze zde najít několik objektů na toku: dvě lávky, pět mostů, tři jezy a u každého jezu se nachází malá vodní elektrárna.



Obr. 1 Zájmový úsek Otavy (zdroj: geoportal.gov.cz, upravila autorka)

V povodí Otavy se poměrně často vyskytují rychlé a katastrofální povodně, které jsou vyvolány hned několika faktory. Jedním z faktorů, které ovlivňují hydrologické poměry, jsou antropogenní vlivy. Jedná se například o zásahy do vedení trasy toku, úpravě koryta, podélného a příčného profilu a v neposlední řadě také k změně druhu pozemku v údolní nivě. Dále se jedná o velké spády v horní části povodí, vyšší nadmořské výšky, srážkově bohatá oblast a malé retenční prostory. (Langhammer, 2007) Z tohoto důvodu je níže ležící město Písek chráněno několika protipovodňovými opatřeními, které zahrnují především protipovodňové hráze.

### 2 Vstupní parametry

HEC-RAS pracuje s velkým množstvím vstupních dat, které je nutné shromáždit jednak pro vytvoření geometrického modelu koryta toku a také pro výpočet povodňové vlny. K výpočtu záplavového území bylo potřebné získat čtyři okruhy informací:

- 1) podkladová mapa pro schematizaci zájmového úseku
- 2) zaměřený zájmový úsek Otavy od firmy GEFOS a.s. V úseku bylo výškopisně a polohopisně zaměřeno přesně 65 příčných profilů koryta a 9 objektů na toku. Měření firma prováděla pomocí totální stanice LEICA TC 805 v 3. třídě přesnosti, kde střední souřadnicová chyba je  $m_{xy}=0.14\text{m}$  a střední chyba ve výškách je  $m_v=0.12\text{m}$ .
- 3) součinitel drsnosti koryta podle Manninga - na základě terénního průzkumu.
- 4) průtoky N-letých vod z hlásného profilu v Písku, viz tabulka 1.

Tabulka 1 N-leté průtoky v Písku (zdroj: ČHMÚ)

| N - leté průtoky  | Q <sub>2</sub> | Q <sub>5</sub> | Q <sub>10</sub> | Q <sub>20</sub> | Q <sub>50</sub> | Q <sub>100</sub> |
|-------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| m <sup>3</sup> /s | 202            | 300            | 394             | 505             | 680             | 837              |

### 3 Vložení geometrických dat

#### 3.1 Schematizace říční sítě

V prvním kroku v programu HEC-RAS bylo nutné vytvořit geometrický model. Zde bylo nutné v první řadě vytvořit nad podkladovou mapou schéma říční sítě.

#### 3.3 Příčné profily

Posléze bylo nutné zadat do schematizovaného toku 65 příčných profilů, viz obrázek 2. Příklad zadání profilu č.19 na km 13,134 je dobře vidět na obrázku 3. Ke každému profilu bylo nutné vyplnit parametry týkající se polohy, tvaru a charakteru. Je nutné rozlišovat levý břeh (LOB), koryto (channel) a pravý břeh (ROB):

## | Veda mladých 2016

*River a Reach* - příslušnost profilu k toku a následně k úseku,

*River Sta.* - zde se objeví zadané staničení v kilometrech,

*Description* - slovní popis profilu,

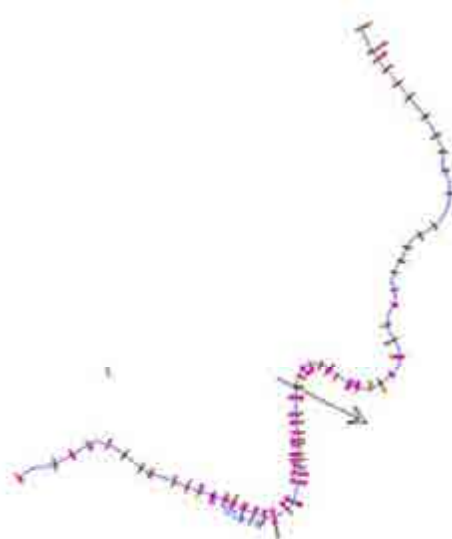
*Cross Section Coordinates* - zadání bodů koryta pomocí dvou souřadnic,

*Downstream Reach Lengths* - vzdálenost ke spodnímu profilu v metrech,

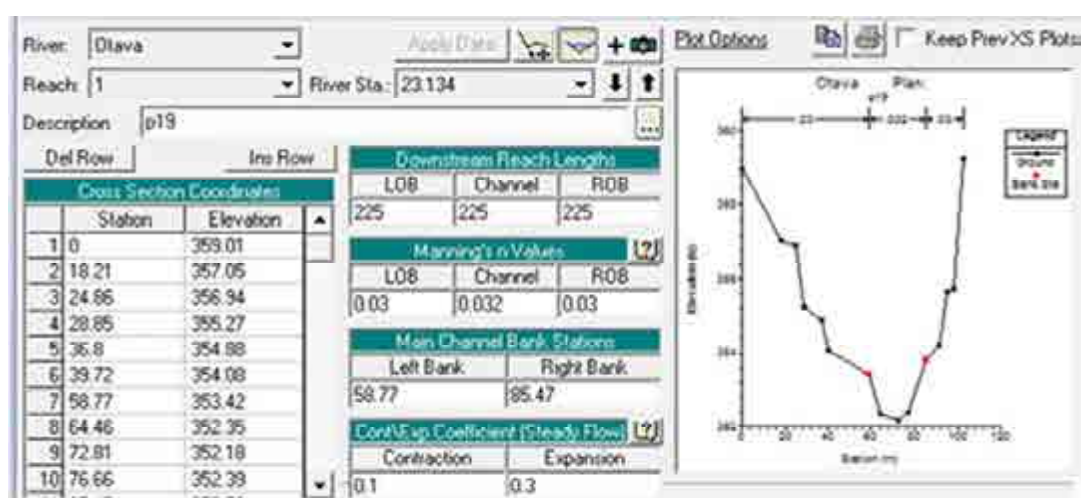
*Manning's Values* - součinitel drsnosti podle Manninga,

*Main Channel Bank Station* - staničení levého a pravého břehu, body jsou označeny červeně a oddělují koryto od inundace.

*Cont/Exp Coefficients* - součinitel místních ztrát (automatické parametry).



Obr.2: Zadaných 65 příčných profilů v Geometric Data (zdroj: autor)

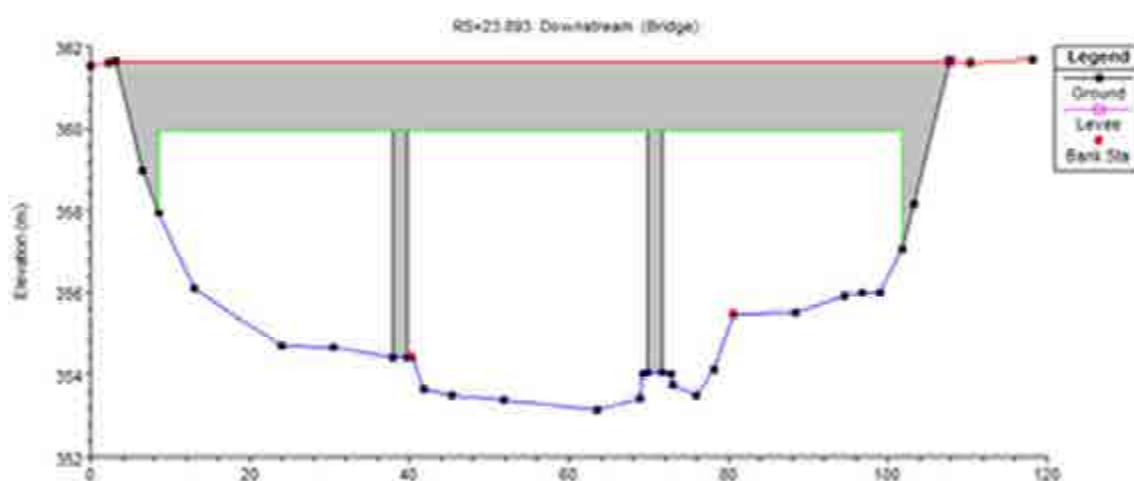


Obr. 3 Zadání příčného profilu č. 19 (zdroj: autor)

### 3.3 Příčné objekty v korytě

Mosty, lávky a jezy jsou taktéž zadávány pomocí příčných profilů, které je nutné dodatečně vložit bezprostředně u obou okrajů objektu a program již mezi profily objekt vytvoří sám. Program umí řešit proudění vody těmito objekty, ale také nad objekty.

Lávky pro pěší a mosty byly řešeny společně v okně Bridge/Culvert. Přesněji se jednalo o osm objektů, které byly zadávány podobným způsobem jako příčné profily, s tím rozdílem, že nejdříve se vloží informace týkající se mostovky a poté informace o pilířích. Během vykreslování je nutné kontrolovat správnost zadaných dat. Zadaný objekt O1M - Jiráskův most je možné zkontrolovat na obrázku 4.



Obr. 4 Zadaný objekt O1M - Jiráskův most (zdroj: autor)

Jeden pohyblivý a dva pevné jezy byly vkládány podobným způsobem jako mosty v okně Inline Structure. Dodatečně vložený horní profil by měl být umístěn za začátku spodní stavby a dolní pak v místě přechodu přelivné hrany do dna vývaru.

### 4 Okrajové podmínky ustáleného proudění

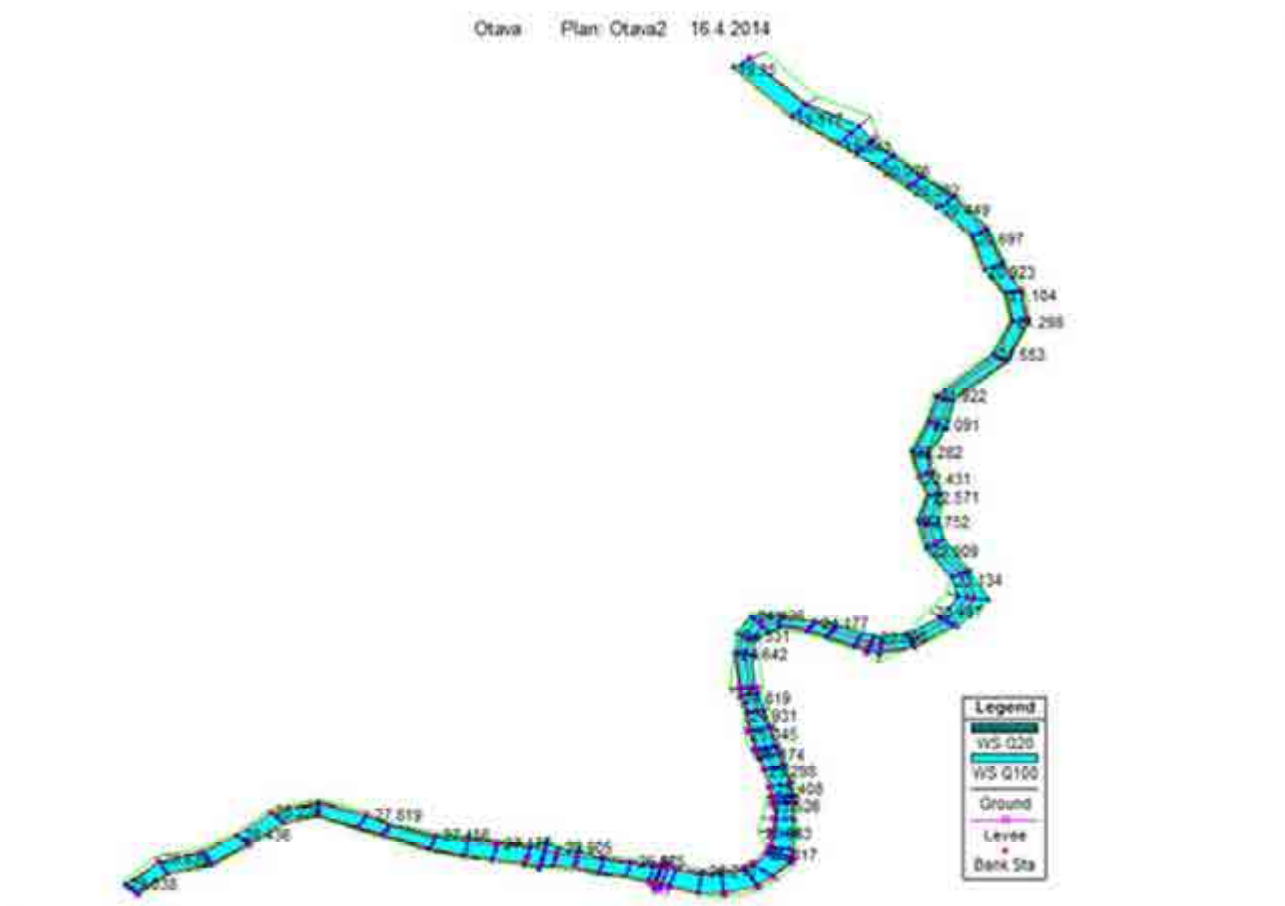
Po vytvoření geometrického modelu toku je nutné zadat hodnoty N-letých průtoků z hlásného profilu a okrajové podmínky pro simulaci ustáleného proudění.

### 5 Analýza ustáleného proudění

K výpočtu lze přistoupit až po vytvoření čtyř souborů: základního souboru \*.prj, souboru pro plán \*.p, souboru s geometrickými daty \*.g a souboru s okrajovými podmínkami \*.f a poté spustíme již samotný výpočet.

## Výsledky a diskusia

Samotný program HEC-RAS umožňuje poměrně rozsáhlou vlastní prezentaci výsledků, jak grafických, tak tabelárních. Jedna z možností umožňuje postupně prohlížet příčné profily spolu s výškou jednotlivých hladin při průtoku N-letých vod, dále je možné prohlížet podélné profily s jednotlivými průtoky či celý geometrický model při simulaci průtoků, viz obrázek 5.



Obr. 5 Simulace průtoku N-letých vod, Q20 a Q100 (zdroj: autor)

K závěrečné vizualizaci samotného záplavového území pomocí záplavových čar byly vybrány jen průtoky Q20 a Q100. Z programu HEC-RAS, přesněji z příčných profilů byl pro každý příčný profil a objekt zjištěno staničení záplavové čáry na obou březích pro oba dva průtoky. Následně bylo toto staničení vyneseno do programu AutoCAD 2011, kde již byly umístěny na podkladové mapě příčné profily a objekty. Poté byly záplavové čary propojeny pomocí křivky a ručně dotvarovány v místě oblouků. Jeden z úseků záplavy je možné vidět na obrázku 6.

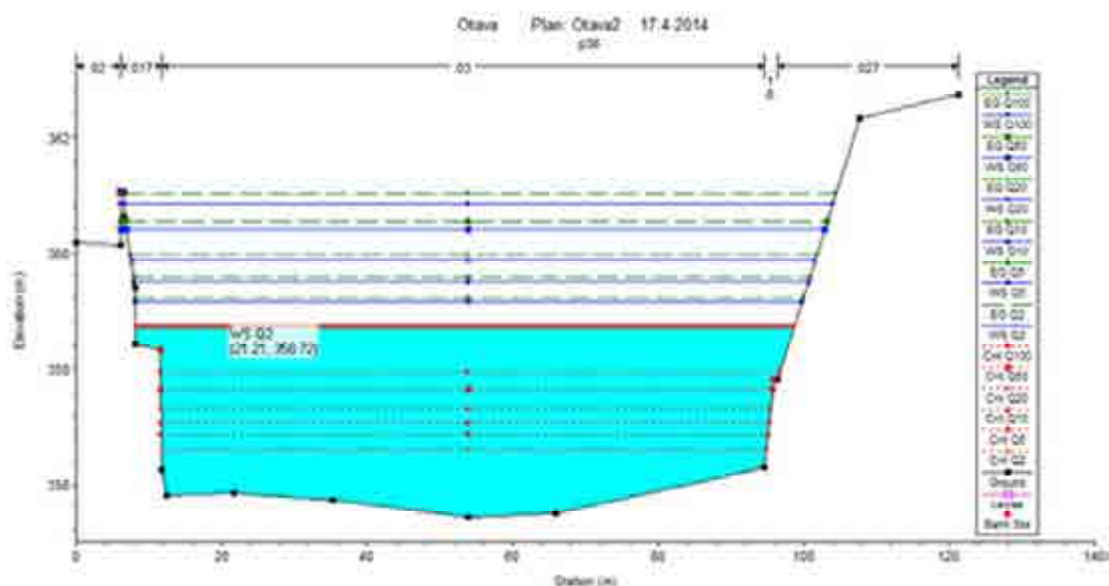


Obr. 6 Znázornění záplavových čar a ohrožených objektů při Q20 a Q100 – výkres C  
(zdroj: autor, podkladová mapa: služba WMS - ortofotomapa ČÚZK )

Z výsledků lze konstatovat, že zájmový úsek při simulaci N-letých průtoků ( Q2, Q5, Q10, Q20, Q50 a Q100), obstál poměrně dobře. Nedochází zde k žádnému extrémnímu vybřežení a ohroženo je pouze 11 objektů ležící v těsné blízkosti řeky.

V extravilánu je přírodní koryto s miskovitým tvarem, které protéká poměrně zařízlým údolím, které je, až na pár chat a restaurací, nezastavěno. Ve většině extravilánových příčných profilů průtok Q5 protéká mezi břehovými liniemi, ale větším průtokem dochází k vybřežení do úzké inundační zóny.

V intravilánu jsou koryta přísně regulovaná, prohloubená a lemují je protipovodňové hráze, nábrežní zdi či mají přirozenou ochranu vlivem vysokého břehu. Řeka protéká kolem historického centra města, proto je zde vysoká ochrana zcela nezbytná. Bylo zjištěno, že při průtoku Q2 ve většině profilů dochází k přelití břehovým čar, ale vlivem účinných protipovodňových opatření není umožněno ani při stoleté vodě přelití korun hrází, viz obrázek 7. Potenciálně neohroženější místo z intravilánu je nové centrum na levém břehu, přesněji u profilu č. 37 mezi Kamenným mostem a Novým mostem. Při průtoku Q100 je zde hloubka vody 5.5 m a již při zvýšení hladiny o 0.17m by mělo dojít k přelití nábrežní zdi. Pokud ovšem budou dodržena všechna opatření, nemělo by k tomu rozlití dojít. Město by při zvýšení průtoku nad 331 m3/s mělo přistoupit k instalování mobilních hrází, a tudíž by měla být ochráněna celá níže ležící čtvrť.



Obr. 7: Účinnost protipovodňových opatření - Příčný profil č.36 v intravilánu při průtoku Q 2 – Q100 (zdroj: autor)

Z hydrologického modelu bylo zjištěno, že skoro všechny objekty mají dostatečnou kapacitu na provádění velkých vod a při žádném ze simulovaných N-letých průtoků nehrozí ani jedinému mostu či lávce přelití. Pouze u Nového mostu (objekt O3J+M) při průtoku Q100 dojde k vzduť hladiny před mostem. Hladina v horním profilu tak bude přesahovat o 0.17 m úroveň dolní mostovky a v dolním profilu bude 0.43m pod úrovní dolní mostovky. Vzduť výrazně znesnadňuje průchod velkých vod a při větším průtoku hrozí rozliv na oba dva břehy.

Vzdálenosti mezi jednotlivými příčnými profily byly poměrně velké, a tudíž mohly vzniknout určité nepřesnosti ve stanoveném záplavovém území. V extravilánu vzdálenost některých profilů dosahovala až 369 m. Hustota příčných profilů v intravilánu byla větší, ale stále relativně nízká.

Na druhou stranu vodohospodářské objekty zahrnující mosty, jezy a lávky byly zaměřeny velice detailně.

Při stanovení záplavového území takto významného toku, kde jen šířka toku přesahuje místy desítky metrů, a příčné profily jsou ve velkém rozestupu, by bylo vhodnější místo výškopisně a polohopisně zaměřených bodů v příčném profilu a v objektech použít metodu leteckého laserového skenování LiDAR (Light Detection And Rating) a následně z dat vytvořit digitální model terénu (DMT) říční sítě ve formátu TIN. Dále by bylo vhodné pro výpočet záplavového území použít kombinaci softwaru HEC-RAS a ArcGIS. Tato kombinace softwaru spolu s LiDAR by poskytovala cenově efektivní systém pro řízení a plánování záplav v intravilánu. (Mark a kol., 2004) Vstupní data poskytnutá pro tuto práci zahrnovala zaměřených pouze 65 příčných profilů a 9 objektů na toku, proto byl zvolen pro výpočet záplavového území pouze program HEC-RAS, do kterého byly všechny příčné profily vloženy ručně a vykreslení záplavových čas muselo proběhnout v programu AutoCAD.

### **Súhrn**

Cílem práce bylo stanovit záplavové území 9,461km dlouhého zájmového úseku řeky Otavy. K modelaci rozlivu povodňové vlny byl vybrán 1D hydrodynamický model HEC-RAS.

V této práci bylo zjištěno, že v intravilánu zájmového úseku nedojde k přelití korun přirozených břehů a protipovodňových opatření ani při nejvyšším ze simulovaných průtoků - Q100. Dále bylo zjištěno, že všechny vodohospodářské objekty mají dostatečnou kapacitu na provádění velkých průtoků, pouze u Nového mostu dojde k mírnému vzduť horní hladiny. Téměř všechny objekty kolem středního úseku jsou dobře ochráněny proti Q20, ale při větších průtocích dochází k zaplavení nejnižší ležících objektů, jedná se pouze o několik staveb, které lze chránit individuálně pomocí stavebních úprav. Jedná se především o tři MVE a blízké objekty u jezů, městský ostrov, koupaliště, bývalý mlýn pod městem, ulice Zátavské nábřeží a Podskalí s rodinnými domy.

Z výsledků modelace N-letých průtoků jasně vyplývá, že město Písek je velice dobře ochráněno proti účinku velkých vod technicko-stavebními opatřeními. Avšak je dobré mít na paměti, že nejúčinnější ochranou před povodněmi je preventivní opatření v horních částech povodí. Bez výstavby těchto opatření zvyšujících retenci a infiltraci vody v krajině nebude žádná ochranná hráz dostatečně vysoká.

**Klíčové slová:** povodeň, záplavové území, hydrologický model, HEC-RAS, řeka Otava

### **PodĎakovanie**

Příspěvek vznikl za podpory grantového projektu Interní grantové agentury Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně - „Analýza hydrologických záměrů v horní části povodí Litavy se zaměřením na problematiku znečištění vod“.

## Literatúra

LANGHAMMER, J. a kol. 2007. Povodně a změny v krajině. Praha: Univerzita Karlova, PŘF a MŽP ČR.

MARK, O.; WEESAKUL, S.; APIRUMANEKUL, C.; AROONNET, S.B.; DJORDJEVIC, S. Potential and limitations of 1D modeling of urban flooding. J. Hydrol. 2004, 299, 284–299.

SLAVÍKOVÁ, L., a kol. 2007. Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích. Praha: IREA, Institut pro strukturální politiku, o.p.s.

USACE - U.S. Army Corps of Engineer, 2013. HEC-RAS River Analysis System - Hydraulic Reference Manual. [Online] Dostupné na: [http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS\\_4.1\\_Reference\\_Manual.pdf](http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS_4.1_Reference_Manual.pdf)

WMO – World Meteorological Organization. 2009. Guide to Hydrological - Practices Volume II Management of Water Resources and Application of Hydrological Practices. Geneva: WMO.

**Kontaktná adresa:** Ing. Renáta Ripelová, Agronomická fakulta, Ústav krajinné a aplikované ekologie, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, [renata.ripenova@gmail.com](mailto:renata.ripenova@gmail.com)

## **GEOVIZUALIZACE. STANDARDIZACE POSTUPU PRO ENVIRONMENTÁLNÍ POSUZOVÁNÍ**

### **GEOVISUALIZATION. MAKING STANDARD FOR ENVIRONMENTAL ASSESMENT**

Jozef SEDLÁČEK

Mendelova univerzita v Brně

#### **Abstract**

Geovizualizace je specifický postup, který slouží k zobrazení krajinné scény prostřednictvím digitálního modelu na základě geografických dat a je využíván při hodnocení krajinného rázu a v environmentálním posuzování. Účelem geovizualizace je vizualizovat záměr z relevantních stanovišť a předložit jej v rozhodovacím procesu kompetentním státním orgánům a veřejnosti. Příspěvek popisuje teoretická východiska i jednotlivé kroky postupu tvorby geovizualizace a fotomontáže, které byly formulovány do standardizovaného postupu a je součástí certifikované metodiky pro vyhodnocení vlivů záměrů v krajinných památkových zónách. Postup pro tvorbu vizualizace využívá geografická data, GIS, 2D a 3D grafický software.

**Klíčové slová:** geovisualisation, photomontage, environmatal assessment, landscape character assessment

#### **Úvod**

Vizualizace je definována jako proces tvorby obrazu z reálného objektu, souboru dat, nebo fenoménu prostřednictvím grafických pomůcek (Bollman in Schroth 2007). Účelem vizualizace může být:

- zobrazení známé informace čitelným (uživatelsky příjemným) způsobem,
- odhalení nové informace pomocí specifického zobrazení (Bishop a Lange 2005, s. 25).

Do prvního způsobu patří např. mapová díla zobrazující topografii terénu, nebo architektonické vizualizace, k druhé skupině patří vizualizace abstraktních jevů (datové množiny, průběhy funkcí, atd.).

Příspěvek se bude věnovat vizualizacím, jejichž primárním účelem je komunikace mezi autorem (navrhovatelem) změny a příjemcem (uživatelé) zejména při změnách v krajině a posuzování

vlivů na životní prostředí. Právě možnost komunikace mezi autorem projektu a uživatelem předurčuje 3D vizualizace pro využití v krajině plánování a environmentálním posuzování. V environmentálním plánování jsou vizualizace zavedenou technikou, jak zobrazit navrhovaný stav (Bishop 2005, Schroth 2007, Downes a Lange 2015, Appleton a Lovett 2003, Bell 2004). Pro tyto účely se používá pojem krajinná vizualizace (landscape visualization) (Ervin a Hasbrouck 2001), environmentální vizualizace (Bishop a Lange 2005, s. 29), nebo geovizualizace (Dykes et al. 2005). Termín krajinná vizualizace je používán i pro počítačem generované zobrazení krajiny v perspektivě (Ervin a Hasbrouck 2001).

### **Validita fotorealistické vizualizace, fotomontáže**

Validita obecně je platnost výsledků k dané skutečnosti (ANON. 2016). Otázkou, který z druhů vizualizace má vyšší kritériální validitu se zabývalo mnoho autorů a je zdokumentováno vícero případových studií např. Lange (1994), Bishop (1994), (Lange 2001) (Bates-Brkljac 2009). Autoři dokumentují, že realistická vizualizace je pochopitelnější pro veřejnost. Neplatí to ale o odborné veřejnosti, kdy, jak dokumentuje Bates Brkljac (2009, s. 424), skupina respondentů z řad architektů považovala perokresbu za lepší vyjadřovací prostředek, než fotorealistickou vizualizaci.

Tabulka 1 Validita fotomontáže se odvíjí od dodržení výše uvedených kritérií (dle Landscape Institute 2011)

|                     |                                                                                                                                       |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Přesnost            | Vizualizace musí být vytvořena na základě přesných topografických dat polohy objektu a stanoviště snímku.                             |
| Proces              | Tvorba vizualizace probíhá podle přesně definovaného procesu, který může být opakovatelný a jehož přesnost může být ověřena i zpětně. |
| Pochopitelnost      | Výsledek i proces tvorby fotomontáže by měl být srozumitelný jak expertům, tak laické veřejnosti.                                     |
| Podmínky            | Fotografie použité při fotomontáži by měly být pořízeny v odpovídající kvalitě a za příznivých povětrnostních podmínek.               |
| Pozice pozorovatele | Výběr stanoviště musí odpovídat druhu záměru a zachycovat jej v kontextu s okolím tak, aby vliv nemohl být nad, nebo podhodnocen.     |

### **Materiál a metody**

Přípravu geovizualizace je možné rozdělit do dvou tematických částí. První je pořízení snímku, druhou je zpracování vizualizace. Pro pořízení snímku autor vycházel z pravidel publikovaných a revidovaných Shepardem (1989, 2005) který navrhuje tyto kritéria pro výběr stanoviště.

## | Veda mladých 2016

- zabezpečit pozorovateli opodstatněný výběr pohledů, směrů pohledů, úhlů, podmínek, časových smyček,
  - vyhledat kontakt s komunitou za účelem zjistit relevantní stanoviště pro nasnímání fotografií,
  - vyhnout se hledání konkrétní odezvy od publika.
- Pro zpracování vizualizace a výběr metody navrhuje:
- použít vizualizační nástroje a média, které jsou přiměřené účelu vizualizace,
  - vybrat přiměřený stupeň realismu,
  - poskytnout informaci o průběhu a technice tvorby vizualizace a fotomontáže.

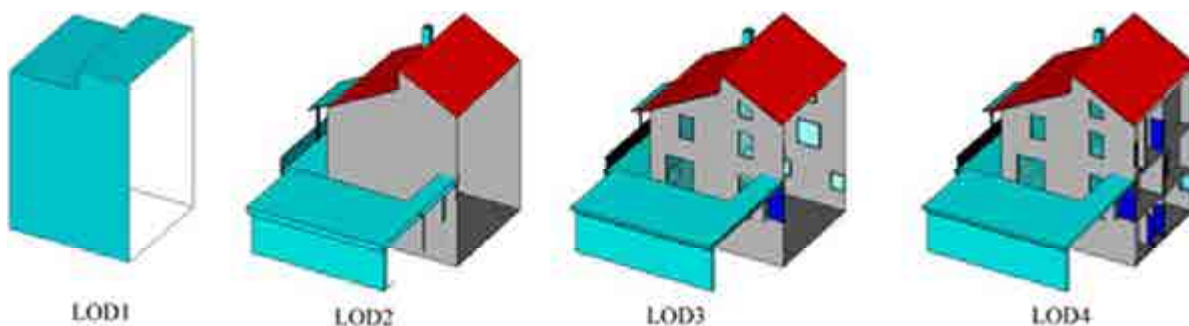
### Geografická data pro tvorbu modelu krajiny

Předpokladem geovizualizace je, že musí být vázána na geografická data. Totéž platí o fotomontáži, která musí splňovat stejné parametry jako geovizualizace. Data můžeme rozdělit na data:

- týkající se konkrétního místa v krajině ,
- týkající se objektu,
- týkající se stanoviště odkud je pořizován snímek.

Digitální podklady pro model krajiny by měly obsahovat údaje o nadmořské výšce, konfiguraci reliéfu, výšce vegetace, výšce budov. Digitální model terénu reprezentuje údaje o nadmořské výšce a konfiguraci terénu. Digitální model povrchu obsahuje kromě nadmořské výšky terénu také výšky budov a výšky vegetace. Pokud není k dispozici digitální model povrchu, lze použít i modely budov vytvořené na základě obrysů v rozlišení LOD1 v prizmatické geometrii.

Objekt, respektive jeho 3D grafická reprezentace musí vycházet z dostupné projektové dokumentace. U jednotlivých staveb je požadována co nejvyšší úroveň detailu LOD2 nebo LOD3 a korektní texturování. Tvorba příliš detailního objektu není účelná (viz. (Bates-Brkljac 2009).



Obr. 2 Stupeň detailu u budov, Level of detail - LOD. (Dle Arefi a Reinartz 2013)

### **Zpracování a rendering krajinnej scény**

Důležitým krokem je rendrování objektu. Rendering 3D scény má podobně jako kartografie své tzv. visual variables – proměnné, které definují vizuální a obsahovou stránku mapy. Při 3D reprezentaci se mění velikost objektů v závislosti na pozici pozorovatele (Schroth 2007, s. 32) a proto je potřeba použít rozšířenou škálu proměnných. Häberling (2003, s. 51) rozšiřuje obecně používanou Bertinovu stupnici pro 3d vizualizace na:

- modelaci terénu,
- modelaci objektů,
- modelaci objektů pro určení polohy (severka, měřítko),
- vnější vzhled (forma, velikost, barva, jas),
- textura ploch,
- pozice kamery,
- osvětlení,
- stín,
- atmosférické efekty,
- projekce (perspektiva, axonometrie, etc.).

Tyto proměnné je potřeba při renderování scény přizpůsobit snímkům pořízeným z posuzovaných stanovišť.

### **Materiálové vybavení a software**

U případových studií byl použit digitální model terénu DMT 4G a digitální model povrchu DMP 1G s rozlišením 1x1 m a přesností 0,18 cm v otevřeném terénu a 0,3 v zakrytém terénu. Dále mapová služba ORTOFOTO pro území České Republiky poskytovaná českým úřadem zeměměřičským a katastrálním. Dále digitální ekvivalent základní mapy ZM10 ZABAGED katastrální mapa.

Pro zpracování digitální reprezentace byl použit SW Blender ve verzi 2.61 a rendrovací engine Blender Cycles. Pro zpracování geografických dat SW ArcGIS 10.2.1 moduly Arcmap a pro vizualizace modul ArcScene. Pro editaci fotografických snímků byl použit SW Adobe Photoshop CS5.

Standardizaci postupu předcházela řada případových studií např. Hodnocení vlivu na krajinný ráz: výstavba billboardu Ohrazenice (Salašová a Sedláček 2011), Hodnocení vlivu na krajinný ráz:

záměr výstavby rodinného domu Vrchovina (Sedláček 2011), Hodnocení vlivu na krajinný ráz: rozhledna Radhošť (Salašová et al. 2015), Hodnocení vlivu na krajinný ráz: vodojem a rozhledna Ohrazenice (Sedláček a Šesták 2015), Hodnocení vlivu na krajinný ráz: rodinný dům Deštné (Kučera a Sedláček 2015) a při tvorbě certifikované metodiky Hodnocení vlivů na krajinné památkové zóny (Sedláček et al. 2015).

### Výsledky a diskusia

Standardizovaný postup byl vytvořený na základě výše uvedených požadavků na validitu a ověřován na několika případových studiích. Standardizovaný postup definuje pravidla týkající se výběru stanoviště, přípravy a georeferencování modelu, renderingu scény a umístění do fotografie.

Výběr stanovišť pro snímání a pořízení snímků:

- fotografie musí zachycovat objekt v kontextu se svým okolím (okolitou zástavbou),
- fotografie musí být nasnímana za dobré viditelnosti,
- fotografie se pořizuje tak aby poskytovala výřez cca 40°,
- kamera při pořízení snímku by měla být v rozmezí 150 cm až 180 cm nad povrchem,
- stanoviště musí být přesně určeno (vzhledem k pozdějšímu umístění pozorovatele), minimálně pomocí GPS.

Příprava modelu a georeferencování modelu:

- model je vytvořen v 3D reprezentaci (úroveň LOD2 nebo LOD3) na základě projektové dokumentace,
- objekt je texturován na základě materiálů uvedených v projektové dokumentaci,
- je vytvořen digitální model terénu/povrchu v rozsahu (dále digitálního modelu krajiny), který zahrnuje i stanoviště snímků,
- zobrazení digitálního modelu krajiny v grafickém software umožňující 3d prohlížení a umístění objektu v souřadné síti.

Rendering scény a zalícování do fotografie:

- umístění objektu do modelu krajiny a nastavení kamery a export scény musí odpovídat stanovišti pořizované fotografie,
- pohledový úhel musí odpovídat pohledovému úhlu záběru,
- ohnisková délka při exportu musí odpovídat ohniskové délce fotografie,
- export do grafické podoby,
- lícování probíhá v grafickém editoru. Důležitým korektem je správné zařazení objektu do plánu snímku.



Krok 1. Snímek pořízen z relevantního stanoviště. Pohledový úhel odpovídá 40°.



Krok 2. Vyrendrovaná scéna je prolutá přes snímek. Vyrendrovanou scénu tvoří digitální model terénu DMT4G, stávající budova se stupněm detailu LOD1 a navrhovaný objekt se stupněm detailu LOD3. Při prolnutí je potřeba dodržet konfiguraci reliéfu - horizontů a výšky objektů.



Krok 3. Změnou viditelnosti lze se vizualizace lépe zalícuje do fotografie.



Krok 4. Po správném zalícování je navrhovaný objekt vyfyznut z vizualizace.



Krok 5. Otexturování části objektu.

Obr. 3 Postup zalícování vizualizace do fotografie (případová studie Hodnocení vlivu na krajinný ráz: Billboard Ohrazenice).

### Súhrn

Příspěvek popisuje standarty, které by měly být dodrženy při tvorbě fotorealistických vizualizací a fotomontáží při hodnocení vlivu záměru na krajinný ráz, nebo v procesu posuzování vlivů na životní prostředí. Publikovaný postup byl certifikován Ministerstvem kultury v rámci Metodiky hodnocení vlivů na krajinné památkové zóny jako referenční postup při vizualizaci záměru v krajinných památkových zónách. Postup kladl důraz na validitu, rychlost a co nejmenší náročnost tvorby vizualizace. Snadnost aplikace byla také důvodem, proč byl postup certifikován k použití Národním památkových ústavem. Vzhledem k rychle se rozvíjejícím postupům fotorealistické vizualizace lze tento postup považovat za minimální požadovaný standart.

**Klíčové slová:** geovizualizace, fotomontáž, environmentální hodnocení, krajinný ráz

### PodĎakovanie

Příspěvek vznikl na základě podpory projektu NAKI DG16P02M03 „Identifikace a prezentace památkového potenciálu historické kulturní krajiny České republiky“.

### Literatúra

ANON., 2016. Validita (výzkum) [online]. [vid. 2016-07-12]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Validita\\_\(v%C3%BDzkum\)&oldid=13265900](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Validita_(v%C3%BDzkum)&oldid=13265900)

APPLETON, Katy a Andrew LOVETT, 2003. GIS-based visualisation of rural landscapes: defining 'sufficient' realism for environmental decision-making. Landscape and Urban Planning [online]. roč. 65, č. 3, s. 117–131. ISSN 0169-2046. Dostupné z: doi:10.1016/S0169-2046(02)00245-1

AREFI, Hossein a Peter REINARTZ, 2013. Building Reconstruction Using DSM and Orthorectified Images. Remote Sensing [online]. 2. 4., roč. 5, č. 4, s. 1681–1703. Dostupné z: doi:10.3390/rs5041681

BATES-BRKLJAC, Nada, 2009. Assessing perceived credibility of traditional and computer generated architectural representations. Design Studies [online]. roč. 30, č. 4, s. 415–437. ISSN 0142-694X. Dostupné z: doi:10.1016/j.destud.2008.10.005

BELL, Simon, 2004. Elements of visual design in the landscape. 2nd ed. London ; New York: Spon Press. ISBN 978-0-415-32517-2.

BISHOP, Ian a Eckart LANGE, 2005. Visualization classified. In: Visualization in Landscape and Environmental Planning: Technology and Applications. B.m.: Taylor & Francis, s. 23–34. ISBN 978-1-134-40645-6.

BISHOP, I.D., 2005. Visualization for participation: The advantages of real-time? Trends in Real-Time Landscape Visualization and Participation. s. 2–15.

DOWNES, Melanie a Eckart LANGE, 2015. What you see is not always what you get: A qualitative, comparative analysis of ex ante visualizations with ex post photography of landscape and architectural projects. Landscape and Urban Planning [online]. roč. 142, Special Issue: Critical Approaches to Landscape Visualization, s. 136–146. ISSN 0169-2046. Dostupné z: doi:10.1016/j.landurbplan.2014.06.002

DYKES, Jason, Alan M. MACEACHREN a Menno-Jan KRAAK, 2005. Introduction Exploring Geovisualization. In: Exploring Geovisualization [online]. Oxford: Elsevier, s. 1–19. ISBN 978-0-08-044531-1. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978008044531150419X>

ERVIN, Stephen a Hope HASBROUCK, 2001. Landscape Modeling: Digital Techniques for Landscape Visualization. 1 edition. New York : London: McGraw-Hill Professional. ISBN 978-0-07-135745-6.

HÄBERLING, Christian, 2003. Topografische 3D-Karten: Thesen für kartografische Gestaltungsgrundsätze. Dissertation. [online]. 2003. B.m.: ETH Zurich. Dostupné z: <http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:27130/eth-27130-02.pdf>

KUČERA, Petr a Jozef SEDLÁČEK, 2015. Hodnocení vlivu na krajinný ráz: rodinný dům Deštné. 2015.

LANDSCAPE INSTITUTE, 2011. Photography and photomontage in landscape and visual impact assessment [online]. 2011. B.m.: Landscape Institute. Dostupné z: <http://www.landscapeinstitute.org/PDF/Contribute/LIPhotographyAdviceNote01-11.pdf>

LANGE, Eckart, 2001. The limits of realism: perceptions of virtual landscapes. Landscape and Urban Planning [online]. 25. 5., roč. 54, č. 1–4, Our Visual Landscape: analysis, modeling, visualization and protection, s. 163–182. ISSN 0169-2046. Dostupné z: doi:10.1016/S0169-2046(01)00134-7

SALAŠOVÁ, Alena, Hedvika PSOTOVÁ a Jozef SEDLÁČEK, 2015. Hodnocení vlivu na krajinný ráz: rozhledna Radhošť. 2015.

SALAŠOVÁ, Alena a Jozef SEDLÁČEK, 2011. Hodnocení vlivu na krajinný ráz: výstavba billboardu Ohrozenice. 2011.

SEDLÁČEK, Jozef, 2011. Hodnocení vlivu na krajinný ráz: záměr výstavby rodinného domu Vrchovina. 2011.

## | Veda mladých 2016

SEDLÁČEK, Jozef, Alena SALAŠOVÁ a Lenka TRPÁKOVÁ, 2015. Metodika hodnocení vlivů na krajinné památkové zóny. 2015. B.m.: Mendelova univerzita v Brně.

SEDLÁČEK, Jozef a Ondřej ŠESTÁK, 2015. Hodnocení vlivu na krajinný ráz: vodojem a rozhledna Ohrazenice. 2015.

SHEPPARD, SRJ, 2005. Validity, reliability and ethics in visualization. In: ID BISHOP a E LANGE, ed. Visualization in Landscape and environmental Planning. s. 79–97.

SHEPPARD, Stephen J., 1989. Visual Simulation: A Users Guide for Architects, Engineers, and Planners. 1st Printing edition. New York: Van Nostrand Reinhold/co Wiley. ISBN 978-0-442-27827-4.

SCHROTH, Olaf, 2007. From Information to Participation. Dissertation. [online]. 2007. B.m.: ETH Zurich. Dostupné z: <http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:30427/eth-30427-02.pdf>

**Kontaktná adresa:** Ing. Jozef Sedláček, Ústav plánování krajiny, Zahradnická fakulta, Mendelova univerzita v Brně Adresa: Valtická 337, 691 44 Lednice, Česká republika, tel. + 420 519 367 302 // mob. +420 731 753 325

## **BROWNFIELDY AKO OBJEKTY KRAJINNO ARCHITEKTONICKEJ REVITALIZÁCIE A MUTLIFUNKČNÉHO VYUŽITIA**

### **BROWNFIELDS AS OBJECTS OF LANDSCAPE ARCHITECTONICAL REVITALISATION AND MULTIFUNCTIONAL USAGE**

Jan SUPUKA, Peter UHRIN

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

#### **Abstract**

Brownfields represents area and objects, which are as reminder of social economy activities in the past periods and at present they are considered as real or potential risk influence on environment and human society. The contribution describes this issue in wider economy dimensions as alternative technology changes, which reflect in alternative landscape changes and in urban environment. Article describes brownfields from point of view setting and industrial activities, as well as in scheme of environment loads. In Slovakia has been identified and surveyed of 682 brownfields and 279 environmental load localities in category of confirmed. The different approaches and principles in revitalisation processes are described. Reclamation processes are classified as follow; agriculture, forestry, biology- successive, water, specific. Article presents forms and categories of vegetation elements applying and landscape architectonical tools in brownfield's revitalisation.

**Keywords:** brownfields category, reclamation, revitalisation, new functions.

#### **Úvod**

Vývoj ľudskej spoločnosti je sprevádzaný zmenami využívania prírodných zdrojov, zmenami v krajinnej štruktúre, zmenami v urbanistickej štruktúre a ľudských sídiel, zmenami výrobných technológií ako aj prvkov sprievodnej a podpornej infraštruktúry. Tento proces nazývame alternatívou, náhradou jednej činnosti, výrobnej a energetickej technológie, objektu, stavebnej konštrukcie, dopravných systémov a pod., inými činnosťami (SUPUKA, 2004). Mnohé z objektov, architektonických stavieb, alebo celých sídelných štruktúr, technických diel a technológií tvoria dnes významné kultúrne dedičstvo, často s medzinárodnými dosahom (KLINDA, 2000; PINČÍKOVÁ, 2010). Niektoré z nich však zostali zabudnuté, opustené, znehodnotené, podliehajú prirodzeným deštrukčným procesom, alebo sú rozhodnutím človeka demolované a navždy z

lokality odstránené. Takéto objekty a plochy sa nazývajú „brownfields“ (hnedé zóny) a predstavujú dnes veľmi aktuálnu tému ich zachovania, revitalizácie, alternatívneho riešenia a potenciálneho využívania, alebo úplnej asanácie. Predstavujú pozostatok predošlej priemyselnej, poľnohospodárskej, obytnej a vojenskej činnosti.

Pojem Brownfields má pôvod v USA, kde boli definované, a už od roku 1995 boli predmetom programového riešenia v rámci EPA (Environmental Protection Agency). Brownfields sú definované ako reálny majetok, územne definované, asanované alebo novo využívané plochy, ktoré môžu byť komplikované prítomnosťou, alebo potenciálnym hazardom v nich obsiahnutých znečisťujúcich látok a kontaminantov (Brownfields Definition, 2015). Problematika brownfields je popísaná a zakotvená v mnohých zákonoch a predpisoch USA, z nich aktuálny, obsahujúci aj definíciu je nasledovný – The Brownfields Site Definition in Found, in Public Law 107-118 (H.R. 2869) – „Small Business Liability Relief and Brownfields Revitalization Act“ approved in January 11, 2002. Ťažiskovým problémom brownfields je ich zhodnotenie (posúdenie), asanácia (čistenie), plánovitá prestavba (adaptácia na nové využívanie). Na závažnosť problému brownfields bolo poukázané aj v podmienkach Slovenska (FINKA, JAMEČNÝ, 2012), označované, ako degradované územia v sídle (priemyselný, skladový, poľnohospodársky areál, obytná štvrť, areál školy, dopravy a pod.), alebo v krajine (územia po povrchovej a hlbínnej ťažbe nerastov, skládky, odkaliská a pod.), ktoré môžu byť viac alebo menej nebezpečné z hľadiska životného prostredia a potenciálneho rizika pre zdravie človeka.

Najvýraznejšou a objemovo najrozsiahlejšou skupinou brownfieldov sú priemyselné areály, ktoré veľkoplošne vznikali po priemyselnej revolúcii (19.-20.storočie) a následne po období vedecko-technickej revolúcie (2.polovica 20.storočia a 21.storočie), nadobudli charakter priemyselného dedičstva s environmentálnou záťažou. Problémy dosahujú európsku i svetovú dimenziu, diferencované podľa krajín sociálneho a ekonomického rozvoja (HAYES, 2006; KIRK, 2003). Mnohé z nich tvoria kultúrne priemyselné dedičstvo (HEAD, 2000). Na území Čiech a Moravy bolo zmapovaných 105 lokalít tzv. postindustriálnych krajín v databáze CORINE pri použití technológie GIS s podrobným popisom environmentálnej charakteristiky, typu priemyslu, plošným a objektovým rozsahom (KOLEJKA a kol., 2012). Komplexná priemyselná štruktúra v historicko-vývojovom kontexte (19.-20.storočie), bola spracovaná na území Bratislavy (OBUCHOVÁ, 2009). Celkovo je popísaných a prezentovaných spolu 65 objektov a areálov priemyslu podľa kategórií priemyselnej, dopravnej, energetickej a zásobovacej činnosti a spracovateľských odvetví. Mnohé z nich zanikli, alebo boli prestavané na iné funkčné využitie, len 20 z nich je zapísaných v Zozname pamiatkového fondu (UZPF) ako objektov industriálnych pamiatok. Podobne sú spracované dejiny baníctva na Slovensku, ich lokality a objekty (ZÁMORA, 2003), vodné tajchy obklopujúce historické banícke mesto Banskú Štiavnicu (LICHNER a kol., 1997), alebo stopy a lokality poľnohospodársko-sídelnej činnosti na Slovensku, identifikované ako archetypy (HREŠKO, PETLUŠ, 2015). Na tieto nadväzujú novodobé dnes už často opustené

poľnohospodárske objekty z čias roľníckych družstiev (2.pol.20.storočia), ktoré v mnohých prípadoch reprezentujú brownfields poľnohospodárskej výroby. Ich počet sa odhaduje na 10 tisíc (HALMANOVÁ, 2011). Na území Slovenska bolo spracovaných 28 vojenských objektov a kasární, ktoré sú v súčasnej dobe opustené, prešli transformáciou na nové funkčné využívanie, alebo zostali nevyužívané so znakmi brownfieldov (HREBÍKOVÁ, 2011). Aký je skutočný počet území brownfields, je náročné zistiť reálne hodnoty, čo je odrazom náročnosti ich mapovania z časových, finančných aj identifikačných dôvodov. Publikovaný zdroj z roku 2006 (FERBER, 2006) udáva, že na území Českej republiky je minimálne 5792 brownfieldov (na ploche 170,77 km<sup>2</sup>) a maximálne 9321 (na ploche 284,66 km<sup>2</sup>). Na Slovensku sa udáva spolu 682 brownfields na súhrnnej ploche 1784 ha. Mnohé z objektov, hlavne priemyselnej a energetickej architektúry stavieb, so znakmi hodnotnej dobovej architektúry a hlavne tie, ktoré zostali v urbanistickej štruktúre dnes už rozvinutých miest, boli rekonštruované a nadobudli nové funkčné hodnoty, ako súčasť priemyselného dedičstva (VODRÁŽKA, 2010). Živým príkladom je areál závodu Fiat v Turíne, Peugeot – Citroen v Paríži, milenium park v Budapešti, alebo parná elektrárň v Poprade (BALOGA, 2011; SUPUKA, ŠTĚPÁNKOVÁ, 2006).

Rekonštrukcia brownfieldov a ich objektov je proces náročný, pomerne drahý, podľa charakteru a stupňa tzv. environmentálnej stopy. Hodnotiacimi a určujúcimi kritériami z hľadiska možností regenerácie hnedých zón, sú faktory ekonomické, environmentálne, sociálne a kultúrne, ako aj faktory urbanistickej štruktúry (PETRIKOVÁ, 2011).

Proces premeny krajiny, ale aj reštrukturalizácie urbanizovaného prostredia mestskej a vidieckej krajiny, priemyselných a rekreačných areálov, je procesom prirodzeným, je úzko spätý s vývojom ľudskej spoločnosti, ľudského poznania, tvorivých schopností, nárokov, životného štýlu a úrovne človeka a jeho spoločnosti.

Novodobými prvkami urbanistickej štruktúry sídiel sú priemyselné parky a obchodné centrá, ale aj tzv. logistické centrá (rozumej veľké sklady a prekladiská tovarov globalizovanej ekonomiky), postavené na zelenej lúke s relatívne nízkou investičnou náročnosťou, s enormným plošným záberom úrodnej pôdy, pričom mohli byť alokované v územiach brownfieldov, ktoré majú nízku kultúrno-historickú, architektonickú a technicko-technologickú hodnotu (SMIDA, 2002). Zvyšky starších objektov so znakmi hnedých zón, ale aj novodobé priemyselné a obchodné parky, ktoré sú súčasťou vnútornej, alebo kontaktnej zóny sídiel, tvoria významný potenciál pre transformáciu, rekonštrukciu a reanimáciu pri uplatnení princípov krajinnej a parkovej architektúry, pre tvorbu hodnotných priestorov s rekreačným a kultúrno-vzdelávacím obsahom (GAŽOVÁ, SUPUKA, 2008).

### **Materiál a metódy**

Cieľom práce je spracovať a predstaviť klasifikáciu brownfieldov a ich výskyt na území Slovenska, zadať možnosti a formy revitalizácie a reanimácie pri použití metód a prístupov krajinnej a záhradnej architektúry.

Spracovanie kategorizácie hnedých zón podľa legislatívnych dokumentov Ministerstva životného prostredia SR. Popis zón a objektov z hľadiska potenciálu rekultivácie a reanimácie. Potenciál uplatnenia diferencovaných kategórií vegetačných prvkov v hnedých zónach podľa kritérií funkčne- priestorového členenia. Možnosti, formy a kritériá uplatnenia vegetačných prvkov v kategóriách: kultúrne aranžované formácie intenzívne, extenzívne, aranžované formácie poloprirodné, aranžované formácie synantropné, aranžované rekultivačné formácie, prirodzené sukcesné formácie. (SUPUKA, 1985; SUPUKA, ŠTĚPÁNKOVÁ, 2006).

Súčasne sa zadefinuje potenciál ich možného využívania po technicko-stavebnej rekonštrukcii a reanimácii pri použití princípov vegetačných úprav.

### **Výsledky práce**

#### **Pôvod a vlastnosti brownfields**

Brownfields (hnedé zóny) je potrebné chápať v širšom spektre odvetvových prístupov sociálno-ekonomických činností ľudskej spoločnosti. Výmena objektov, výrobných a spracovateľských technológií, ale aj urbanizovaných priestorov sa vo väčšine prípadov nerealizuje skokom, bez pozostatkov a stôp z minulých období. Procesy a zmeny sú kontinuálne, menej, alebo viac viditeľné a vnímané. Výnimku tvoria nové a rozsiahle urbanistické centrá, výškové objekty, nové diaľničné siete a letiská ako plošné i objemové dominanty v priestore. Výrazné a skokové zmeny vznikajú v územiach a urbanistických štruktúrach pri rozsiahlych vojnových konfliktoch, alebo prírodných katastrofách, ako sú zemetrasenia, vulkanická činnosť, ničivé cyklóny a pod.

To znamená, že tzv. brownfieldy boli, budú a sú súčasťou kontinuálneho vývoja, premien a alternatív ľudskej činnosti. Ich najväčší výskyt, ale aj terminologický pôvod je jednako a dominantne spojený s priemyselnou činnosťou ako pozostatky a negatívne stopy z postindustriálneho veku.

Ich charakteristiky a obsahový popis je širší, alebo užší, aj keď prioritným znakom je ich reálny, alebo potenciálne rizikový vplyv na zložky životného prostredia a genofond živých organizmov, vrátane človeka. K hlavným znakom brownfieldov jednako patria nasledovné:

- predstavujú opustené, alebo len čiastočne využívané plochy a objekty,
- sú najčastejšou, súčasťou štruktúry urbanizovaného prostredia a priemyselných aglomerácií, prípadne lokalít ťažby a spracovania nerastných surovín in situ,

- nesú znaky reálneho využívania technickej a technologickej úrovne z minulosti, ktoré sú zrejmé v lokalite výskytu, alebo majú dopady aj na priľahlé plochy s rôznym územných dosahom,
- nesú znaky súčasných, alebo očakávaných problémov spojených s kontamináciou a negatívnym prejavom noxií,
- sú objektmi a plochami buď nevyhnutného, alebo možného riešenia a revitalizácie pre ich následné využívanie,
- tvoria rezervné plochy pre nové investičné objekty a celky v sústave sídelno-ekonomickej a sociálnej infraštruktúry.

### **Kategórie a znaky brownfields**

Doteraz sú spracované a prezentované dve kategórie brownfields a to z hľadiska objektového a z hľadiska skládok, resp. uložených reziduí z prevádzok príslušného odvetvia.

Kategórie brownfields podľa typov sociálno-ekonomickej odvetvovej činnosti sú nasledovné:

a) Objekty a plochy s vyšším stupňom potenciálneho environmentálneho nebezpečenstva:

1) Priemyselné – predstavujú širokú a pestrú paletu objektov a plôch. Uvedieme niektoré z nich: hutnícky, chemický, papierensko-celulóзовý, drevársko-nábytkársky, potravinársky, textilný, obuvnícky a kožiarsky, priemysel stavebných hmôt a konštrukčných prvkov, energetický a teplárenský priemysel a pod. Ich stopy a pozostatky tvoria budovy, technické a technologické objekty a zariadenia, skládky surovín výrobných produktov i odpadov. Miera a možnosti potenciálnej revitalizácie a rekonštrukcie závisí od pamiatkovo architektonickej hodnoty budov, jedinečnosti výrobných a spracovateľských technológií a zachovalosti obidvoch, taktiež od druhu, skupenstva a toxicity skládok, ktoré určujú ich rekultivačný potenciál.

2) Vojenské – predstavujú pozostatky ubytovacích a obranných objektov a krytov, garážovania vojenskej techniky širokého spektra, sklady munície, sklady pohonných hmôt a mazadiel, tréningové plochy a strelnice. Najvyššie riziko a revitalizačnú náročnosť predstavujú skladové priestory pohonných hmôt, munície a odpadu. Okrem nich ostatné objekty majú reálny predpoklad rekonštrukcie pri uplatnení zásad pamiatkovej ochrany a krajinársko-architektonickej tvorby.

3) Železničné a dopravné objekty a plochy – pozostávajú z koncentrovaných východiskových základní (garáže, depá a pod.) a z rozvinutej siete. Hodnotné môžu byť konštrukčné prvky, dopravné technické systémy s rôznou mierou originality a technicko-pamiatkovej hodnoty. Sú dobrým potenciálom pre tvorbu účelových expozícií s kultúrnou, historickou a vzdelávacou hodnotu, ktoré je možné významne priestorovo doplniť s aranžovanými prvkami kultúrnej a

poloprírodnej vegetácie. Problémové môžu byť doznievajúce skládky s potenciálnym kontaminačným a toxickým vplyvom.

4) Poľnohospodárske objekty a zariadenia – majú relatívne vysoký potenciál revitalizácie v smere vytvárania menších fariem, alebo chovných hospodárskych zvierat s vyspelými, takmer bezodpadovými technológiami. Menšie farmy s pestrou skladbou rastlinnej a živočíšnej výroby, alebo špecializované podniky ovocinárskeho, vinohradníckeho, zeleninárskeho, kvetinárskeho zamerania môžu tvoriť vysoký potenciál produkcie, originálnej gastronómie a rozvoja vidieckeho turizmu. V takýchto prípadoch je aktuálny predpoklad pre uplatnenie zásad krajinnno-architektonickej tvorby. Pamiatkovo môžu byť hodnotné dobové tehlové stajne, odstavné haly poľnohospodárskej techniky, ale aj silá pre obilie, dômyselné sušiarne, zavodňovacie a odvodňovacie systémy, chovne koní a hypodromy. Z hľadiska potenciálnej kontaminácie pôdy a podzemnej vody sú rizikové zanedbané sklady poľnohospodárskej chémie, ako sú priemyselné hnojivá a protektívna chémie proti chorobám a škodcom plodín. Menej rizikové sú lokality neizolovaných hnojísk a siláží organického pôvodu a pomerne rýchlej doby prirodzeného rozkladu. Problémom sú ale rozsiahle uniformné a prefabrikované stajne s takmer nulovou technologicko-architektonickou hodnotou a sú predmetom totálnej likvidácie a technologickej inovácie.

5) Ťažba nerastov a minerálnych hornín – túto kategóriu objektov, plôch a sprievodných zariadení je možné zaradiť aj do priemyselných objektov, avšak vzhľadom na historickú tradíciu baníctva na Slovensku nachádzame stopy a objekty originálneho technického i technologického charakteru v užšom i širšom krajinnom kontexte. Tradície a lokality baníctva sú spojené s dobývaním kovonosných rúd, farebných a vzácných kovov, ťažbou špecifických minerálov a ílovitých hmôt stavebného kameňa, štrkov a pieskov, ako aj ťažbou uhlia. Z pozitívnych a potenciálne technicky, technologicky a teda aj pamiatkových objektov patria zachovalé a obnoviteľné zariadenia hlbínnej i povrchovej ťažby, jedinečná sústava vodných nádrží (tajchov), historických vodovodov. Ťažba kameňa a štrkov majú racionálne predpoklady využitia po ich rekonštrukcii a premenách na multifunkčné areály športu i rekreácie pri uplatnení zásad krajinnno-architektonickej tvorby. Environmentálne a rekultivačne náročnejšie sú vyťažené banské haldy a flotačné odkaliská zo spracovania rúd, tiež prepady a závaly podkopaných a vyťažených území, vytekajúce banské vody obsahujúce ťažké kovy a toxické rôznorodé látky spojené s banskou činnosťou, a pod.

6) Inštitucionálne a sídelné objekty s potenciálom kontaminácie zložiek prostredia a infekčného vplyvu (napr. nemocnice, väznice, chaotické getá, tábory a osady bez riadenej, resp. uvedomelej sociálnej organizácie a zodpovedajúceho životného štýlu) - potenciálne kontaminačné a infekčné nebezpečenstvo spočíva v nekontrolovanom hromadení odpadov širokého spektra. Takéto plochy si vyžadujú náročné dekontaminačné a asanačné zásahy a až následne

rekultivačné a revitalizačné vstupy s uplatnením zásad aj krajinno-architektonickej tvorby. Plochy a objekty tohto typu majú najčastejšie nulový pamiatkový a revitalizačný potenciál.

b) Objekty a plochy s nízkym stupňom potenciálneho environmentálneho nebezpečenstva:

1) Domy a budovy (rodinné, bytové, administratívne, školské, niektoré panelové domy a pod.) - boli využívané pre bývanie, samosprávu a štátnu správu, vzdelávanie. Nie je logický predpoklad výskytu kontaminantov a nevhodných skládok (ktoré však nevznikli v priestoroch ako čierne skládky). Slohové a historické domy s pamiatkovou hodnotou je potrebné reštaurovať a zdefinovať relevantné funkčne využívanie, vrátane parkových úprav na príľahlých pozemkoch (čiastkové a hodnotné historické parky a záhrady). Ostatné objekty, ktoré stratili spoločenské hodnoty a sú v takmer v dezolátnom stave, môžu tvoriť rezervné plochy pre novú investičnú výstavbu po ich asanácii.

2) Objekty, rekreácie a športu – staré opustené ihriská, historické i novodobé parky a k nim príľahlé kaštiele a zámky. Vzhľadom na vysokú spoločenskú požiadavku pre zvýšenie plôch zelene v sídlach a potreby rekreačno-športových aktivít obyvateľstva, plochám a objektom je nevyhnutné vrátiť pôvodné využívanie po ich racionálnej rekonštrukcii a inovácii. Mnohé z nich majú vysokú pamiatkovú hodnotu ako prvky záhradného umenia.

3) Špecifické objekty kultúry, histórie, fortifikácie – možno sem zaradiť zrúcaniská starých hradov, alebo ich zanedbané štádiá, nevyužívané kiná, kultúrne domy a amfiteátre. Po ich rekonštrukcii predstavujú vysoký pamiatkový, ale aj utilitárny potenciál. V objektoch a príľahlých priestoroch je potenciál širokého uplatnenia vegetačných prvkov a zásad krajinno-architektonickej tvorby.

4) Objekty a centrá rýchlych investícií a kapitálového pohybu – sú novodobé, postsocialistické objekty spojené s globalizáciou ekonomiky, výroby a obchodu. Na území Slovenska sa prejavili ako objekty nových investícií, väčšina z nich s krátkou dobou zmluvného pôsobenia. Tieto po presťahovaní do regiónov Európy s lacnou pracovnou silou, tvoria potenciálny i reálny vznik „brownfieldov rýchleho pohybu kapitálu“. Mnohé objekty zostali rozostavané, neukončené a neboli ani cielene využívané. Tvoria skeletové betónové monštrá s nedohľadnou dobou riešenia, podobne ako opustené novodobé priemyselné parky a veľkokapacitné logistické (rozumej skladové) haly. Zaberajú obrovské plochy a budú si vyžadovať vysoké náklady na rekultiváciu, pôvodne vysoko bonitných pôd, teraz veľkoplošne degradovaných a zabetónovaných.

Druhý prístup prieskumu, evidencie, posudzovania a monitoringu objektov a plôch brownfields je obsiahnutý v programe environmentálnych záťaží na Slovensku (Štátny program sanácie environmentálnych záťaží 2016-2021, MŽP-SR, 2015). Podľa neho sa lokality triedia nasledovne:

a) Pravdepodobná environmentálna záťaž – 900 lokalít

b) Registrované a potvrdené environmentálne záťaže – 279 lokalít

c) Registrované, sanované a rekultivované lokality – 784 lokalít

Všetky lokality predstavujú skládky rôzneho typu a s rôznym stupňom environmentálnej záťaže, ale nezahŕňajú nadzemné objekty, stavby a plochy po rôznych typoch ekonomickej činnosti, chápané v zmysle definície brownfields. Obidva typy klasifikácie a evidencie sa vzájomne dopĺňajú a predstavujú komplexnú formu evidencie, monitoringu a riešenia environmentálnych stôp a opustených objektov ekonomickej činnosti krajiny.

Z dôvodu bližšej informovanosti uvádzame prehľad skupiny registrovaných a potvrdených 279 lokalít (skupina b.) podľa typu aktivít:

- skladovanie tovarov – 11% lokalít
  - priemyselná výroba – 27%
  - poľnohospodárska výroba – 1%
  - stavebná výroba – 1%
  - ťažba nerastných surovín – 5%
  - doprava – 12%
  - vojenské základne – 7%
  - zariadenia a plochy a spojené s nakladaním s odpadmi – 36%
- (TKO – 56%, priemysel - 26%, tuhé a plastové látky – 5%, odkaliská – 13%)

### **Zásady a prístupy k revitalizácii a rekultivácii brownfieldov a lokalít environmentálnej stopy**

Pri riešení postihnutých území a opustených objektov je nutné zadefinovať rozhodujúce prístupy, postupy a v detailnom návrhu metodické kroky pre dosiahnutie cieľov.

Identifikácia, rekognoskácia a popis záujmovej lokality – pre danú lokalitu je rozhodujúce získať informácie o histórii vzniku objektu, technológie jeho využívania, identifikovať priestorovú alokáciu a funkčné využívanie objektov, plôch a vzniknutých novotvarov (neopedónov), ako prvkov antropogénneho reliéfu. V objektovej analýze významná je architektonicko-historická, technická a technologická analýza z hľadiska hodnoty objektov, stupeň ich narušenia a reálny predpoklad rekonštrukcie do pôvodnej, alebo náhradnej formy využívania, vrátane muzeálno-expozičného využívania in situ, alebo ex situ.

Pri neopedónoch (výsypky, haldy, odkaliská) zdefinovať existujúci vegetačný pokryv (sukcesný, alebo riadený), geochemickú skladbu substrátov a uložených hmôt, klimatický a hydrologický režim, reálne i potenciálne riziko kontaminácie a znečisťovania pôdy, vody a ovzdušia. Pri prepadoch, závaloch a trhlinách vzniknutých najmä podzemnou banskou činnosťou, identifikovať mieru narušenia reliéfu, hydrologický režim a potenciál následných svahových pohybov a deštrukcií.

Objekty ťažby stavebných hmôt (kameňolomy, štrkoviská a pieskoviská), spravidla nenesú znaky potenciálnej kontaminácie zložiek prírody. Rozhodujúce sú terénne úpravy a stabilizácia stien a svahov, vyriešenie hydrologického systému a voľba racionálnej rekultivácie vzhľadom na priestorové možnosti, ekonomické predpoklady, krajinnno-architektonické (aj ekologické) hodnoty budúceho využívania, ako aj predpokladaný a racionálny spoločenský prínos.

### **Formy revitalizácie a rekultivácie brownfieldov**

#### **a) Objektové brownfields**

1) Rekonštrukčný prístup – návrat do pôvodného a modifikovaného využívania – môžu to byť priemyselné, alebo poľnohospodárske parky, areály a objekty, staršie i novšie, opustené z rôznych dôvodov. Návrat do pôvodného využívania nesie znaky obnovy exteriéru budov so zachovaním prvkov originálnej architektúry. Technické a technologické prvky v interiéri budov sú nahradené inovačnými prvkami spĺňajúcimi kritériá bezodpadových technológií, resp. minimálnych environmentálnych dopadov. Funkčné plochy územia podniku je treba rozhodne upraviť na kultúrnej a estetickej úrovni s použitím parkovo-architektonických úprav vegetačných prvkov.

2) Konzervačný prístup - pôvodné formy využívania sa neobnovujú. Zachovalé a hodnotné prvky sa rekonštruujú, objekty a priestory sa upravujú do muzeálno-expozičnej formy s doplnením príslušných účelových služieb. Exteriér je nutné upraviť ako priemyselno-rekreačný park pri uplatnení vegetačných prvkov parkovo-architektonickej tvorby. Rozsiahlejšie areály je možné doplniť o cyklotrasy, náučné chodníky, priestory poznávania a krátkodobej rekreácie.

3) Inovácia a konverzia – objekty a areály nadobudnú novú náplň a poslanie. Môže mať výrobný charakter s novými, alebo čiastočne novými budovami, novými výrobnými technológiami. Druhá forma využitia môže byť zameraná na premenu a tvorbu priestorov s kultúrnym, spoločenským, športovým a vzdelávacím poslaním. Logickou súčasťou riešenia priestoru sú parkové úpravy, strešné záhrady, expozície tzv. záhradného centra s uplatnením aj prvkov zachytávania a zadržiavania dažďovej vody a jej rozvod na utilitárne plochy.

4) Asanácia a nové formy investícií a využívania – objekty a plochy sú totálne demolované a asanované, územie je obsadené novými investičnými celkami, v súlade s územným rozvojom sídla, resp. dotknutého areálu. Nové objekty a celky môžu mať obytný, servisný, výrobný,

kultúrny, obchodný, športový, rekreačný, alebo multifunkčný charakter. Areál je pojatý progresívne, kultúrne a esteticky. V takýchto priestoroch a objektoch je vysoký potenciál uplatnenia vegetačných prvkov v duchu moderného parkovo-architektonického dizajnu a to na rastlom teréne, terasách, strechách i vertikálnych konštrukciách.

b) Plošné prvky a územia skládok, hald, odkalísk a neopodómov ako súčasť lokalít environmentálnej záťaže.

Takéto plochy a súvisiace zariadenia sú predmetom buď asanácie, rekultivácie, alebo účelového zastavania.

1) Asanácia – je najčastejšia forma pri rizikových hmotách a potenciálom priebežnej kontaminácie vody, pôdy a ovzdušia. Vzhľadom na finančnú náročnosť tohto postupu, uplatňuje sa najmä na malých plochách a v malých objemoch predmetných hmôt a substrátov. Asanácia môže byť vhodne kombinovaná s deaktiváciou a kazetovým zablokovaním ploch (objektu) proti úniku kontaminantov do zložiek prostredia. Pokiaľ sa anuluje, alebo obmedzí riziko kontaminácie, asanované plochy je možné využiť diferencovane podľa ich veľkosti a umiestnenia v krajinnom a sídelnom priestore.

2) Rekultivácia – je ich možné uskutočniť po geochemických analýzach, zistení prítomnosti, resp. neprítomnosti toxických látok, terénnej stabilizácii dotknutej lokality a jej potenciálne negatívnych vplyvov na kontaktné územia. Z hľadiska prístupov je možné uskutočniť nasledovné typy rekultivácií:

- Poľnohospodárska – uskutočňuje sa za predpokladu nulového alebo minimálneho rizika kontaminácie budúcich pestovaných plodín. K hlavným metódam patrí navážka zdravej ornice, prihnojenie po predošlej analýze obsahu živín, manažment nevyhnutného zavlažovacieho systému, resp. odvodnenie proti nežiaducemu zabahnieniu. Výsledky analýz sú východiskom pre pestovanie potravinových, alebo, technických plodín či krmovín pre hospodárke zvieratá, alebo pre ich pastvu.

- Lesnícke – cieľom je zalesnenie dotknutých plôch cestou prípravných alebo priamo cieľových drevín. K prípravným technológiám patrí najmä celoplošné alebo lokálne (k stromom) prihnojovanie, dodanie organickej hmoty, sadba so zeminovým balom, resp. výmenou zeminy, rozpojenie povrchovej krusty (napr. haldy), úprava štruktúry zeminy, zavedenie zavlažovacieho systému po dobu zabezpečenia ujatosti a kontinuálneho rastu drevín. K významným patrí ochrana drevín najmä proti biotickým škodcom a ohryzu zverou.

- Biologicko-sukcesívna rekultivácia – obsahuje tri základné postupy a to:

- prirodzený sukcesný proces – je zdĺhavý, ale najlacnejší,

- riadená sukcesia – spočíva v prekryve plochy minimálne 15 cm vrstvou pôdy, výseve trávno-bylinných zmesí synantropného charakteru, alebo kosbou tzv. donorovej lúky z blízkeho okolia pred vysemenením tráv a nastlanie sena na dotknutú plochu. Ďalší spôsob môže byť hydroosevom, mačinkovaním, alebo kombinovanými postupmi, na hlbších pôdach aj s iniciačnými výsadbami krovín. Možné je aj aditívne zavlažovanie založených vegetačných prvkov prípade mierne a nevyhnutné prihnojenie.

- Vodná rekultivácia – môže spočívať vo vytvorení účelových jazier a nádrží (hlavne po ťažbe štrkov) so športovo-rekreačným alebo hospodárskym využívaním (rybolov, závlahy, energetika) a pod. Inou formou môže byť podpora tvorby močiarnych biotopov. -Alternatívna rekultivácia multifunkčného využívania – prichádza do úvahy po veľkoplošných exploatovaných plochách (napr. povrchová ťažba uhlia). Dominantný prístup tvoria terénne úpravy a stabilizácia plôch, vytvorenie nového systému tzv. antropogénneho povodia, resp. vodnej sústavy (líniovej aj plošnej), vytvorenie dopravnej infraštruktúry, kombinácia plôch s rôznymi typmi rekultivácií, budovanie nových sídelno-výrobných areálov, tvorba rekreačných centier a športových areálov (autodrom, hypodrom, športové letiská, štadióny a pod.).

Súčasťou takéhoto kombinovaného alternatívneho riešenia je aj projekt a realizácia komplexných a kriteriálne diferencovaných krajinno-architektonických úprav pri uplatnení rôznych kategórií vegetačných prvkov v súlade s funkčným (plánovaným) využívaním územia a jeho parciálnych plôch a objektov.

### **Diskusia**

Objekty a plochy, ktoré sú stopami a pozostatkami sociálnej a ekonomickej činnosti spoločnosti, majú diferencovanú štruktúru a potenciál environmentálnej záťaže a kontaminácie. Formy, metódy a postupy a ich revitalizácie určuje pôvod a charakter priestoru brownfields, jeho rozlohu a polohu v krajine resp. v sídelnom priestore. Na tieto skutočnosti poukazujú mnohí autori. NOVOTNÁ, KUČERA (2015) spracovali postupy regenerácie krajiny narušenej ťažbou surovín na území Českej republiky s prehľadom metód používaných aj v zahraničí (SHEARER, 2005). Podrobný popis rekultivácie Severočeských hnedouhoľných revírov po povrchovej ťažbe uhlia spracovala VRÁBLIKOVÁ a kol. (2009), pre územie Hornej Nitry tiež MICKOVÁ (2011). Obnova krajiny ovplyvnenou ťažbou a spracovaním magnezitu v území Jelšava – Lubeník bola predmetom špeciálnej projektovej štúdie (SUPUKA, BUBLINEC a kol., 1994). Každý typ brownfieldu si vyžaduje špecifický prístup k regenerácii, alebo premeny (PETRÍKOVÁ, 2011). Veľmi atraktívna, aj keď náročná, ale z hľadiska zachovania kultúrneho dedičstva je pamiatková obnova (VODRÁŽKA, 2010), v poslednom období tiež premena brownfieldov na verejné parky s uplatnením horizontálnych, terasových, strešných aj vertikálnych formácií kultúrnej i poloprírodnej vegetácie s veľmi dômyselnou kompozíciou a priestorovou organizáciou. Takéto

priestory potom nadobúdajú, prezentačný, kultúrny, ozdravovací, estetický, ale aj biologicko-ekologický význam a služby – services (SUPUKA, FERIANCOVÁ a kol. 2008).

Práve formy a prístupy uplatnenia zásad krajinnej a parkovej tvorby sú ťažiskovým predmetom potenciálnych riešení, prezentovaných v tomto príspevku.

### Súhrn

Brownfields predstavujú plochy a objekty, ktoré sú pozostatkami sociálno-ekonomickej činnosti z minulých období a v súčasnosti predstavujú reálny, alebo potenciálne rizikový vplyv na životné prostredie a človeka. Príspevok popisuje problematiku v širších ekonomických dimenziách ako alternatívne premeny technológií, ktoré vyvolávajú alternatívne zmeny v krajine a v urbanizovanom prostredí. Predstavuje kategorizáciu brownfields z hľadiska sídelných a výrobných činností, ako aj z hľadiska schémy environmentálnych záťaží. Na Slovensku je identifikovaných a registrovaných spolu 682 brownfields a 279 lokalít v kategórii registrovaných a potvrdených environmentálnych záťaží. Príspevok popisuje zásady a prístupy k revitalizácii a rekultivácii brownfieldov a lokalít environmentálnej stopy. Osobitná pozornosť je venovaná rekultivácii s klasifikáciou na: poľnohospodárske, lesnícke, biologicko-sukcesívne, vodné, špecifické s multifunkčným využívaním. Príspevok predstavuje formy a kategórie uplatnenia vegetačných prvkov v rekultivačnom a revitalizačnom procese pri uplatnení zásad krajinno-architektonickej tvorby.

**Kľúčové slová:** brownfields, kategorizácia, rekultivácia, revitalizácia, nové funkcie

### PodĎakovanie

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia projektu KEGA č. 003SPU-4/2014, Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu, Slovenská Republika .

### Literatúra

BALOGA, M., 2011. Hnedé parky pod Tatrami. In: Urbanita, 23 (3): 34-37, 2011.

BROWNFIELDS DEFINITION, 2015. Brownfield Overview and Definition/US EPA. <https://www.epa.gov/brownfield-overview-and-definition>.

FERBER, U. (ed.), 2006. Brownfields-Príručka. Leonardo da Vinci Education and Culture Project CZ/04/B/F/PP-168014. Ostrava: Vysoká škola banská, 2006, 92 s.

FINKA, M., JAMEČNÝ, Ľ., 2012. Brownfieldy ako problém v rozvoji sídelnej a krajinnej štruktúry. In: Dobrucká, A. (ed.): Revitalizácia brownfieldov a verejných priestranstiev prostredníctvom krajinárskych výstav. Bratislava: ZVUP pri SAS, 2012, s. 1-10. ISBN 978-80-88757-71-9.

GAŽOVÁ, D., SUPUKA, J., 2008. Kontaktné zóny medzi sídlom a krajinou. In: Supuka, J., Feriancová, Ľ. a kol.: Vegetačné štruktúry v sídlach, Parky a záhrady. Nitra: SPU, 504 s., 2008, s. 143-166.

HALMANOVÁ, A., 2011. Brownfieldy vo vidieckej krajine. In: Urbanita, 23 (3): 20-23, 2011.

HAYES, B., 2006. Infrastructure: A Field Guide to the Industrial Landscape. London: W.W.Norton & Co., 2006, 541 p.

HEAD, L., 2000. Cultural Landscape and Environmental Changes. London, New York: Arnold, Oxford University Press, 2000, 179 p.

HREBÍKOVÁ, D., 2011. Brownfields greenery utilization in military areas in Slovakia. In: Supuka, J., Biľušová, M. (eds.): Revitalisation of green urban open spaces with consideration to changing environment. Nitra: SPU, 2011, p. 178-193.

HREŠKO, J., PETLUŠ, P. (eds.), 2015. Atlas archetypov krajiny Slovenska. Nitra: UKF, 2015, 114 s. ISBN 978-80-558-0931-1.

KIRK, J., 2003. Mapping the Remains of the Postindustrial Landscape. In: Space and Culture, 6 (2): 178-186, 2003.

KLINDA, J., 2000. Svetové kultúrne a prírodné dedičstvo. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR, 2000, 460 s. ISBN 80-888-33-23-X.

LICHNER, M. a kol., 1997. Banskštiavnické tajchy. Liptovský Mikuláš: TELEM s r.o., 1997, 110 s. ISBN 80-967757-0-7.

MICKOVÁ, Ž., 2011. Obnova ťažbou narušenej krajiny na príklade vybraných lokalít v Lužici (Nemecko) a na Hornej Nitre (Slovensko). In: Britnický a kol.(eds.): Degradace a regenerace krajiny. Brno: Mendelova Univerzita, 2011, s. 216-225. ISBN 978-80-7375-583-6.

NOVOTNÁ, Ž., KUČERA, P., 2015. Metodika regenerace krajiny narušené ťažbou surovin. Výstup projektu NAKI-DF11P01QVV019. Lednice: ZF Mendelu, 2015, 82 s.

OBUCHOVÁ, V., 2009. Priemyselná Bratislava. Bratislava: Marenčin PT, s.r.o, 2009, 312 s. ISBN 978-80-89218-99-8.

PETRÍKOVÁ, D., 2011. Klasifikácia a hodnotenie možností regenerácie brownfieldov. In: Urbanita, 23 (3): 10-13, 2011.

PINČÍKOVÁ, Ľ., 2010. World Heritage in Slovakia. Bratislava: Monuments Board of the Slovak Republic, 2010, 45 p.

SHEARER, A., 2005. Approaching scenario based studies: free perceptions about the future and considerations for landscape planning. In: Environment and Planning, Planning and Design, 32 (1): 67-87, 2005.

SMIDA, J., 2002. Vývoj obchodných centier a priemyselných parkov v predmestských zónach. In: Životné prostredie, 36 (4): 178-184, 2002.

SUPUKA, J., BUBLINEC, E. a kol., 1994. Rámcové projekty ozdravných opatrení vo vytypovaných oblastiach. Oblasť Jelšava, Lubeník, Hačava. Projekt MP SR, Bratislava, 1994, 65 s.

SUPUKA, J., ŠTĚPÁNKOVÁ, R., 2006. Krajinnoarchitektonické úpravy a vegetačné prvky priemyselných areálov. In: Životné prostredie, 40 (4): 180-186, 2006.

SUPUKA, J., 1985. Tvorba a údržba priemyselnej zelene. Bratislava: Ministerstvo priemyslu SSR, 1985, 100s.

SUPUKA, J., 2004. Alternatívy využívania krajiny a jej kontinuálne premeny. In: Životné prostredie, 38 (2): 72-76, 2004.

SUPUKA, J., FERIANCOVÁ, L. a kol., 2008. Vegetačné štruktúry v sídlach; Parky a záhrady. Nitra – SPU, 2008, 504 s.

VODRÁŽKA, P., 2010. Priemyselné dedičstvo a rozvoj miest. In: Eurostav, 16 (12): 12-15, 2010.

VRÁBLIKOVÁ, J., ŠOCH, M., VRÁBLIK, P., 2009. Rekultivovaná krajina a její možné využití. Ústí nad Labem: Univerzita J.E.Purkyně, 2009, 70 s.

ZAMORA, P., 2003. Dejiny baníctva na Slovensku (1.diel). Košice: Banská agentúra, 2003, 150 s.

**Kontaktná adresa:** prof. Ing. Ján Supuka, DrSc., Ing. Peter Uhrin, atedra záhradnej a krajinnej architektúry FZKI, SPU Nitra, Tulipánová 7, 949 01 Nitra, Slovensko, E-mail: Jan.Supuka@uniag.sk, petuhrin@hotmail.com

## **ANALÝZA KATASTRÁLNÍHO ÚZEMÍ HUSTOPEČE U BRNA VČETNĚ NÁVRHU OPATŘENÍ K OCHRANĚ PŮDY**

### **ANALYSIS OF CADASTRAL AREA HUSTOPEČE INCLUDING THE PROPOSAL OF MEASURES TO PROTECT SOIL**

Jan SZTURC<sup>1</sup>, Petr KARÁSEK<sup>1,2</sup>, Jana PODHRÁZSKÁ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Mendelova univerzita v Brně, <sup>2</sup>Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd Brno

#### **Abstract**

The article deals with the identification of risk areas in selected cadastral area in terms of soil conservation. Based on these defined risks and their threat level, it is possible to design an efficient system of measures to protect soil and landscape. Gradually are defined and described the various risk factors that can in some way considerably influence the landscape. Subsequently, the multi-criteria assessment is done, which makes it possible to clearly identify the risk of agricultural units in the area of interest. The result is a summary map showing the most vulnerable region of the solved area. In conclusion, the article shows the completed draft of the measures affecting the landscaping of the area.

**Keywords:** soil, erosion, anti-erosion measures, land consolidation, Hustopece

#### **Úvod**

Krajina je otevřený systém utvářený vzájemným působením přírodních procesů a lidské činnosti (Antrop, 1998), které se v čase a prostoru mění. Od vzniku a vývoje lidské společnosti ovlivňuje člověk vzhled krajiny i intenzitu a průběh přírodních procesů. Dochází tak k neustálým krajinným změnám různé intenzity a rozsahu. Intenzita těchto změn závisí zejména na poloze, atraktivitě území a stupni vyspělosti nebo rozvoje společnosti. Jedním z nejviditelnějších projevů jsou změny ve využití půdy, které odrážejí změny vztahu přírodní a socioekonomické sféry v konkrétním území (Jeleček a kol., 1999). Nejrozsáhlejší a největší změny krajiny započala průmyslová revoluce v polovině 18. století. Dále se tyto změny nejvíce stupňovaly ve druhé polovině 20. století.

Degradační procesy, nastartované v době kolektivizace rozsáhlým scelováním pozemků, velkoplošným odvodňováním, koncentrací a intenzifikací zemědělské výroby, se ještě prohloubily pozměně politického režimu v 90. letech minulého století. Specializace rostlinné výroby, pěstování energetických plodin, úsporná agrotechnika vedly k zužování osevních postupů, absenci organické hmoty v půdě, zhutňování orniční vrstvy. Tyto procesy mají za následek snížení retenční schopnosti krajiny, urychlení odtoku z povodí, akceleraci eroze.

Náprava způsobených škod je dlouhotrvajícím procesem, v případě ztráty půdy často procesem nenávratným. K objektivnímu a efektivnímu stanovení opatření vedoucích k ochraně kvality vodních útvarů, k ochraně před erozí a k podpoře ekostabilizujících procesů je potřeba mít ucelené informace o příčinách vzniku degradačních procesů, mít možnost je lokalizovat na jakékoli úrovni a stanovit priority při uplatňování opatření.

### **Materiál a metody**

#### **Rizikové plochy z hlediska vodní eroze**

Eroze půdy je v podmínkách České republiky významným degradačním procesem ohrožujícím v současné době více než polovinu výměry orné půdy. Erozně je ohroženo a každoročně devastováno erozí více jak 50 % orné půdy, což je cca 1 500 000 ha, aktuálně vodní erozí je postiženo 40 % orných půd. Často jsou v kultuře orná půda mělké půdy, které jsou zcela smyté, nebo u kterých lze naměřit posun o jeden stupeň hloubky půdy (z 60 cm na 30 cm i méně). U některých půd dochází vlivem eroze až ke změně půdního typu. Na území ČR je 43,3 % orných půd na svazích ve sklonech 3-7°, 8,0 % na svazích 7-12° a 0,7 % dokonce na svazích nad 12° (Dumbrovský, 2009). Nejen vysoké procento zornění, ale zejména velikost půdních bloků na svažitých územích umožňují tak rozsáhlou devastaci půdního fondu. V roce 1955 byla průměrná velikost pozemku 10 ha, dnes jsou to 50 a 100 i více hektarové bloky. Nepříznivé důsledky degradace půdního profilu vlivem eroze se projevují negativně zejména ve vztahu ke komplexu půdních vlastností. Zhoršují se fyzikální a chemické vlastnosti půd, biologická degradace má za následek zmenšení obsahu organické hmoty v půdě a kvantitativní i kvalitativní úbytek půdních mikroorganismů (Podhrázská, Karásek, 2014).

#### **Rizikové plochy z hlediska větrné eroze**

Větrná (eolická) eroze je definována jako rozrušování půdního povrchu mechanickou silou větru (abraze), odnášení půdních částic větrem (deflace) a jejich ukládáním na jiném místě (akumulace), tyto tři fáze na sebe úzce navazují. K prvním dvěma fázím dochází působením turbulentního proudu přízemního větru s energií, jež je schopna překonat gravitační síly půdních částic. Třetí fáze nastává při poklesu energie větru pod uvedenou mez (Pasák, 1984). V Čechách je eolizací půdy postihováno nebo je k ní náchylné 26 % a na Moravě 45 % výměry zemědělské půdy. Z toho je patrné, že především jižní Morava patří k územím silně ohrožovaným větrem (Švehlík, 1996).

Přírodní faktory prostředí vyvolávající větrnou erozi vyjadřují ohroženost půdy větrem označovanou termínem erodovatelnost. Erodovatelnost neboli náchylnost půd k větrné erozi lze stanovit buď jako potenciální, tzn. předpokládanou, průměrnou, taková, která je pro danou lokalitu s určitými danými podmínkami typická (charakteristická), nebo jako skutečnou (aktuální), kterou lze přímo pozorovat a měřit v terénu. Vzhledem k tomu, že je komplexní působení všech faktorů, ovlivňujících větrnou erozi, je poměrně složité, zaměřila se řada autorů na hodnocení dílčích činitelů. Byly vypracovány různé metody hodnocení erozních procesů (Holý, 1994).

Aktuální stav proměnlivých faktorů určujících okamžitou erodovatelnost (rychlost větru, vlhkost půdy, drsnost povrchu), je významný pro účely retrospektivních zjištění, například pro odhad ztráty půdy při konkrétní erozní události. Stanovení erozní ohroženosti území větrnou erozi pro návrhové a projekční práce k ochraně půdy, vody a krajiny, musí být založeno na metodách jednak umožňující plošné, nikoliv bodové stanovení ohroženosti území, jednak poskytujících návod na prostorové a funkční uspořádání opatření proti větrné erozi (Podhrázká, Karásek, 2014).

### **Rizikové plochy z hlediska způsobu využívání**

Z pohledu ochrany půdy a vody hraje zásadní roli způsob využívání zemědělských pozemků a jejich plošná rozloha. Negativně se do vztahových procesů půda-voda-rostlina promítají zejména plochy zorněné, které jsou z hlediska zemědělského využívání nejvíce exploatovány. Kromě přísunu chemikálií do půdy a agrotechnických zásahů se nepříznivě promítá i nízká diverzita a krátkodobost (sezonnost) vegetačního pokryvu, protože v mimovegetační době je orná půda náchylnější k degradačním procesům. Tyto faktory zcela zásadním způsobem ovlivňují všechny další rizikové procesy půda-voda. Z hlediska ochrany zemědělské půdy a kvality vody lze jako nejúčinnější považovat trvale zatravnění. Vyhodnocení způsobu využití území (LU/LC) lze provést pomocí databáze LPIS a ortofotosnímků. Dle způsobu využití lze produkční bloky klasifikovat do 3 kategorií (orná půda; speciální kultury jako vinice, sady, chmelnice; trvalé travní porosty). Nejvyšší riziko představují produkční bloky s kulturou orná půda, nejnižší riziko naopak s kulturou trvalé travní porosty (Podhrázká, Karásek, 2014).

### **Rizikové plochy z hlediska velikosti pozemků**

Z historických map, dobových fotografií a leteckých snímků je patrné, že do 50. let 20. století u nás charakterizovala venkovskou krajinu drobnozrná mozaika plošek polí, luk, pastvin doplněná menšími ostrovy lesů a vesnickými sídly v okolí komunikací a vodních toků. S nástupem moderních agrárních technologií se staly mnohé biotopy tvořící přirozené hranice původních vlastnických pozemků překážkou a byly odstraňovány. Průměrná velikost pozemků se tak zvýšila z 0,23 ha v roce 1948 na cca 20 ha v současnosti. Venkovská krajina ČR tak byla unifikována. Tato unifikace má environmentálně nepříznivý dopad. Cestou ke zmírnění negativních efektů velkoplošného hospodaření je optimalizace velikosti a tvaru zemědělských půdních bloků.

Stanovit nějakou nejvhodnější obecnou velikost pozemku není možné, protože ta je vždy výsledkem zohlednění všech vlivů místních podmínek. Obecně však platí, že snižování velikostí půdních bloků se posiluje návrat rozptýlené zeleně do krajiny, omezuje se masivní rozvoj erozních procesů, je jimi podporována diverzifikace druhů pěstovaných plodin. Zemědělsky využívané pozemky lze klasifikovat dle plošné rozlohy do 5 tříd dle velikosti souvislého produkčního bloku - velmi malá (do 5 ha), malá (5 - 20 ha), střední (20 -40 ha), velká (40 - 60 ha) a extrémní (nad 60 ha). Váhy jednotlivých tříd jsou stanoveny podle impaktu plošné rozlohy pozemků na rizika degradace půdy a kvalitu vody od 1 do 5 (Podhrázká, Karásek, 2014).

### Charakteristika řešené lokality

Hustopeče se nacházejí na jihovýchodní Moravě 28 km jihovýchodně od Brna a 25 km severozápadně od Břeclavi. Město leží na severním okraji panonské biogeografické provincie (Culek, 1996) a západním okraji rozsáhlého karpatského oblouku (Buček, 2010). Administrativně leží v Jihomoravském kraji v okrese Břeclav.

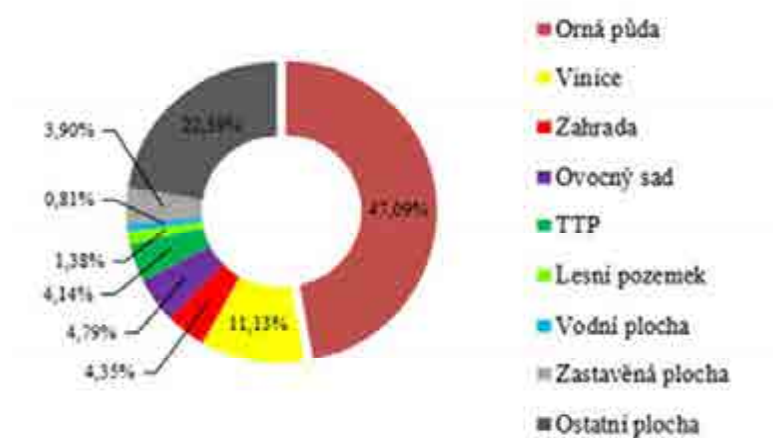
Katastr Hustopečí tvoří poměrně členitý a prostorově kontrastní reliéf. Jsou zde vytvořeny jak výrazné ploché sníženiny, tak mírně zvlněné pahorkatiny i výše položené hřbety reliéfu vrchovin s příkře skloněnými svahy, členěnými řadou suchých údolí. Kontrast reliéfu je zapříčiněn polohou hustopečského katastru, kde se skýtají dvě výrazně morfologicky i vývojově odlišné geomorfologické provincie. Jižní část katastru tvoří poklesový nížinný reliéf provincie Západopanonské pánve, zbývající část provincie Západní Karpaty s reliéfem na flyšových horninách vnějšího flyšového příkrovu – tektonické jednotce ždánické (Kirchner, 2010).

Tabulka 1 úhrnné hodnoty druhu pozemků

| Využití území Hustopeče | ha    | %     |
|-------------------------|-------|-------|
| Orná půda               | 1 159 | 47,09 |
| Zahrady                 | 107   | 4,35  |
| Vinice                  | 274   | 11,13 |
| Ovocné sady             | 118   | 4,79  |
| TTP                     | 102   | 4,14  |
| Lesní pozemky           | 34    | 1,38  |
| Vodní plochy            | 20    | 0,81  |
| Zastavěné plochy        | 96    | 3,90  |
| Ostatní plochy          | 551   | 22,39 |
| Celkem                  | 2 461 | 100   |

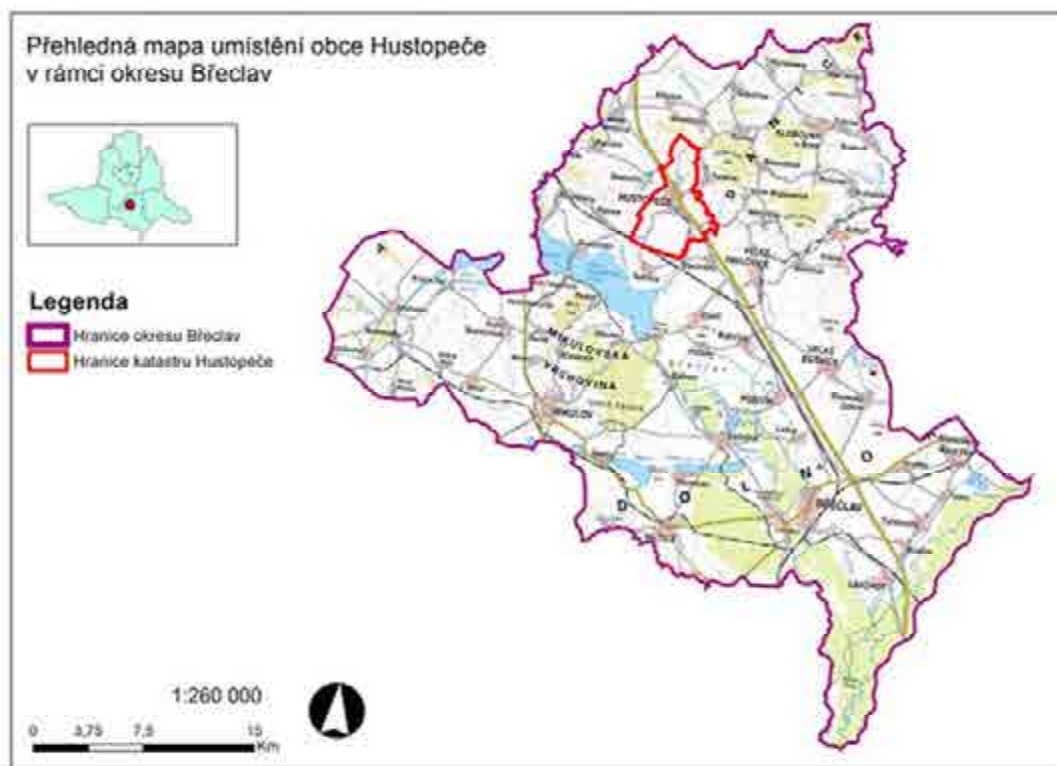
Table 1 the aggregate value of the kind of land

Graf 1 využití území Hustopeče (ČSÚ)



Graph 1 land use Hustopece (ČSÚ)

Výše uvedená tabulka potvrzuje nejvíce zastoupený druh pozemku ornou půdou, která dosahuje 47 % výměry k. ú. Tato skutečnost potvrzuje fakt, že jde o velmi intenzivně zemědělsky využívanou oblast. V menší míře jsou pak dále zastoupeny další druhy pozemků.



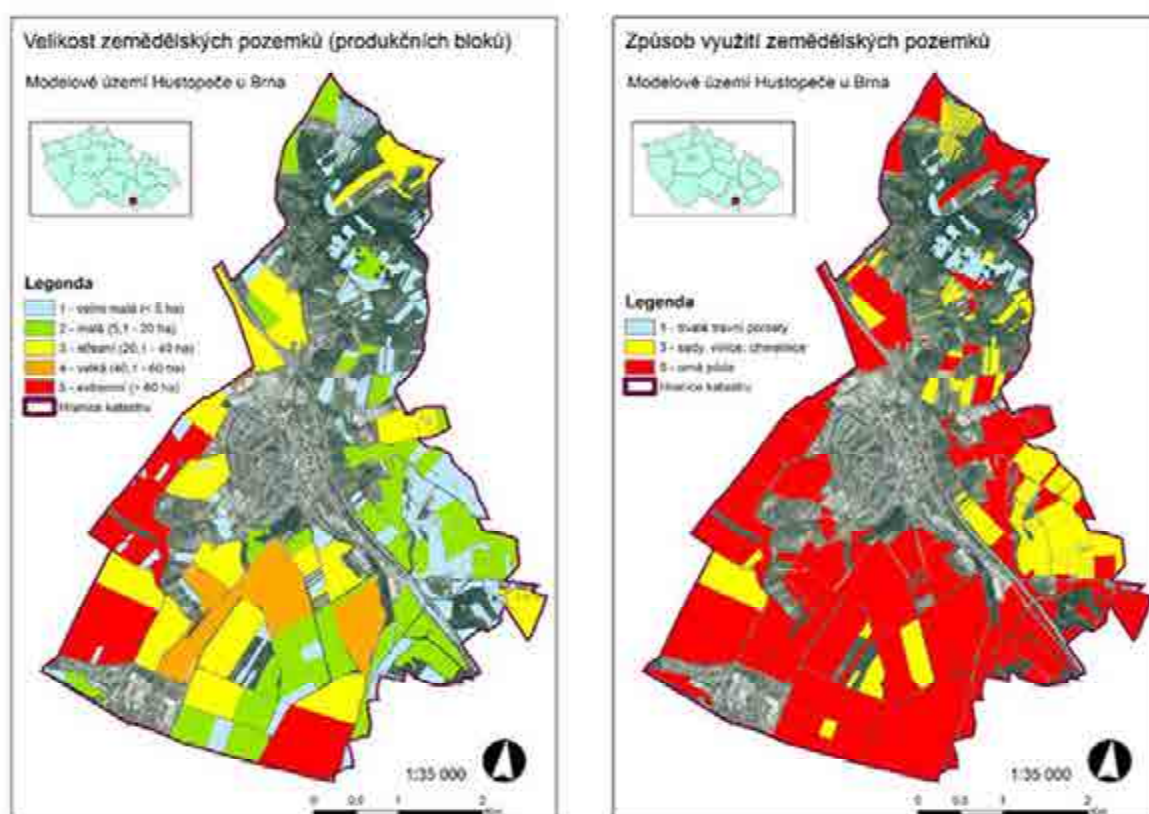
Obr. 1 poloha zájmové lokality

Fig. 1 location area

## Výsledky a diskusia

Pro analýzu zájmového území byly zpracovány 4 analytické datové vrstvy dle jednotlivých rizikových faktorů pomocí nástrojů GIS. Tyto vrstvy zprostředkovávají z pohledu ochrany půdy, vody a krajiny prostorovou informaci o potenciálním riziku daného parametru. Hodnocené parametry jsou klasifikovány v kategoriích 1 až 5, kdy hodnota 5 vyjadřuje nejvyšší riziko ohrožení půdy a vody.

Jako první byla zpracována mapa velikosti zemědělských pozemků, tedy produkčních bloků. Vstupními daty pro tuto analýzu byl ortofotosnímek a databáze LPIS, díky nimž je možné pozemky klasifikovat dle velikosti do 5 různých kategorií (obr. č. 2 vlevo). V další části byla zpracována mapa způsobu využití pozemků, kde jako vstupní data byla opět použita databáze LPIS a ortofotosnímek. V této části byly pozemky rozděleny do 3 základních kategorií dle způsobu využití jako orná půda s nejvyšším koeficientem, dále sady, vinice a chmelnice se středním koeficientem a trvalé travní porosty s nejnižším koeficientem (obr. č. 2 vpravo). Výsledkem obou takto provedených analýz jsou mapy, které mohou identifikovat potenciální nebezpečí z hlediska způsobu využití a velikosti zemědělských pozemků.



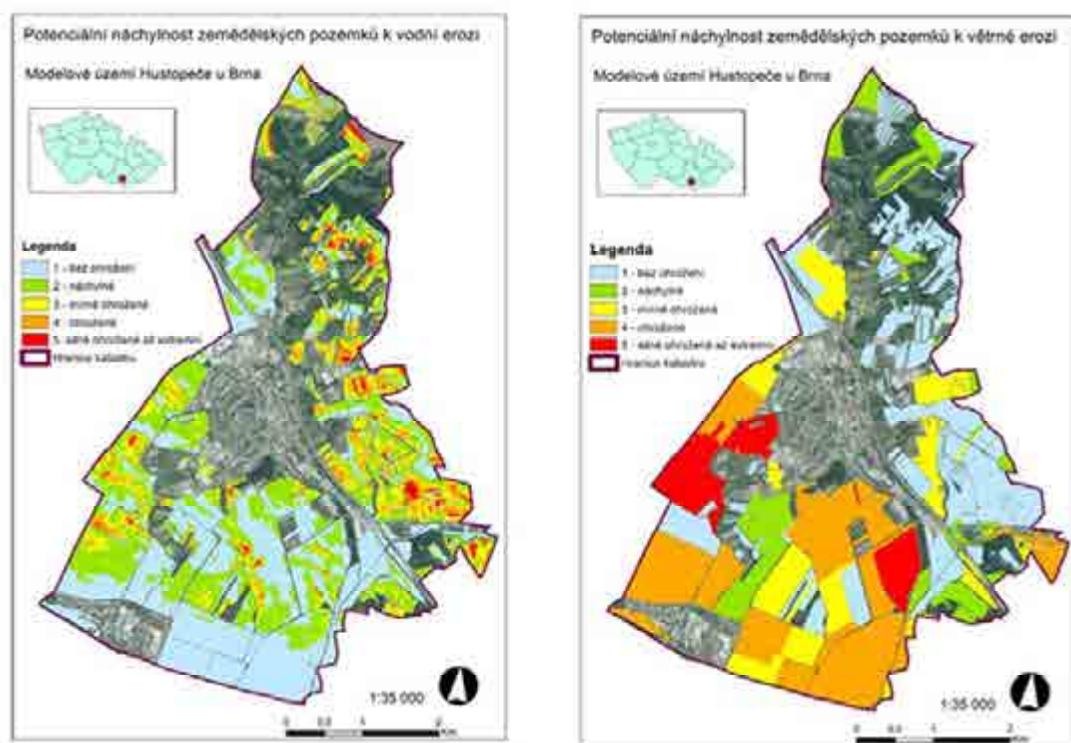
Obr. 2 mapa velikosti pozemků (vlevo) a mapa způsobu využití pozemků (vpravo)

Fig. 2 the map of land size (left) and the map of land use (right)

Mapa velikosti zemědělských pozemků (vlevo) zobrazuje katastrální území rozdělené dle produkčních bloků. Z mapy je patrné, že se zde vyskytuje nejvíce půdní bloků do velikosti 40 ha, rovněž se zde vyskytují i půdní bloky extrémních velikostí, které mohou být potenciálně náchylné k degradaci a mohou vyžadovat zvláštní ochranu.

Mapa způsobu využití pozemků zobrazuje v řešeném území výskyt jednotlivých druhů pozemků. Z této mapy je patrné, že je zde nejvíce zastoupená orná půda, což potvrzují data ČSÚ v tabulce 1 úhrnné hodnoty druhy pozemků. Také se potvrzuje skutečnost, že míra výskytu trvale travních porostů je minimální. Tento jev lze považovat za typický pro oblast jižní Moravy.

V další fázi byla zpracovávána analýza území z hlediska vodní a větrné eroze. Vodní eroze je pro účely vytvoření datových vrstev analyzována jako potenciální bez ohledu na způsob využití pozemků. Analýza potenciální ohroženosti vodní erozí je založena na využití faktoru rovnice USLE (Wischmeier, Smith, 1978). Pro stanovení byla využita kombinace faktoru K (erodovatelnost půdy) a faktoru LS (kombinace délky a sklonu svahu). Vstupními daty k provedení této analýzy je databáze BPEJ, databáze LPIS a digitální model terénu. Ve výsledné rastrové vrstvě je potenciální ohroženost půdy vodní erozí vyjádřena jako bez ohrožení, mírně ohrožené, ohrožené a silně až extrémně ohrožené.



Obr. 3 mapa potenciální náchylnosti pozemků k vodní erozi (vlevo) a mapa potenciální náchylnosti k větrné erozi (vpravo)

Fig. 3 the map of potential susceptibility of land to water erosion (left) and the map of potential vulnerability to wind erosion (right)

Analýza potenciálně náchylných půd k větrné erozi je založena na metodě publikované v metodice „Optimalizace funkcí větrolamu v zemědělské krajině“ (Podhrázká et al., 2008), která využívá hodnocení rizikovosti území na základě klimatických a pedologických charakteristik. Výsledná vrstva je tedy rozdělena do 5 kategorií klasifikovaných stejně jako vodní eroze.

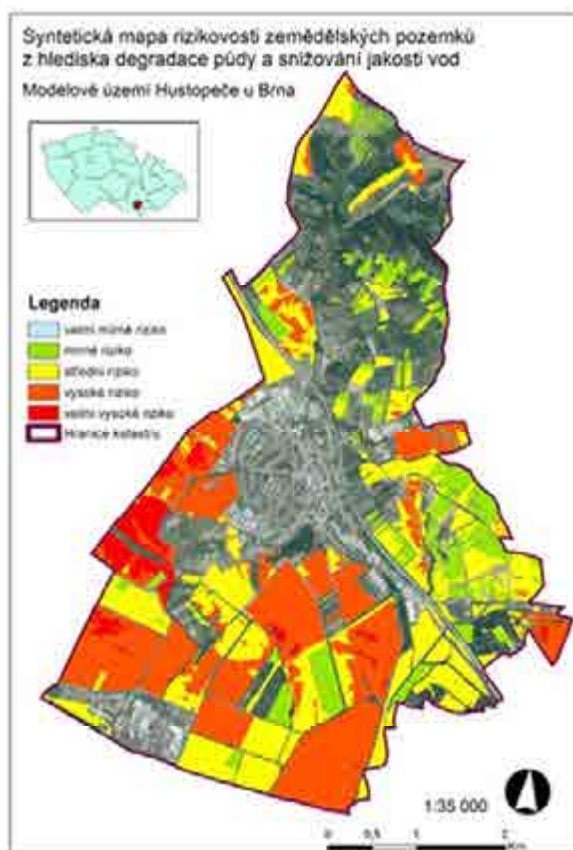
Mapa potenciální náchylnosti půdy k vodní erozi (vlevo) zobrazuje stupeň závažnosti potenciálně nebezpečných míst v obci Hustopeče. Červeně zobrazené oblasti určují nejrizikovější části území a naopak nejsvětlejší zobrazují území potenciálně bez ohrožení. Převážná část silně ohrožených zemědělských pozemků se nachází právě na svažitých pozemcích. Také lze konstatovat, že eroze může být do značné míry ovlivněna, jak způsobem využití pozemků, tak velikosti půdních bloků, což může následně vést k degradaci půdy.

Mapa zobrazující náchylnost pozemků k větrné erozi (vpravo) je rovněž klasifikována obdobně jako vodní eroze. Zásadní roli ve výskytu ohrožených pozemků hrají především velikost půdních bloků, rovinatost území a nepřítomnost protierozní prvků v krajině.

Následně byla provedena identifikace nejvíce rizikových zemědělských pozemků v katastrálním území Hustopeče a je provedeno multikriteriální hodnocení vstupních analytických vrstev a jejich následná syntéza. Mapové dílo, které takto vzniká je pojmenováno jako „Syntetická mapa rizikovosti zemědělských pozemků z hlediska degradace půdy a snižování jakosti vod“ a identifikuje nejrizikovější pozemky v řešené lokalitě. Tedy místa, kde je nutnost nápravných opatření v krajině nejvyšší. Rovněž i účinek případných opatření bude vyšší než v jiných místech.

Syntetickou mapu lze rozklíčit na jednotlivé datové vrstvy a podle míry rizika vybraných faktorů je možno soustředit se na nejvhodnější postup a způsob sanace těchto rizikových míst. Pro postup tvorby této syntetické mapy byly použity vrstvy velikosti pozemků, způsob využití pozemků a potenciální náchylnost pozemků k vodní a větrné erozi. Pro účely detailnější analýzy je možné použít libovolný počet vstupních vrstev (např. zranitelnost půdy z hlediska zrychlené infiltrace, přítomnost drenážních systémů, vzdálenost břehové hrany bloků zemědělské půdy od útvaru povrchových vod, hloubka půdy, dráha soustředěného odtoku a další).

Díky takto vytvořené syntetické mapě můžeme jednoznačně určit jednotlivé stupně ohrožení zemědělských pozemků v řešeném území. Z mapy je patrné, že největšímu riziku podléhají pozemky o velikosti nad 20 ha a zároveň pozemky, na nichž převažuje erozně ohrožená orná půda. Tato mapa by měla sloužit jako vstupní podklad identifikaci ohrožených půdních bloků/lokalit v zájmovém území, které jsou vhodné k realizaci ochranných opatření k ochraně půdy, vody, krajiny.



Obr. 4 syntetická mapa rizikovosti zemědělských pozemků v katastrálním území Hustopeče

Fig. 4 the synthetic map of riskiness of agricultural land in cadastral Hustopece

## Záver

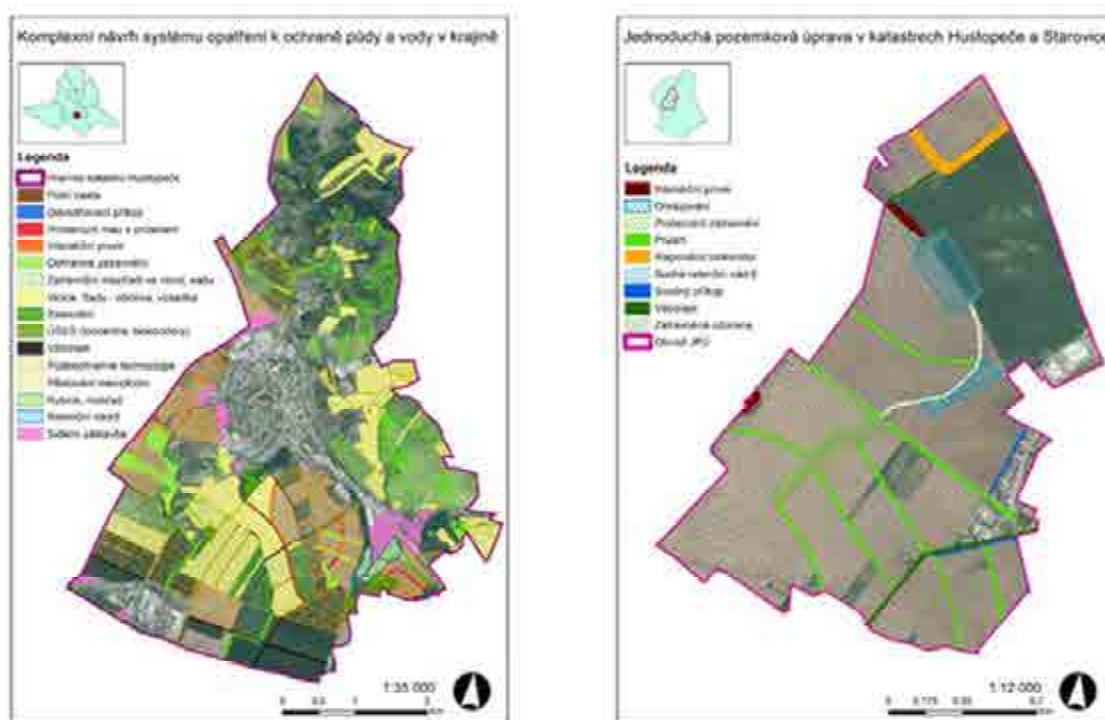
Prostřednictvím identifikace vybraných rizikových faktorů v zájmovém území Hustopeče u Brna byla multikriteriální metodou zpracována syntetická mapa rizikovosti zemědělských pozemků. Vstupní analytické mapy interpretují dílčí specifické faktory (míry ohrožení území) z hlediska konkrétního faktoru. Syntetická mapa tyto analytické mapy spojuje v jedno komplexní mapové dílo.

Z analýzy vyplynulo, že intenzivně zemědělsky využívané zájmové území je ohroženo vodní i větrnou erozí. Většina pozemků je využívána intenzivně – orná půda, případně jako speciální kultura – vinice, sady. Trvalé travní porosty se zde vyskytují pouze v malé míře. Po zpracování syntetické mapy lze konstatovat nepříliš pozitivní závěry. Převážně jižní část k. ú. Hustopeče podléhá vysokému až velmi vysokému riziku degradace půdy/vody. Krajina je zde velmi chudá na krajinné prvky a tento fakt se odráží v celkovém negativním hodnocení.

Na rozhraní k. ú. Hustopeče u Brna a sousedního k. ú. Starovice byla v minulosti zpracována jednoduchá pozemková úprava. Pozemková úprava byla provedena v roce 2003 a jejím hlavním důvodem byla ochrana zastavěné části obce před povodní. Hlavním prvkem této realizace je suchý poldr, jehož hlavním úkolem je ochrana zastavěného území při extrémních situacích. Další důležitou část tvoří zatravněná údolnice a realizované průlehy, které mají za úkol zpomalit povrchový odtok a zachytit splaveniny.

Pro celé zájmové území byl v roce 2014 zpracován Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy komplexní návrh ochranných opatření. Ten v sobě zahrnuje prvky navržené v jednoduché pozemkové úpravě, prvky navržené územním plánem, ale i další nově navržená opatření, která společně tvoří ekostabilizační kostru ochranných opatření. V následujících mapách jsou zobrazeny realizované a navrhované opatření k ochraně území. Mapa č. 5 (vpravo) zobrazuje komplexní návrh systému opatření k ochraně půdy a vody v krajině. Jedná se o sumarizaci všech opatření, které byly navrženy územním plánem, výzkumným ústavem meliorací a ochrany půd a pozemkovou úpravou. Na nejrizikovějších místech je navrženo ochranné zatravnění či půdoochranné technologie doplněné protierozní mezí s průlehem.

Na obrázku vpravo je zobrazen návrh jednoduché pozemkové úpravy, jejíž obvod se nachází na hranici katastrálních území Hustopeče a Starovice.



Obr. 5 mapa komplexního návrhu systému opatření (vlevo) a mapa návrhu jednoduché pozemkové úpravy (vpravo)

Fig. 5 the map of complex system of design measures (left) and the map of simple land consolidations (right)

## Literatúra

ANTROP, M. (1998): Landscape change: Plan or chaos?, Landscape and Urban planning, Volume 41, Issues 3-4, Pages 155-161.

BUČEK, A. (2010): Geografická poloha. In: Jan, L., Nezhodová, S. a kol. Hustopeče: Město uprostřed jihomoravských vinic (s. 31-44). Město Hustopeče.

CULEK, M. (1996): Biogeografické členění České republiky. Praha: ENIGMA.

DUMBROVSKÝ, M. a kol. (2009): Hodnocení negativního vlivu degradačních faktorů na půdu a návrh možností jeho omezení – vytvoření podkladů pro plnění požadavků daných návrhem směrnice na ochranu půdy EU. Výstup řešení projektu VAV SP2e3. Brno.

HOLÝ, M. (1994): Eroze a životní prostředí. České vysoké učení technické, Praha. ISBN 80-01-01078-3. s. 383.

JELEČEK, L., BURDA, T., CHROMÝ, P. (1999): Historická geografie, 30, HiÚ AV ČR, Praha, s. 261-270.

KIRCHER, K. (2010): Základní rysy reliéfu a geologického podloží. In: Jan, L., Nezhodová, S. a kol. Hustopeče: Město uprostřed jihomoravských vinic (s. 19-27). Město Hustopeče.

PASÁK, V. (1984): Ochrana půdy před erozí. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, s. 160.

PODHRÁZSKÁ, J., KARÁSEK, P. (2014): Systém analýzy území a návrhu opatření k ochraně půdy a vody v krajině. VÚMOP, v. v. i., Brno.

PODHRÁZSKÁ, J. et. al. (2008): Optimalizace funkcí větrolamu v zemědělské krajině. Certifikovaná metodika, VÚMOP, v. v. i.

ŠVEHLÍK, R. (1996): Větrná eroze půdy na jižní Moravě. Uh. Brod, s. 108.

**Kontaktná adresa:** Ing. Jan Szturc, Mendelova univerzita v Brně, Ústav aplikované a krajinné ekologie, Zemědělská 1, 613 00, Tel.: +420 545 132 482, e- mail: xszturc@mendelu.cz

## **ANALÝZA DISTRIBÚCIE ZRNITOSTNÝCH FRAKCIÍ PÔD POVODIA RIEKY NITRA METÓDOU LASEROVEJ DIFRAKCIE**

### **GRAIN SIZE DISTRIBUTION ANALYSIS BASIN OF THE RIVER NITRA FOR LASER DIFRACTION**

Miroslava ŠINKOVIČOVÁ, Dušan IGAZ, Elena KONDRLOVÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

#### **Abstract**

Basic properties of the soil is its size distribution (soil texture), which provides information on distribution of soil and grain by grain-size fractions. The main aim of this paper was to analyze 132 samples of medium heavy soils, taken from the Nitra River Basin, from a depth of 15-20 cm and 40-45 cm, using a laser analyzer ANALYSETTE 22 MicroTec plus from the company FRITSCH. The results of the distribution of grain-size fractions, obtained by laser diffraction were compared with standard pipette method, and were derived the regression of linear, exponential, power law and polynomial trend. Of these relationships have been selected three with the highest reliability  $R^2$ . We focused on tightness derived relations for the second fraction ( $<0.01$  mm) according to the methodology of a comprehensive survey of soil (CSS), because according to their percentage in the soil is determined in Slovakia soil type. In view of the results obtained, we recommend using the representation of the estimated fraction of clay particles ( $<0.01$  mm) exponential regression, in which the average difference between the calculated and the measured value 7% (for samples from a depth of 15-20 cm), respectively, to 5 % (for samples from a depth of 40-45 cm). Laser diffraction method is advantageous in view of the short time analysis, using a small amount of sample, for the purpose of using the results of the various national classification systems, a wide range of measuring and sorting fractions. It is important to deal with this issue and try in the future to replace the standard pipette method of laser diffraction method.

**Keywords:** soil texture, grain size fractions of soil, ANALYSETTE 22, optical method, pipette method.

## Úvod

Distribúcia veľkosti pôdných častíc je jednou z najdôležitejších pôdných vlastností, pretože má vplyv na vlastnosti pôdy, ako distribúcia pórov, zadržiavanie vody, tepelné a sorpčné

vlastnosti a nepriamo ovplyvňuje aj nitrifikáciu pôdy (Ryzak, Bieganowski, 2011). Z hľadiska praktického i vedeckého posudzovania pôdy je dôležitým znakom jej zrnitostné zloženie. Pôdne častice rozdeľujeme do viacerých zrnitostne ohraničených intervalov, nazývaných zrnitostné frakcie alebo kategórie (Antal a kol., 2014). U nás i vo svete existuje viacero klasifikačných systémov, ktoré sú založené na rozlične definovaných hraničných hodnotách zrnitostných intervalov. Z mnohých klasifikačných systémov sa u nás najčastejšie používa Nováková klasifikácia, delenie na zrnitostné kategórie podľa Kopeckého a v zahraničí je najrozšírenejšia klasifikácia USDA resp. FAO (Skalová, 2003).

Jednou zo štandardných metód stanovenia distribúcie jednotlivých zrnitostných frakcií pôdy je pipetovacia metóda. Táto metóda poskytuje presné a reprodukovateľné výsledky, avšak ide o dlhší proces stanovenia distribúcie veľkosti pôdných častíc (Wang, Liu et al., 2013). Technický pokrok v súčasnosti umožňuje na stanovenie distribúcie zrnitostných frakcií pôdy využívať aj optické metódy, ktoré sa delia na priame metódy (fotografickým, elektronickým záznamom) a nepriame metódy (využitie vzťahov medzi veľkosťou častíc a vlastnosťami rozptýleného žiarenia). K najpoužívanejším metódam analýzy veľkosti častíc patrí laserová difrakčná metóda, ktorej pokrok bol ovplyvnený vývojom výpočtovej techniky (Jesenák, 2008). Mnohí autori, ako Wang (2013), Polakowski (2014), Taubner (2009), Kun (2013), Ryzak (2011), Barasa (2014) a iní sa zaoberajú laserovou difrakčnou analýzou a dosiahnuté výsledky porovnávajú so štandardou pipetovacou metódou. Laserová difrakcia sa vykonáva pomocou rôznych prístrojov (Analysette 22 MicroTec plus, MalvernMasterSiz E, Coulter LS100, Coulter LS230 a iné), s rôznym rozsahom merania a výsledky pre zrnitostné frakcie sa vyhodnocujú podľa rôznych klasifikačných systémov, ako Nováková klasifikácia (Tab. 1), delenie na zrnitostné kategórie podľa Kopeckého, metodika KPP (Tab. 2) a v zahraničí klasifikácia USDA resp. FAO.

Tabuľka 1 Nováková klasifikácia pôdných druhov (Antal, Fidler, 1989)

| Obsah častíc I. kat. (% hm.) | Označenie druhu pôdy podľa Nováka | Názov pôdy z hľadiska obrábaneľnosti |
|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 0 – 10                       | Piesočnatá                        | Ľahké pôdy                           |
| 10 – 20                      | Hlinito-piesočnatá                |                                      |
| 20 – 30                      | Piesočnato-hlinitá                | Stredne ťažké pôdy- ľahšie           |
| 30 – 45                      | Hlinitá                           | Stredne ťažké pôdy- ťažšie           |
| 45 – 60                      | Ílovito-hlinitá                   | Ťažké pôdy                           |
| 60 – 75                      | Ílovitá                           |                                      |
| Nad 75                       | Íl                                | Veľmi ťažké pôdy                     |

Table 1 Novak soil classification (Antal, Fidler, 1989)

Tabuľka 2 Klasifikácia zrnitostných frakcií podľa metodiky komplexného prieskumu pôd (KPP) (Fulajtár, 2006)

| Jemnozern       |                     | Skelet        |                     |
|-----------------|---------------------|---------------|---------------------|
| Názov frakcie   | Priemer častíc (mm) | Názov frakcie | Priemer častíc (mm) |
| íl              | < 0,001             | hrubý piesok  | 2 - 4               |
| ílovité častice | < 0,01              | štrk          | 4 - 30              |
| jemný prach     | 0,001 - 0,005       | kamene        | 30 - 50             |
| stredný prach   | 0,005 - 0,01        |               |                     |
| hrubý prach     | 0,01 - 0,05         |               |                     |
| jemný piesok    | 0,05 - 0,25         |               |                     |
| stredný piesok  | 0,25 - 2,0          |               |                     |

Table 2 Classification of grain size fractions according to the methodology of a comprehensive survey of soil (CSS) (Fulajtár, 2006)

Autori ako Di Stefano (2010), Wang (2013), Polakowski (2014), Jena (2013) a iní sa zaoberali postupom prípravy vzoriek pôdy, avšak jej jednotné zloženie a spôsob prípravy, nie je presne definovaný. Ryzak a Bieganski (2011) vykonali analýzu na 23 vzoriek pôdy, ktoré boli následne vysušené pri 105° C a preosiate cez 2mm sito. Vzorky sa dali do ultrazvuku, pokým nenasiakli vodou a aplikovalo sa 35,7 g hexametafosfátu sodného a 7,94 g uhličitanu vápenatého s 1000 ml destilovanej vody. Analýza vzoriek sa vykonala až hodinu po aplikovaní chemikálií. Kun et al. (2013) analyzoval 25 vzoriek, ktoré boli vysušené pri 105 °C a preosiate cez 2 mm sito. Do vzoriek sa aplikovalo 0,5 g pyrofosfátu sodného a 400 ml destilovanej vody. Následne sa vzorka zamiešala a bola vložená do miešacieho prístroja na 6 hodín. Homogenizovaná vzorka sa vložila do ultrazvuku (f=36 kHz, P=60W) po dobu 3 minút. Klasifikácia veľkosti zrn bola stanovená na: <2 µm, 2-5 µm, 5-10 µm, 10-20 µm, 20-50 µm a >50 µm. Keďže jednotná metodika prípravy pôdných vzoriek na analýzu laserovej difrakcie absentuje, bola príprava pôdných vzoriek odvodená zo zaužívaných postupov používaných pri štandardných sedimentačných metódach.

Podľa Eshela et al. (2004) je metóda laserovej difrakcie výhodná z hľadiska krátkeho času analýzy pôdnej vzorky aj pri jej malom množstve, vysokej reprodukovateľnosti, rozsahu merania a širokého rozsahu tried frakcií. Nevýhodou je problematická interpretovateľnosť výsledkov v dôsledku pomerne nízkeho počtu uskutočnených analýz v porovnaní s veľkým množstvom analýz uskutočnených klasickými metódami. Napriek mnohým výhodám, pre túto metódu doposiaľ neexistuje jednotná metodika prípravy pôdných vzoriek na analýzu. Ďalším problémom je, že distribúcia zrnitostných frakcií určená laserom nie je porovnateľná s konvenčnou metódou v pomere 1:1 (Vandecasteele, De Vos, 2001).

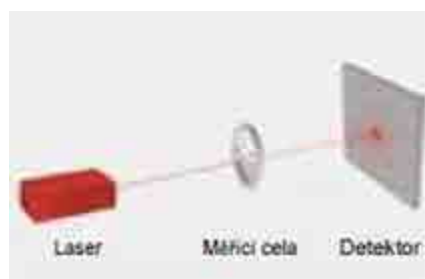
Cieľom príspevku bola analýza distribúcie zrnitostných frakcií pôd, z povodia rieky Nitra, metódou laserovej difrakcie a porovnanie ich výsledkov so štandardnou pipetovacou metódou.

## Materiál a metódy

### Laserová difrakčná metóda

Laserová difrakčná metóda je optická metóda využívaná na meranie distribúcie rozmerov častíc a rozptylu elektromagnetického vlnenia na časticiach. Pre výpočet distribúcie veľkosti častíc sa používajú dve rôzne teórie: Mieho a Fraunhoferova teória. Pomocou Mieho teórie sú vypočítané menšie častice o priemere v rozsahu vlnovej dĺžky použitého svetelného zdroja, taktiež čiastočky s nižším indexom lomu alebo nízkym koeficientom absorpcie. Väčšie častice s neznámymi optickými parametrami sa vypočítajú podľa Fraunhoferovej teórie (Fritsch, 2016).

Meranie častíc pomocou laserovej difrakcie pozostáva z odmerania veľkosti jednej častice, ktorá je ožiarená laserovým lúčom. Čiastočným vychýlením laserového svetla vzniká za vzorkou charakteristické, kruhové rozdelenie intenzity, ktoré sa meria špeciálne tvarovaným detektorom (Obr. 2). Z rozstupu týchto kruhov sa vypočíta veľkosť častíc (veľké častice vytvárajú tesne susediace kruhy, malé častice kruhy vzájomne vzdialené) (Fritsch, 2016).



Obr. 2 Princíp laserovej difrakcie (Fritsch, 2016)

Fig. 2 The principle of laser diffraction (Fritsch, 2016)

Optimálne dispergovaná vzorka je základným predpokladom pre spoľahlivé stanovenie rozdelenia častíc podľa veľkosti. Vo väčšine prípadov musia byť aglomeráty rozložené, a je potrebné nastaviť správnu koncentráciu častíc materiálu vzorky. V zásade sa môže proces dispergácie vykonávať v prúde vzduchu (dispergácia za sucha), ako aj v tekutine (dispergácia za mokra). Dispergácia za sucha je vhodná špeciálne pre málo jemné, dobre sypké materiály, ktoré reagujú vo vode alebo iných tekutinách. Požadované množstvo vzorky je u dispergácie za sucha väčšinou výrazne väčšie, ako u dispergácie za mokra, čo prípravu reprezentatívnej vzorky uľahčuje. Veľa materiálov musí byť meraných pri dispergácii za mokra. Patria sem lepkavé materiály, ako íl alebo materiály, ktoré majú v suchom stave sklon k aglomerácii. I u veľmi jemných práškoch s časticami menšími, ako 10  $\mu\text{m}$  je možné aglomeráty pomocou dispergácie za sucha rozložiť často len nedokonale. Preto sa za výrazne výkonnejšiu a flexibilnejšiu považuje dispergácia za mokra. Vďaka modulárnej konštrukcii prístroja ANALYSETTE 22 a taktiež meracím

celám vo forme kaziet je možné vykonať zmenu z merania za mokra na meranie za sucha vo veľmi krátkom čase (Fritsch, 2016).

Meranie bolo uskutočnené pomocou laserového analyzátora častíc ANALYSETTE 22 MicroTec plus od spoločnosti Fritsch, dispergáciou za mokra. Tento prístroj je zložený z jednotky na meranie suchých vzoriek, z jednotky na meranie mokrých vzoriek a z meracej jednotky (Obr. 3). V tomto prípade bola použitá jednotka na meranie za mokra s 300 až 500 ml nádobou s dispergačnou tekutinou (voda z vodovodu), do ktorej sa dávkuje malé množstvo analyzovanej vzorky, ďalej obsahuje čerpadlo, miešadlo a ultrazvukovú jednotku.

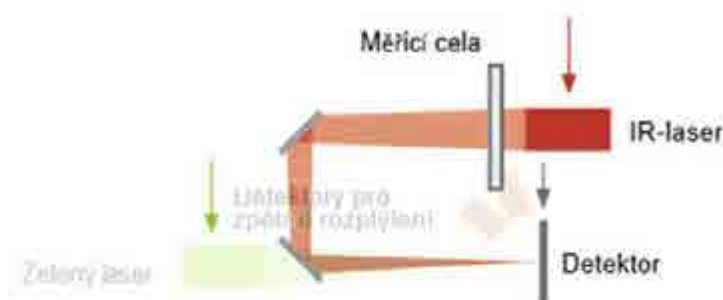


Obr. 3 Laserový analyzátor ANALYSETTE 22 MicroTec plus: jednotka na meranie suchých vzoriek, meracia jednotka a jednotka na meranie mokrých vzoriek (Šinkovičová, 2016)

Fig. 3 Laser analyzers ANALYSETTE 22 MicroTec plus: unit of measurement for dry samples, measurement units and the measurement of wet samples (Šinkovičová, 2016)

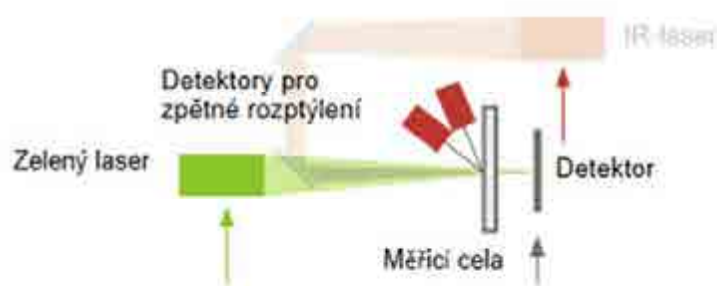
Ultrazvuk má frekvenciu 36 kHz a môže byť nastavený na hodnotu 0-10. Rozsah merania je od 0,08  $\mu\text{m}$  – 2000  $\mu\text{m}$  v jednom prístroji s rozlíšením až do 108 kanálov. V meracej jednotke sa nachádzajú dva zdroje polovodičových laserov, inverzný Fourierov transformačný optický systém, detektor, zosilňovač, vyhodnocovacia a riadiaca jednotka signálov pripojená k počítaču. Veľmi široký rozsah merania prístroja ANALYSETTE 22 MicroTec umožňuje kombináciu dvoch laserov s dvomi rôznymi vzdialenosťami medzi meracou celou a detektorom. Veľké častice sú zaznamenané infračerveným laserom, pre malé častice sa používa zelený laser (Obr. 4, 5) (Fritsch, 2016). Prístroj je riadený pokynmi z programu MaScontrol, kde sa výsledné hodnoty zobrazujú priamo na obrazovke vo forme kumulatívnych kriviek, frakčných histogramov a vo forme tabuliek uvádzajúcich obsah jednotlivých pôdnych frakcií. Pretože všetky výsledky meraní získané pomocou LD sú uložené v databáze v programe MaScontrol, je možné prepočítať výsledky analýzy pri zmene niektorých fyzikálnych podmienok analýzy, ako napr. zastúpenie

iných zrnitostných frakcií, iný model výpočtu, a nie je nutné opakovať meranie (Kondrlová, Igaz, Horák, 2013).



Obr. 4 Usporiadanie pri meraní pre horný rozsah veľkosti častíc (Fritsch, 2016)

Fig. 4 The arrangement for measuring the upper range of particle size (Fritsch, 2016)



Obr. 5 Usporiadanie pri meraní pre spodný rozsah veľkosti častíc (Fritsch, 2016)

Fig. 5 The arrangement of measurement for the lower range of the particle size (Fritsch, 2016)

### Vzorky a príprava pôdných vzoriek na analýzu

Analyzované pôdne vzorky boli odobraté v povodí rieky Nitra zo 132 odberných miest. Odbery vzoriek boli vykonané v hĺbke 15 – 20 cm a 40 – 45 cm, na základe pipetovacej metódy boli všetky definované ako stredne ťažké pôdy. Pred meraním boli odobraté vzorky pôdy voľne vysušené v laboratóriu a väčšie hrudy pôdy boli rozdrvené, aby bolo možné oddeliť jemnozeme. Vysušená pôda bola preosiata cez sito s veľkosťou ôk 2 mm. Na vytvorenie homogénnej vzorky pôdy bola použitá kvartovacia metóda (Obr. 6). Z takto pripravenej jemnozeme sa odobralo 10 gramov pôdy a pridalo sa 10 ml roztoku 0,05 M – metafosforečnanu sodného (Grahamová soľ ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>n</sub>), aby vznikla hustá pôdna suspenzia. Dispergácia prebehla po dobu 24 hodín, aby sa

väzby medzi agregátmi narušili. Tesne pred meraním bola boli pôdne vzorky vystavené pôsobeniu ultrazvuku po dobu 5 minút. S takto pripravenou vzorkou nasledovala práca s laserovým analyzátorom.



Obr. 6 Kvartovacia metóda (Šinkovičová, 2016)

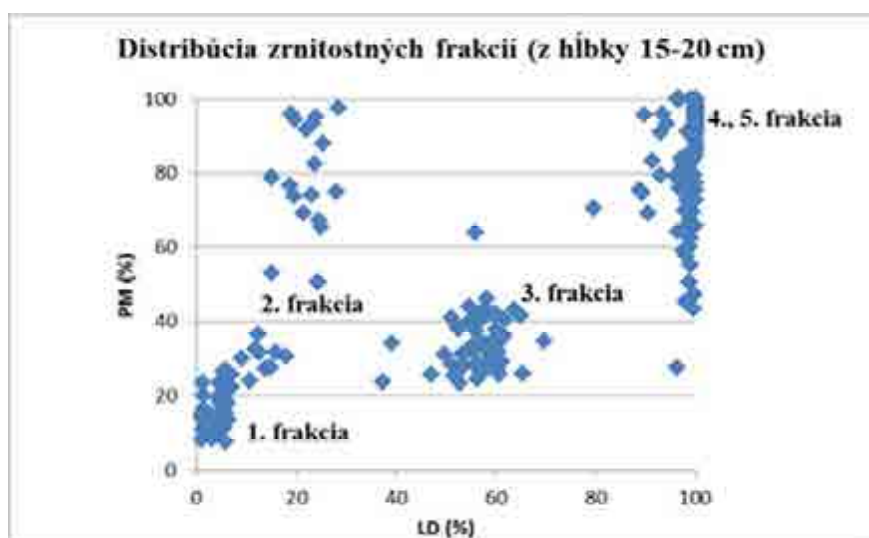
Fig. 6 Quartering method (Šinkovičová, 2016)

Laserový analyzátor bol riadený pokynmi z programu MaScontrol, kde bol zvolený príslušný SOP (súbor štandardných operačných procedúr). Na začiatku analýzy sa najskôr odmerala intenzita rozptýleného svetla v disperznej kvapaline bez prítomnosti častíc. Týmto krokom sa zistilo akékoľvek znečistenie meracej cely, ktoré bolo potom odčítané od nasledovného merania analyzovanej vzorky. Malé množstvo pôdnej vzorky bolo nadávkované do ultrazvukového kúpeľa. Meranie bolo uskutočnené v celom meracom rozsahu prístroja, bola zvolená Fraunhoferova teória a automatický model výpočtu. Pumpa prístroja zabezpečila plynulé prúdenie disperznej tekutiny a v nej rozptýlenej vzorky v ultrazvukovom kúpeli a v meracej cele. Analýza dávkovanej vzorky prebehla v 3 opakovaniach a suspenzia bola vypustená z dispergačnej jednotky do odtoku, dispergačná jednotka sa vyčistila a pripravila na ďalšie meranie (Kondrlová, Igaz, Horák, 2011).

## Výsledky a diskusia

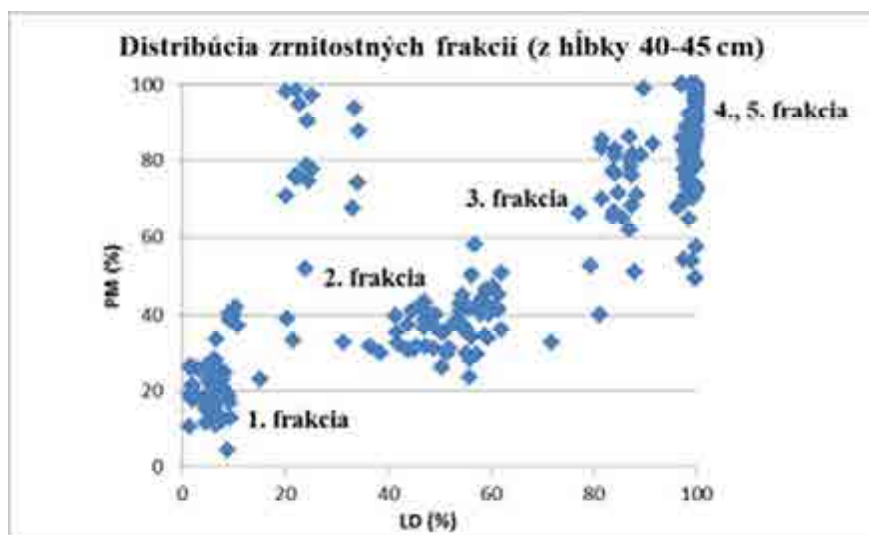
### Porovnanie výsledkov laserovej difrakcie (LD) a pipetovacej metódy (PM)

Porovnanie hodnôt distribúcie zrnitostných frakcií určených laserovou difrakciou a pipetovacou metódou pre pôdne vzorky odobraté v povodí Nitra z dvoch rôznych hĺbok uvádzame na obr. 7 a 8. Získané hodnoty pri LD, v porovnaní s PM, podhodnotili 1. frakciu ílu ( $<0.001$  mm) a nadhodnotili 4. frakciu jemného piesku (0,25-0,05 mm). Následne boli odvodené regresné závislosti medzi výsledkami dvoch použitých metód s lineárnym, exponenciálnym, mocninovým, polynomickým trendom, ako aj hodnoty spoľahlivosti  $R^2$  (Tab. 3, 4). Regresné závislosti s najvyššou hodnotou spoľahlivosti  $R^2$  boli vyznačené farebne.



Obr. 7 Porovnanie hodnôt distribúcie zrnitosťných frakcií určených laserovou difrakciou a pipetovacou metódou pre vzorky odobraté z hĺbky 15-20 cm

Fig. 7 Comparison of the distribution of grain size fractions, as determined by laser diffraction and pipette method to samples taken from a depth of 15-20 cm



Obr. 8 Porovnanie hodnôt distribúcie zrnitosťných frakcií určených laserovou difrakciou a pipetovacou metódou pre vzorky odobraté z hĺbky 40-45 cm

Fig. 8 Comparison of the distribution of grain size fractions, as determined by laser diffraction and pipette method to samples taken from a depth of 40-45 cm

Tabuľka 3 Regresná závislosť a hodnota spoľahlivosti R<sup>2</sup> pre vzorky pôdy z hĺbky 15-20 cm

| Trend         | Klasifikácia                 | R <sup>2</sup> |
|---------------|------------------------------|----------------|
| Lineárny      | $y=0,7014x+16,263$           | 0,6936         |
| Exponenciálny | $y=18,021e^{0,0157x}$        | 0,7385         |
| Mocninový     | $y=8,2734x^{0,4872}$         | 0,7262         |
| Polynomicný   | $y=0,0068x^2-0,0392x+24,946$ | 0,7230         |
| Logaritmický  | $y=20,449\ln(x)-13,594$      | 0,6017         |

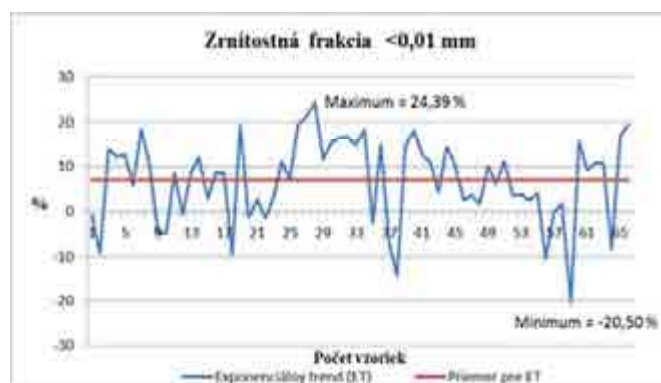
Table 3 Regression dependence reliability and value for R<sup>2</sup> soil samples from a depth of 15-20 cm

Tabuľka 4 Regresná závislosť a hodnota spoľahlivosti R<sup>2</sup> pre vzorky pôdy z hĺbky 40-45 cm

| Trend         | Klasifikácia                | R <sup>2</sup> |
|---------------|-----------------------------|----------------|
| Lineárny      | $y=0,7211x+17,471$          | 0,7479         |
| Exponenciálny | $y=20,289e^{0,015x}$        | 0,7645         |
| Mocninový     | $y=8,8141x^{0,4823}$        | 0,7226         |
| Polynomicný   | $y=0,006x^2+0,0655x+25,986$ | 0,7724         |
| Logaritmický  | $y=22,032\ln(x)-18,235$     | 0,6377         |

Table 4 Regression dependence reliability and value for R<sup>2</sup> soil samples from a depth of 40-45 cm

Z uvedených vzťahov boli vybrané 3 s najvyššími hodnotami spoľahlivosti R<sup>2</sup>. Exponenciálny, mocninový a polynomicný trend pre vzorky odobrané z hĺbky 15-20 cm a lineárny, exponenciálny a polynomicný trend pre vzorky z hĺbky 40-45 cm. V zahraničných štúdiách autori použili pri LD iné prístroje na analýzu, s iným rozsahom merania, iným spôsobom prípravy pôdnej vzorky na analýzu a výsledky sú vyhodnotené pre frakcie iného klasifikačného systému (USDA). Na základe toho, nie je možné porovnať nami odvodené závislosti medzi LD a PM pre jednotlivé zrnitostné frakcie (Obr. 7, 8) so zahraničnou literatúrou. Do vybraných vzťahov boli za člen x v rovniciach dosadené namerané hodnoty LD, čím sme vypočítali odhadované hodnoty pre PM, od ktorých boli za účelom porovnania odčítané hodnoty namerané pipetovacou metódou (Obr. 9, 10).



Obr. 9 Percentuálny rozdiel odvodeného a nameraného zastúpenia ílovitých častíc určený s využitím regresnej závislosti s exponenciálnym trendom pre vzorky pôdy z hĺbky 15-20 cm

Fig. 9 Percentage difference derived and measured representation clay particles determined using a regression equation with exponential trend for soil samples from a depth of 15-20 cm



Obr. 10 Percentuálny rozdiel odvodeného a nameraného zastúpenia ílovitých častíc určený s využitím regresnej závislosti s exponenciálnym trendom pre vzorky pôdy z hĺbky 40-45 cm

Fig. 10 Percentage difference derived and measured representation clay particles determined using a regression equation with exponential trend for soil samples from a depth of 40-45 cm

Pre lepšiu názornosť boli tieto rozdiely spriemerované, priemerné hodnoty pre jednotlivé frakcie uvádzame v tab. 5 (pre vzorky z hĺbky 15-20 cm) a tab. 6 (pre vzorky z hĺbky 40-45 cm).

Tabuľka 5 Priemerné hodnoty vypočítaných a nameraných údajov z hĺbky 15-20 cm

| Priemer     | < 0,001 mm | < 0,01 mm | < 0,05 mm | < 0,25 mm | < 2,00 mm |
|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ET – PM [%] | 2,50       | 6,98      | 4,38      | -13,90    | -13,93    |
| PT – PM [%] | 8,02       | 8,08      | 6,76      | -11,55    | -11,51    |
| MT – PM [%] | 0,31       | 20,95     | 0,55      | -19,24    | -22,17    |

Table 5 The average value calculated and measured data from a depth of 15-20 cm

Tabuľka 6 Priemerné hodnoty vypočítaných a nameraných údajov z hĺbky 40-45 cm

| Priemer     | < 0,001 mm | < 0,01 mm | < 0,05 mm | < 0,25 mm | < 2,00 mm |
|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PT – PM [%] | 6,79       | 6,57      | 3,48      | -8,06     | -7,73     |
| ET – PM [%] | 2,35       | 4,92      | 1,52      | -9,71     | -9,36     |
| LT – PM [%] | 1,87       | 14,39     | 4,37      | -10,05    | -10,58    |

Table 6 The average value calculated and measured data from a depth of 40-45 cm

Pri overovaní výsledkov bol rozdiel vypočítaných a nameraných hodnôt, pre vzorky z hĺbky 15-20 cm, najmenší pri frakcii < 0,001 mm, v rozmedzí od 0,31 do 8,02 % a pri frakcii < 0,05 mm s

hodnotami od 0,55 do 6,76 %. Vysoké nadhodnotenie, respektíve podhodnotenie častíc bolo pri frakcii < 0,25 mm (od 11,55 – 19,24 %) a < 2,00 mm ( 11,51 – 22,17 %). Pre vzorky z hĺbky 40-45 cm bol najmenší rozdiel pri frakcii < 0,001 mm, od 1,87 do 6,79 % a pri frakcii < 0,05 mm, v rozmedzí od 1,52 – 4,37 %. Vysoké nadhodnotenie, respektíve podhodnotenie častíc bolo pri frakcii < 0,25 mm (od 8,06 do 10,05 %) a < 2,00 mm ( od 7,73 do 10,58 %). Z výpočtov vyplýva, že pri porovnaní PM s LD je možné použiť výsledky regresnej analýzy pre frakcie < 0,001 mm a < 0,05 mm, ktorými sa dosiahli hodnoty približujúce sa nameraným údajom PM. Z praktického hľadiska je vhodné zamerať pozornosť na tesnosť odvodených vzťahov pre 2. frakciu (< 0,01 mm), pretože podľa jej percentuálneho zastúpenia v pôde sa stanovuje na Slovensku pôdny druh. S ohľadom na získané výsledky odporúčame používať na odhad zastúpenia ílovitej frakcie (< 0,01 mm) exponenciálnu regresiu, pri ktorej bol priemerný rozdiel medzi vypočítanou a nameranou hodnotou zastúpenia frakcie z hĺbky 15-20 cm do 7% a z hĺbky 40-45 cm do 5%.

### Súhrn

Základnou fyzikálnou vlastnosťou pôdy je jej zrnitosťné zloženie (textúra pôdy), ktorá poskytuje informácie o distribúcií pôdných zŕn a zastúpení zrnitosťných frakcií. Hlavným cieľom príspevku bola analýza 132 vzoriek stredne ťažkých pôd, odobratých z povodia rieky Nitra, z hĺbky 15-20 cm a 40-45 cm, pomocou laserového analyzátora ANALYSETTE 22 MicroTec plus od spoločnosti FRITSCH. Výsledky distribúcie zrnitosťných frakcií, dosiahnuté laserovou difrakciou boli porovnávané so štandardnou pipetovacou metódou a boli odvodené ich regresné závislosti s lineárnym, exponenciálnym, mocninovým a polynomickým trendom. Z uvedených vzťahov boli vybrané 3 s najvyššími hodnotami spoľahlivosti R<sup>2</sup>. Zamerali sme sa na tesnosť odvodených vzťahov pre 2. frakciu (< 0,01 mm) podľa metodiky komplexného prieskumu pôd (KPP), pretože podľa ich percentuálneho zastúpenia v pôde sa stanovuje na Slovensku pôdny druh. S ohľadom na získané výsledky odporúčame používať na odhad zastúpenia frakcie ílovitých častíc (< 0,01 mm) exponenciálnu regresiu, pri ktorej bol priemerný rozdiel medzi vypočítanou a nameranou hodnotou do 7% (pre vzorky z hĺbky 15-20 cm), respektíve do 5% (pre vzorky z hĺbky 40-45 cm). Laserová difrakčná metóda je výhodná z hľadiska krátkeho času analýzy, použitia malého množstva vzorky, využitia výsledkov pre účely rôznych národných klasifikačných systémov, široký rozsah merania a triedenia frakcií. Je dôležité zaoberať sa touto problematikou a pokúsiť sa v budúcnosti nahradiť štandardnú pipetovaciu metódu laserovou difrakčnou metódou.

**Kľúčové slová:** textúra pôdy, zrnitosťné frakcie pôdy, ANALYSETTE 22, optická metóda, pipetovacia metóda.

### Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja – APVV 0512-12 a Slovenskou grantovou agentúrou VEGA č. 1/0604/16.

## Literatúra

ANTAL, J. a kol. 2014. Hydrológia poľnohospodárskej krajiny. Nitra : SPU, 374 s. ISBN 978-80-552-1257-9.

ANTAL, J. – FÍDLER, J. 1989. Poľnohospodárske meliorácie. Bratislava: Príroda, 1989, 477 s. ISBN 80-07-00011-9.

BARASA, E. 2014. Standard operating procedures: method for analysing soil samples for particle size distribution using laser diffraction. Word agroforestry centre, Soil-plant spectral diagnostics lab, Date: July 31, 2014.

DI STEFANO, C., FERRO, V., MIRABILE, S. 2010. Comparison between grain-size analyses using laser diffraction and sedimentation methods. In: BiosystemsEngineering, vol. 106, 2010, no. 2. p. 205-215. doi:10.1016/j.biosystemseng. 2010.03.013.

ESHEL, G. et al. 2004. Critical evaluation of the use of laser diffraction for particle – size distribution analysis. In: SoilSc. Soc. Am. J., vol. 68, 2004, no 3. p. 736-743. Dostupné na internete: <[http://www.donner-tech.com/critical\\_evaluation\\_id.pdf](http://www.donner-tech.com/critical_evaluation_id.pdf)>.

FRITSCH, 2016. Laserový prístroj na analýzu častíc. [online]. [cit. 2016.06.10.] Dostupné na: <[http://www.ilabo.cz/UserFiles/File/eshop/672/d\\_ANALYSETTE%2022%20CZ.pdf](http://www.ilabo.cz/UserFiles/File/eshop/672/d_ANALYSETTE%2022%20CZ.pdf)>

FULAJTÁR, E. 2006. Fyzikálne vlastnosti pôdy. Bratislava: VÚPOP, 2006. 142 s. ISBN 80-89128-20-3.

JENA, R.,JAGADEESWARAN, R.,SIVASAMY, R. 2013. Analogy of soil parameters in particle size analysis through laser diffraction techniques. In: Indian journal of hill farming, Vol. 26(2), 2013, 78-83.

JESENÁK, K. 2008. Analýza veľkosti častíc. Bratislava: UK, 2008. 154 s. ISBN 978-80-223-2464-9.

KONDRLOVÁ, E., IGAZ, D., HORÁK, J. 2011. Analýza distribúcie zrnitostných frakcií stredne ťažkých pôd laserovou difrakciou: metódy prípravy vzoriek na analýzu. In: Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda – rastlina – atmosféra: 19. Posterový deň s medzinárodnou účasťou, 2011, s. 345-354, ISBN 978-80-89139-26-2.

KONDRLOVÁ, E., IGAZ, D., HORÁK, J. 2013. Principles of soil particle size analysis by indirect optical method: advantages and disadvantages of laser diffraction analysis. In: Materials, methods & technologies. Burgas. 2013. Zv. Vol. 7, c. No. 1, p. 492--501. ISSN 1313-2539.

KUN, Á.,KATONA, O.,SIPOS, G.,BARTA, K. 2013. Comparison of pipette and laser diffraction methods in determining the granulometric content of fluvial sediment samples. In: Journal of environmental geography 6 (3–4), 2013, 49–54.

POLAKOWSKI, C., SOCHAN, A., BIEGANOWSKI, A., RYZAK, M., FÖLDÉNYI, R., TÓTH, J. 2014. Influence of the sand particle shape on particle size distribution measured by laser diffraction method. In: Agrophys, 2014, Vol. 28, 195-200.

RYZAK, M., BIEGANOWSKI, A. 2011. Methodological aspects of determining soil particle size distribution using the laser diffraction method. In: J. Plant Nutr. Soil Sci. 2011, vol. 174, 624–633.

SKALOVÁ, J. 2003. Možnosti určenia vlhkostných retenčných kriviek pôdy. In: Bioklimatologické pracovné dni. Račková dolina : 2003. [online]. [cit. 2016.06.10.] Dostupné na: <<http://www.cbks.cz/sbornikRackova03/sections/4/Skalova.pdf>>.

TAUBNER, H., ROTH, B., TIPPKÖTTER, R. 2009. Determination of soil texture: Comparison of the sedimentation method and the laser-diffraction analysis. In: J. Plant Nutr. Soil Sci. 2009, 172, 161–171.

VANDECASTEELE, B. & DE VOS, B. 2001. Relationship between soil textural fractions determined by the sieve-pipette method and laser diffractometry. Dostupné na internete: <<http://www.inbo.be/files/bibliotheek/62/166662.pdf>>.

WANG, W., LIU, J., ZHAO, B., ZHANG, J., LI, X., YAN, Y. 2013. Evaluation of laser diffraction analysis of particle size distribution of typical soils in china and comparison with the sieve-pipette method. In: soil science, vol. 178, 2013, no 4. Dostupné na internete: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc4416045/>>.

**Kontaktná adresa:** Ing. Miroslava Šinkovičová, Hospodárska 7, 949 76 Nitra, tel.: 0904 142 187, e-mail: xsinkovicovm@uniag.sk

**PREDBEŽNÝ PREHĽAD DRUHOVEJ SKLADBY MACHORASTOV NA ORTUŤOVEJ  
HALDE VEĽKÁ STUDŇA PRI MALACHOVE (STREDNÉ SLOVENSKO)**

**PRELIMINARY REVIEW OF BRYOPHYTE SPECIES COMPOSITION ON THE Hg-MINE  
HEAP VEĽKÁ STUDŇA NEAR MALACHOV (CENTRAL SLOVAKIA)**

Pavel ŠIRKA, Ingrid TURISOVÁ

Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici

**Abstract**

The distribution of many plant species in the current landscape largely reflects historical land-use. There are a number of works devoted to the species richness of vascular plants, but the spatial characteristics of the species composition of bryophytes are rarely taken into account. The paper presents a preliminary overview of the species composition of mosses on a Hg-mining heap Veľká Studňa near Malachov. Result of a floristic survey of the dump field is 16 physiognomic types identified on the basis of plant communities or the dominance of particular plant species, in which 34 taxa of bryophytes (33 mosses and 1 liverwort) were recorded. Number of determined bryophyte taxa in physiognomic types varies from 2 to 12. The most frequently occurring taxa in physiognomic types was *Plagiomnium affine* (11), but with low coverage. *Tortella tortuosa* could be considered as the most representative taxon on the mine heap with an occurrence in 8 physiognomic types and relatively high coverage (in the physiognomic type as high as 70 %). Although the submitted results explain the differences in the bryophyte species composition to a certain extent, for more relevant assessment of the factors that underlie the distribution and species diversity of bryophytes in the study area the most, research needs to be further expanded and statistically evaluated.

**Keywords:** bryophytes, species competition, abiotic factors, mine heaps, Veľká Studňa, Malachov

**Úvod**

Banské haldy predstavujú špecifické stanovište pre rastliny, pretože majú celý rad vlastností, ktoré limitujú ich druhovú skladbu. Medzi tieto vlastnosti patrí najmä vysoký obsah skeletu, nedostatok vrstvy humusu a s tým spojený nedostatok živín a vlahy. Okrem toho haldy obsahujú v porovnaní s prirodzenými pôdami veľa ťažkých kovov (Banášová, 1976). Haldy sú často

charakteristické nízkym zastúpením vegetácie, pretože druhové zloženie je limitované schopnosťou adaptácie rastlín (Banášová, Hajdúk, 2006).

Identifikovanie procesov podmieňujúcich druhovú rozmanitosť v určitom území je často náročné a nejednotné, obzvlášť v človekom vytvorených a kontaminovaných územiach. Výskyt mnohých druhov v súčasnej krajine vo veľkej miere odzrkadľuje jej historické využívanie. V súčasnosti je botanický výskum zväčša venovaný cievnatým rastlinám, kým štúdium druhového bohatstva machorastov je nedostatočný. Cieľom tejto práce je podať predbežný prehľad druhovej skladby machorastov na opustenej ortuťovej halde Veľká Studňa pri obci Malachov v Kremnických vrchoch.

### **Materiál a Metódy**

#### **Charakteristika študovaného územia**

V zmysle územného a správneho usporiadania SR územie banskej haldy Veľká Studňa leží v Banskobystrickom kraji, v okrese Banská Bystrica a nachádza sa v katastroch obcí Malachov a Badín (Obr. 1).



Obr. 1: Poloha banskej haldy Veľká Studňa v rámci okresu Banská Bystrica (zdroj: Google Earth, 2016)

Fig. 1: Location of Veľká Studňa mine heap within Banská Bystrica district (source: Google Earth, 2016)

Podľa morfológického členenia (Mazúr, Lukniš, 1986) študované územie patrí do geomorfologickej provincie Západné Karpaty, subprovincie Vnútorne Západné Karpaty, oblasti Slovenské stredohorie, celku Kremnické vrchy, častí Flochovský chrbát (západná časť územia) a Malachovské predhorie. Na geologickej stavbe ložiska Malachov – Veľká studňa sa podieľajú horniny kvartérneho veku, neogénny vulkanický a vulkanosedimentárny komplex, paleogénne

súvrstvie a mezozoické horniny chočského príkrovu. Pôdny pokryv v území tvoria hlavne kambizeme. Podnebie v území má typický ráz kotlinogeografických typov s častou inverziou teplôt (Lapin et al., 2002). Vodné toky územia patria do povodia Hrona, Hodnotené územie je v prevažnej väčšine odvodňované Malachovským potokom a jeho prítokmi (Maťová et al., 2008). Z fytogeografického hľadiska patrí záujmové územie do oblasti západokarpatskej kveteny (Carpaticum occidentale) a obvodu predkarpatskej flóry (Praecarpaticum) (Futák, 1984).

Ortuťové rudy a ich spracovanie mali v malachovskom rudnom poli počas stáročí veľký význam, pričom hlavným predmetom záujmu bol cinabarit (Ferenc et al., 2013). Intenzívna banská činnosť, ktorá prebiehala v tomto regióne od 14. storočia sa odzrkadlila na všetkých zložkách prírodného prostredia. Depónium ložiska Malachov – Veľká studňa bolo zrekultivované aplanáciou. V súčasnosti je kanalizačným potrubím, ktoré tečie popod haldu odvádzaný výtok banskej vody a Malachovský potok (Maťová et al., 2008).



Obr. 2: Haldové pole Veľká Studňa (Foto: Pavel Širka, 6.6.2016)

Fig. 2: Dump field Veľká Studňa (Photo: Pavel Širka, 6.6.2016)

### **Zber a spracovanie údajov**

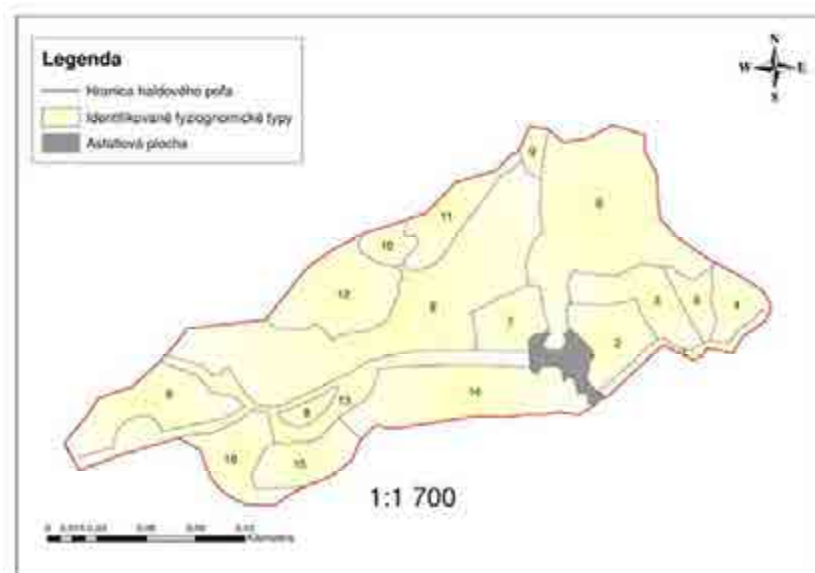
Floristický prieskum banskej haldy Veľká Studňa bol realizovaný počas vegetačnej sezóny 2015. V rámci haldového poľa boli na základe rastlinných spoločenstiev, resp. dominancie konkrétnych rastlinných druhov identifikované a opísané fyziognomické typy vyvinuté na telese haldy. V

každom fyziognomickom type bola zaznamenaná pokryvnosť stromovej (E3), krovinovej (E2), bylinnej (E1) a machovej (E0) etáže, ako aj celková pokryvnosť vegetácie (ET). Výsledná mapa bola spracovaná v programe ArcGIS 10.2.1.

V ploche každého fyziognomického typu bola zaznamenaná pokryvnosť všetkých prítomných taxónov machorastov (v %) a pre determináciu sporných a diagnosticky problematických druhov bol vykonaný aj zber machorastov. Machorasty zozbierané v rámci plochy jedného fyziognomického typu boli spoločne uložené do jedného papierového vrecúška, označeného orientačným kódom zberu a následne podrobené mikroskopickej analýze, ktorá spočívala v príprave natívnych preparátov z fyloidov machorastov a štúdia mikroskopických determinačných znakov. Druhy boli determinované pomocou určovacej literatúry Smith (2004) a Pilous, Duda (1960). Nomenklatúra druhov je uvádzaná podľa prác Hill et al. (2006) pre machy a Ros et al. (2007) pre pečeňovky.

### Výsledky a diskusia

Na základe zhodnotenia vegetačného krytu banskej haldy Veľká Studňa pri Malachove sme identifikovali 16 fyziognomických typov vegetácie („biotopov“) vyvinutých v rámci haldového poľa (Obr. 3). Výsledky výskumu sú prezentované v Tab. 1, kde popri celkovom počte zaznamenaných taxónov v rámci jednotlivých fyziognomických typov uvádzame opis fyziognomického typu, ako aj celkovú pokryvnosť vegetácie a pokryvnosť jednotlivých etáží.



Obr. 3: Mapa územia haldového poľa Veľká Studňa pri Malachove s identifikovanými fyziognomickými typmi

Fig. 3: Map of dump field Veľká Studňa near Malachov with identified physiognomic types

Tabuľka 1: Identifikované fyziognomické typy s ich celkovou pokrývnosťou vegetácie, pokrývnosťou jednotlivých etáží a počtom determinovaných bryotaxónov

| Por. č. | Fyziognomický typ                                                                                                                                                                                           | E <sub>T</sub> (%) | E <sub>3</sub> (%) | E <sub>2</sub> (%) | E <sub>1</sub> (%) | E <sub>0</sub> (%) | Počet determinovaných taxónov machorastov |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------------|
| 1.      | Zapojený drevinný porast s dominanciou vrby rakytovej ( <i>Salix caprea</i> ) pozdĺž bezmenného pravostranného prítoku Malachovského potoka                                                                 | 90                 | 85                 | 7                  | 30                 | 10                 | 5                                         |
| 2.      | Travinno-bylinný porast s dominanciou smlzu kroviskového ( <i>Calamagrostis epigejos</i> ), ďateliny prostrednej ( <i>Trifolium medium</i> ) a kostravy lúčnej ( <i>Festuca pratensis</i> )                 | 75                 | 5                  | 2                  | 75                 | 30                 | 10                                        |
| 3.      | Travinno-bylinný porast na strmom svahu s dominanciou púpavca srstnatého ( <i>Leontodon hispidus</i> ) a vyšším zastúpením drevín                                                                           | 80                 | 0                  | 5                  | 70                 | 40                 | 11                                        |
| 4.      | Travinno-bylinný porast s dominanciou smlzu kroviskového ( <i>Calamagrostis epigejos</i> ), lipnice hájnej ( <i>Poa nemoralis</i> ) a jahody obyčajnej ( <i>Fragaria vesca</i> ) a vyšším zastúpením drevín | 90                 | 8                  | 8                  | 85                 | 20                 | 6                                         |
| 5.      | Porast s dominanciou závitovky skrútenej ( <i>Tortella tortuosa</i> ) a púpavca srstnatého ( <i>Leontodon hispidus</i> ) a vysokou skeletnatosťou                                                           | 80                 | 0                  | 0                  | 30                 | 75                 | 5                                         |
| 6.      | Riedky porast s dominanciou smlzu kroviskového ( <i>Calamagrostis epigejos</i> ) a závitovky skrútenej ( <i>Tortella tortuosa</i> ) so zastúpením náletových drevín a vysokou skeletnatosťou                | 40                 | 0                  | 1                  | 20                 | 30                 | 12                                        |
| 7.      | Travinno bylinný porast s dominanciou smlzu kroviskového ( <i>Calamagrostis epigejos</i> ) a zlatobyle kanadskej ( <i>Solidago canadensis</i> ) s vyšším podielom stariny                                   | 80                 | 0                  | 0                  | 75                 | 10                 | 7                                         |
| 8.      | Porast s dominanciou smlzu kroviskového ( <i>Calamagrostis epigejos</i> ) a lipnice stlačenej ( <i>Poa compressa</i> ), s vyšším zastúpením drevín a stredne vysokou skeletnatosťou                         | 70                 | 0                  | 0                  | 60                 | 25                 | 11                                        |
| 9.      | Mokraď s dominanciou ostrice žltej ( <i>Carex flava</i> ) a barinovsky ( <i>Calliergonella</i> spp.)                                                                                                        | 70                 | 0                  | 6                  | 60                 | 35                 | 8                                         |
| 10.     | Mokraď s dominanciou trste obyčajnej ( <i>Phragmites australis</i> ), sitiny ( <i>Juncus</i> spp.) a barinovsky ( <i>Calliergonella</i> spp.)                                                               | 90                 | 0                  | 0                  | 80                 | 20                 | 3                                         |
| 11.     | Zapojený krovinný porast stopoľom osikovým ( <i>Populus tremula</i> )                                                                                                                                       | 98                 | 8                  | 85                 | 35                 | 5                  | 3                                         |
| 12.     | Zapojený krovinný porast s vrúbami ( <i>Salix</i> spp.)                                                                                                                                                     | 85                 | 3                  | 60                 | 50                 | 3                  | 5                                         |
| 13.     | Nespevnená cesta križujúca teleso haldy s dominanciou psinčeka poplázového ( <i>Agrostis stolonifera</i> ) a vysokou skeletnatosťou                                                                         | 30                 | 0                  | 0                  | 20                 | 25                 | 9                                         |
| 14.     | Travinno-bylinný porast s dominanciou ovsíka obyčajného ( <i>Arrhenatherum elatius</i> )                                                                                                                    | 98                 | 10                 | 1                  | 90                 | 70                 | 10                                        |
| 15.     | Mladý náletový porast so smrekom obyčajným ( <i>Picea abies</i> )                                                                                                                                           | 95                 | 2                  | 40                 | 80                 | 40                 | 10                                        |

| Por. č. | Fyziognomický typ                                                                                                                | E <sub>T</sub> (%) | E <sub>3</sub> (%) | E <sub>2</sub> (%) | E <sub>1</sub> (%) | E <sub>0</sub> (%) | Počet determinovaných taxónov machorastov |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------------|
| 16.     | Porast s deväťsilom lekárskym ( <i>Petasites hybridus</i> ) s pretekajúcim bezmenným pravostranným prítokom Malachovského potoka | 70                 | 20                 | 3                  | 60                 | 15                 | 2                                         |

Table 1: Identified physiognomic types with their total vegetation cover, cover of individual layers and number of determined bryophyte taxa

Celkovo bolo determinovaných 34 taxónov machorastov (33 machov a 1 pečeňovka), z čoho 31 na úrovni druhu a 3 na úrovni rodu. Počet determinovaných taxónov vo fyziognomických typoch kolíše od 2 do 12, pričom najvyšší počet (12) bol vo fyziognomickom type 6 (Obr. 4), 3 a 8 (oba s 11 determinovanými taxónmi) a najnižší počet vo fyziognomickom type 16 (2 determinované taxóny). Najčastejšie sa vyskytujúce druhy boli *Plagiomnium affine* (v 11 typoch) a *Climacium dendroides* (v 9 typoch), kým *Calliergonella cuspidata*, *Oxyrrhynchium hians*, *Thuidium delicatulum* a *Tortella tortuosa* boli prítomné v 8 fyziognomických typoch. Najvyššia pokryvnosť machovej etáže (75 %) bola v poraste s dominanciou závitovky skrútenej (*Tortella tortuosa*) a púpavca srstnatého (*Leontodon hispidus*), kde samotná závitovka pokrývala 70 % plochy. Takúto vysokú pokryvnosť v jednotlivých fyziognomických typoch sme nezaznamenali už pri žiadnom taxóne. Druhým fyziognomickým typom s najvyššou pokryvnosťou machorastov (70 %) bol porast ovsíka obyčajného (*Arrhenaterum elatius*), v ktorom mal vysoké zastúpenie (25 %) kostrbatec strapatý (*Rhytidiadelphus squarrosus*). Výsledky sú prezentované v Tab. 2.

Table 2: Prítomnosť determinovaných taxónov machorastov vo fyziognomických typoch s ich pokryvnosťami (v %)

| Názov taxónu                                                                    | Fyziognomický typ | 1 | 2  | 3  | 4 | 5 | 6  | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---|----|----|---|---|----|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>Abietinella abietina</i> (Hedw.) M.Fleisch.                                  |                   |   |    |    |   |   | >1 | 1 | 2 |   |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Schimp.                                     |                   |   | 3  |    |   |   | >1 |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Barbula unguiculata</i> Hedw.                                                |                   |   |    | >1 |   |   | 1  |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Brachythecium albicans</i> (Hedw.) Schimp.                                   |                   | 5 | 5  |    |   | 2 |    |   | 3 |   |    |    |    | 2  | 5  | 2  |    |
| <i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Schimp.                                  |                   |   |    |    |   |   |    |   |   |   |    |    |    |    |    | 8  |    |
| <i>Brachythecium salebrosum</i> (Hoffm. ex F.Weber & D.Mohr) Schimp., nom.cons. |                   |   | 10 | 3  |   |   |    |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |

## | Veda mladých 2016

| Názov taxónu                                               | Fyziognomický typ | 1  | 2 | 3  | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|------------------------------------------------------------|-------------------|----|---|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>Bryum caespiticium</i> Hedw.                            |                   |    | 1 |    |   | 1  |    |    | 1  |    |    |    |    | 5  |    |    |    |
| <i>Bryum moravicum</i> Podp.                               |                   |    |   |    |   |    | >1 | >1 |    |    |    | >1 |    |    |    |    |    |
| <i>Calliergonella cuspidata</i> (Hedw.) Loeske             |                   |    |   | 7  |   |    | >1 |    | 3  | 17 | 13 |    | >1 | 2  |    | 5  |    |
| <i>Calliergonella lindbergii</i> (Mitt.) Hedenäs           |                   |    |   |    |   |    | >1 |    | >1 | 10 | 7  |    |    |    |    |    |    |
| <i>Campylium protensum</i> (Brid.) Kindb.                  |                   |    |   |    |   | >1 | >1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Campylophyllum calcareum</i> (Crundw. & Nyholm) Hedenäs |                   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    | 2  |    |    |    |
| <i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.                   |                   |    |   |    |   |    | >1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| * <i>Chiloscyphus</i> sp. Corda                            |                   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | >1 |    |
| <i>Cirriphyllum piliferum</i> (Hedw.) Grout                |                   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 2  |    |    |
| <i>Climacium dendroides</i> (Hedw.) F. Weber & D. Mohr     |                   | 1  | 3 | 1  |   |    | >1 | >1 | 1  | 3  |    |    | >1 | >1 |    |    |    |
| <i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce                |                   |    |   |    |   |    |    |    | 1  |    | 1  |    |    | 3  |    |    |    |
| <i>Dicranella</i> sp. (Müll. Hal.) Schimp.                 |                   |    |   |    |   | >1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Dicranum scoparium</i> Hedw.                            |                   | >1 |   | >1 |   |    |    |    |    |    |    |    | >1 |    |    |    |    |
| <i>Fissidens taxifolius</i> Hedw.                          |                   |    |   |    |   |    |    |    |    | >1 |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Schimp.                |                   |    |   |    | 2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.                          |                   | >1 |   |    |   |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    | 2  |    |    |
| <i>Oxyrrhynchium hians</i> (Hedw.) Loeske                  |                   |    | 3 | 5  |   |    |    | 3  | 2  |    | 1  | 3  |    |    | 5  | 5  |    |
| <i>Plagiomnium affine</i> (Blandow ex Funck) T. J. Kop.    |                   | >1 | 1 | 1  | 4 |    |    | >1 | >1 |    |    | 1  | >1 | >1 | 3  | 1  |    |
| <i>Plagiomnium cuspidatum</i> (Hedw.) T. J. Kop.           |                   | >1 |   |    | 2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Plagiomnium undulatum</i> (Hedw.) T. J. Kop.            |                   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 20 |    | 15 |
| <i>Polytrichastrum formosum</i> (Hedw.) G.L.Sm.            |                   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | >1 |    |    |
| <i>Racomitrium</i> sp. Brid.                               |                   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | >1 |    |
| <i>Rhizomnium punctatum</i> (Hedw.) T.J. Kop.              |                   |    |   | >1 |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | >1 |

| Názov taxónu                                      | Fyziognomický typ | 1 | 2 | 3  | 4 | 5  | 6  | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---------------------------------------------------|-------------------|---|---|----|---|----|----|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>Rhytidiadelphus squarrosus</i> (Hedw.) Warnst. |                   |   | 3 |    | 7 |    |    |   |   |   |    |    |    |    | 25 | 8  |    |
| <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> (Hedw.) Warnst. |                   |   | 1 |    |   |    |    |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske           |                   |   | 1 | >1 |   |    |    |   |   |   |    |    |    | 1  | 3  | 2  |    |
| <i>Thuidium delicatulum</i> (Hedw.) Schimp.       |                   |   | 2 |    |   |    | 1  | 3 | 2 | 5 |    |    | >1 |    | 7  | 1  |    |
| <i>Tortella tortuosa</i> (Hedw.) Limpr.           |                   |   | 2 | 3  |   | 70 | 25 | 1 | 5 | 2 |    |    |    | 5  |    |    |    |

Table 2: Presence of determined bryophyte taxa in physiognomic types with their cover (in %)

Vysvetlivka (Note): \* = pečeňovka (liverwort)



Obr. 4: Fyziognomický typ 6 s najvyšším počtom zaznamenaných taxónovv rámci územia haldového poľa (Foto: Pavel Širka, 6.6.2016)

Fig. 4: Physiognomic type 6 with the highest number of recorded taxa within the dump field area (Photo: Pavel Širka, 6.6.2016)

Vzťahy medzi druhovým bohatstvom a pokryvnosťou vegetácie poukazujú na to, že konkurencia medzi rôznymi taxonomickými skupinami a v rámci nich, ako aj vplyvy lokálnych podmienok stanovišťa a štruktúra krajiny sú dôležitými premennými pri štúdiu ako vyšších tak i nižších

rastlín. Konkurencia medzi cievnatými a bezcievnatými rastlinami je často považovaná za nepreukaznú (napr. Ingerpuu et al., 2003), avšak empirické dôkazy o tom sú vzácne a do značnej miery sporné. Na druhej strane je známe, že druhové bohatstvo machorastov, lichenizovaných húb a cievnatých rastlín reaguje rozdielne na niektoré abiotické a biotické faktory, pričom ho ovplyvňujú buď rôzne (Pausas, 1994; Ingerpuu et al., 1998, 2003), alebo rovnako (Ingerpuu et al., 1998; Gould, Walker, 1999). Výskyt cievnatých rastlín ako aj machorastov koreluje s orientáciou stanovišťa voči svetovým stranám, zatiaľ čo výskyt machorastov vzhľadom k ich veľkosti ešte preukaznejšie koreluje aj s mikroklimou (Johnson-Groh, 1987).

Z predkladaných výsledkov je možné sledovať rozdiely v druhovej skladbe machorastov v rámci jednotlivých fyziognomických typov vyvinutých na haldovom poli Veľká Studňa pri Malachove, avšak na relevantnejšie zhodnotenie faktorov, ktoré najviac podmieňujú výskyt a diverzitu machorastov v študovanom území je v budúcnosti potrebné výskum doplniť o výsledky týkajúce sa medzidruhových vzťahov a vzťahov machorastov k iným taxonomickým skupinám rastlín a k abiotickým faktorom prostredia.

### Súhrn

Výskyt mnohých druhov rastlín v súčasnej krajine vo veľkej miere odzrkadľuje aj jej historické využívanie. Existuje množstvo prác venovaných druhovému bohatstvu cievnatých rastlín, avšak územné charakteristiky druhového zloženia machorastov sú zriedka brané do úvahy. Práca prináša predbežný prehľad o druhovej skladbe machorastov na banskej halde Veľká Studňa pri Malachove. Výsledkom floristického prieskumu haldového poľa je 16 identifikovaných fyziognomických typov na základe rastlinných spoločenstiev, resp. dominancie konkrétnych rastlinných druhov, v rámci ktorých bolo spolu determinovaných 34 taxónov machorastov (33 machov a 1 pečeňovka). Počet determinovaných taxónov machorastov vo fyziognomických typoch kolíše od 2 do 12. Najčastejšie vyskytujúci sa taxón vo fyziognomických typoch bol *Plagiomnium affine* (11), avšak s nízkymi pokryvnosťami. Za najreprezentatívnejší taxón haldového poľa s výskytom v 8 fyziognomických typoch a pomerne vysokými pokryvnosťami (vo fyziognomickom type 5 až 70 %) by sa dal považovať druh *Tortella tortuosa*. Aj keď predkladané výsledky do určitej miery ukazujú rozdiely v druhovej skladbe machorastov, na relevantnejšie zhodnotenie faktorov, ktoré najviac podmieňujú výskyt a diverzitu machorastov v študovanom území, je potrebné výskum ďalej rozšíriť a štatisticky vyhodnotiť.

**Kľúčové slová:** machorasty, druhová konkurencia, abiotické faktory, banské haldy, Veľká Studňa, Malachov

### Podakovanie

Príspevok vznikol za podpory grantových projektov VEGA 1/0538/15 a VEGA 2/0099/13.

## Literatúra

BANÁSOVÁ, V. 1976. Vegetácia medených a antimónových hald. (Vegetation of copper and antimony mine heaps). Biol. Práce 22: 1-109.

BANÁSOVÁ, V., HAJDÚK, J. 2006. Príspevok k vegetácii banských hald z malokarpatských rudných ložísk. Bull. Slov. Bot. Spoločn. 28: 203-210.

CVACHOVÁ, A., HÁBEROVÁ, I. 2001. Príspevok k flóre a vegetácii záveru Malachovskej doliny. In: Turisová, I. (ed.): Ekologická diverzita modelového územia banskobystrického regiónu. UMB Banská Bystrica, ŠOP SR Banská Bystrica, Stredoslovenské múzeum Banská Bystrica.

FERENC, Š., MIKUŠOVÁ, J., BALÁŽ, P. 2013. Banskobystrický geopark – historicky významné ložiská nerastných surovín. Mineralia Slovaca 45: 239-244.

GOULD, W. A., WALKER, M. D. 1999. Plant communities and landscape diversity along a Canadian Arctic river. J. Veg. Sci. 10: 537-548.

HILL, M. O. 2006. An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia. Journal of Bryology 28: 198–267.

INGERPUU, N., KULL, K., VELLAK, K. 1998. Bryophyte vegetation in a woodland meadow: relationships with phanerogam diversity and responses to fertilisation. Pl. Ecol. 134: 163-171.

INGERPUU, N., VELLAK K., LIIRA J., PÄRTEL M. 2003. Relationships between species richness patterns in deciduous forests at the north Estonian limestone pavement. J. Veg. Sci. 14: 773-780.

JOHNSON-GROH, C. L. 1987. Ecology of terricolous and corticolous bryophytes and lichens in relation to vascular plant communities and microclimate in central Iowa forests. Retrospective Theses and Dissertations, Paper 8660, 201 s.

LAPIN, M. et al. 2002. Klimatické oblasti. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Bratislava, 95 s.

MAŤOVÁ, V., FEKETE, L., HELMA, J., FERENC, Š. 2008. Komplexné zhodnotenie zatvoreného ložiska Malachov – Veľká Studňa, Záverečná správa. Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Bratislava: AuREX TRADE s.r.o. Banská Bystrica, 281 s.

MAZÚR, E., LUKNIŠ, M. 1986. Geomorfologické jednotky. M 1 : 1 000 000. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava & Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica, 88 s.

## | Veda mladých 2016

PAUSAS, J. G. 1994. Species richness patterns in the understory of Pyrenean *Pinus sylvestris* forest. *J. Veg. Sci.* 5: 517-524.

PILOUS, Z. & DUDA, J. 1960. Klíč k určování mechorostů ČSR. Praha: ČSAV. 569 s.

ROS, R. M., et al. 2007. Hepatics and anthocerotes of the Mediterranean, an annotated checklist. *Cryptogamie, Bryologie* 28 (4): 351-437.

SMITH, A. J. E. 2004. The Moss Flora of Britain and Ireland, Second Edition. Cambridge: Cambridge University Press, 1032 s.

**Kontaktná adresa:** Mgr. Pavel Širka; Katedra biológie a ekológie, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici; +421 944207580; pavel.sirka@umb.sk

## **ANALÝZA ZÁSoby PÔDNEJ VODY PRÍSTUPNEJ PRE RASTLINY VO VYBRANÝCH LOKALITÁCH POVODIA RIEKY NITRY**

### **ANALYSIS OF SOIL WATER STORAGE AVAILABLE FOR PLANTS IN SELECTED AREAS OF THE NITRA RIVER BASIN**

Andrej TÁRNÍK

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

#### **Abstract**

Soil water storage is one of the biggest task in agricultural field of study. Knowledge about amount of soil water available for plants is necessary for correct agricultural practice. This article is focused on analysis of soil water storage availability for plant in the Nitra river basin in years 2013, 2014 and 2015. Three localities were selected for detailed analysis of soil moisture and soil water availability for plants. Amount of available water was determined as a difference between actual soil moisture and hydrolimits of water availability. Hydrolimits were calculated by retention curves from soil samples taken in the basin. In observed years were periods with amount of soil water under hydrolimit of water availability repeatedly. It is necessary to do measures for improvement of soil water regime.

**Keywords:** soil water, soil moisture, availability for plants, the Nitra river basin

#### **Úvod**

Prežitie človeka si vyžaduje určitú kombináciu vlastností životného prostredia a prítomnosť základných prírodných zdrojov. Z pohľadu poľnohospodárstva k základným prírodným zdrojom nepochybne patria voda a pôda. Informácia o obsahu vody v pôde je nevyhnutná pre poľnohospodársku prax ako aj pri štúdiu mnohých odborov ako je hydrológia, pedológia, ekológia, meteorológia a agronómia (Lunt – Hubbard – Rubin, 2005). Vzťah a vzájomné ovplyvňovanie sa týchto dvoch elementov je predmetom záujmu a skúmania odnepamäti. Voda sa pohybuje vo všetkých smeroch a v každom prostredí: v atmosfére, na povrchu ale aj pod povrchom. Práve voda pod povrchom pôdy, pôdna voda, je hlavnou témou tohto príspevku. Zásoby pôdnej vody v zóne aerácie pôdy a špeciálne v koreňovej zóne rastlín, sú kľúčové

premenne k stavom povrchových a podpovrchových vôd a celkovej hydrologickej a energetickej bilancie (Igaz, 2010).

V dôsledku intenzívneho využívania krajiny, vysokým nárokom na poľnohospodársku produkciu a meniacu sa klímu, sa mení aj vlhkosť režim pôd v poľnohospodárskej krajine. V predkladanom príspevku sa budeme zaoberať práve problematikou vlhkosťného režimu pôdy z pohľadu poľnohospodárstva a zabezpečenia rastlinnej výroby dostatkom prístupnej pôdnej vody.

Pôdna voda je základným zdrojom vody pre rastliny ale nie celé množstvo vody prítomné v pôde je aj prístupné pre rastliny. V poľnohospodárskej praxi, s ohľadom na závlahové hospodárstvo a potrebu maximalizácie úrod, je potrebné sledovať vlhkosť pôdy a udržiavať ju v medziach jej prístupnosti pre rastliny. Hranicami prístupnosti pôdnej vody pre rastliny sú hydrolimity poľná vodná kapacita a bod vädnutia (Antal – Igaz, 2012; Šútor – Štekauerová, 2001).

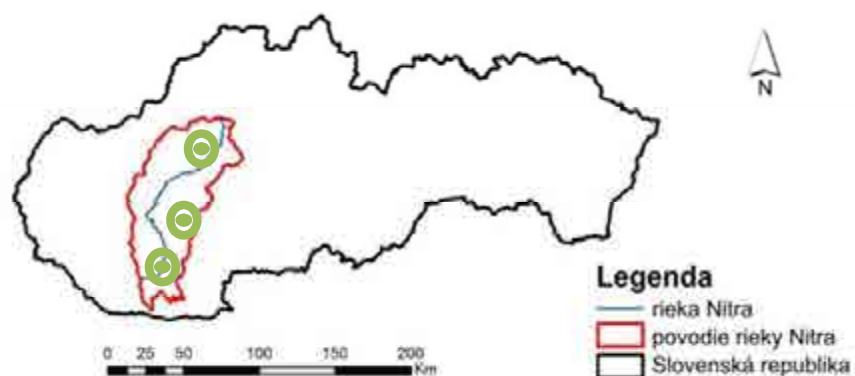
$$\Theta_P = \Theta_{PK} - \Theta_{BV} [-] \quad (1)$$

kde:  $\Theta_P$  - prístupná pôdna voda [-],  $\Theta_{PK}$  - poľná vodná kapacita [-],  $\Theta_{BV}$  - bod vädnutia [-].

Už pri dosiahnutí hranici vlhkosti pôdy na úrovni hydrolimitu bod zníženej dostupnosti však dochádza k výraznému obmedzeniu prístupnosti vody pre rastliny a dosahovanie primeranej úrodnosti je významne ovplyvnená. Už pri dosiahnutí tohto bodu sa tiež odporúča aplikovať závlaha a snahou poľnohospodárov je udržať obsah vody v pôde medzi hranicami poľnej vodnej kapacity a bodu zníženej dostupnosti. Bod vädnutia a nižšia vlhkosť by vôbec nemala byť dosiahnutá.

### Materiál a metódy

#### Záujmové územie



Obr. 1 Povodie rieky Nitry s vybranými lokalitami (zo severu Bojnice, Tesárske Mlyňany, Palárikovo)

Fig. 1 The Nitra River Basin with selected localities (from north Bojnice, Tesárske Mlyňany, Palárikovo)

Za záujmové územie pre túto prácu bolo vybrané povodie rieky Nitry. Toto územie bolo vybrané na základe nadpriemernej znalosti o vlastnostiach pôdy a pokrytia plochy povodia sieťou pozorovacích staníc katedry. V povodí bol v minulosti uskutočnený aj zber a analýza pôdných vzoriek. Povodie Nitry je čiastkovým povodím povodia rieky Váh. Povodie leží výhradne na území Slovenska, predstavuje výmeru 5080 km<sup>2</sup>. Väčšinu plochy územia povodia rieky Nitry zaberá poľnohospodárska pôda, konkrétne 61 %. Druhým plošne najväčším pôdnym krytom územia sú lesy, zaberajú 30 % plochy povodia. V rámci povodia sme sa zamerali na tri konkrétne lokality, ktoré boli vybrané tak, aby reprezentatívne zachytávali vlastnosti (meteorologické a pedologické charakteristiky) v celom povodí. Sú to lokality Bojnice, Tesárske Mlyňany a Palárikovo.

### **Zber a spracovanie dát**

V lokalitách vybraných na analýzu zásoby pôdnej vody prístupnej pre rastliny sú umiestnené hydrologické stanice, ktoré zaznamenávajú vlhkosť pôdy vo viacerých hĺbkach. V tomto príspevku sme sa sústredili na aktívnu časť pôdneho profilu, teda do hĺbky 60 cm. Spracovali sme denné údaje z meraní v hĺbke 20 a 40 cm. Na meranie vlhkosti pôdy boli využité snímače 10HS od firmy Decagon Devices. Snímače sú zostavené na princípe kapacitnej metódy (Frequency Domain Reflectometry). Výrobca uvádza presnosť týchto zariadení pri použití štandardnej kalibračnej rovnice  $\pm 0,03 \text{ m}^3/\text{m}^3$  v minerálnych pôdach alebo až  $\pm 0,02 \text{ m}^3/\text{m}^3$  pri kalibrácii na špecifickú pôdu (Decagon Devices). Dáta o vlhkosti pôdy sme spracovali do mesačných priemerov za roky 2013 až 2015.

Z vybraných lokalít a hĺbok boli odobrané neporušené pôdne vzorky, ktoré boli analyzované, a na základe ktorých boli stanovené retenčné krivky. Interpretáciou vypracovaných retenčných kriviek boli stanovené hodnoty hydrolimitov určujúcich prístupnosť pôdnej vody pre rastliny. Hydrolimit poľná vodná kapacita bol určený ako 2,3 pF, bod zníženej dostupnosti ako 3,48 pF a bod vädnutia ako 4,18 pF.



Obr. 2 Neporušené pôdne vzorky a stanovovanie retenčných kriviek

Fig. 2 Undisturbed soil samples and determination of retention curves

### Analýza prístupnosti pôdnej vody

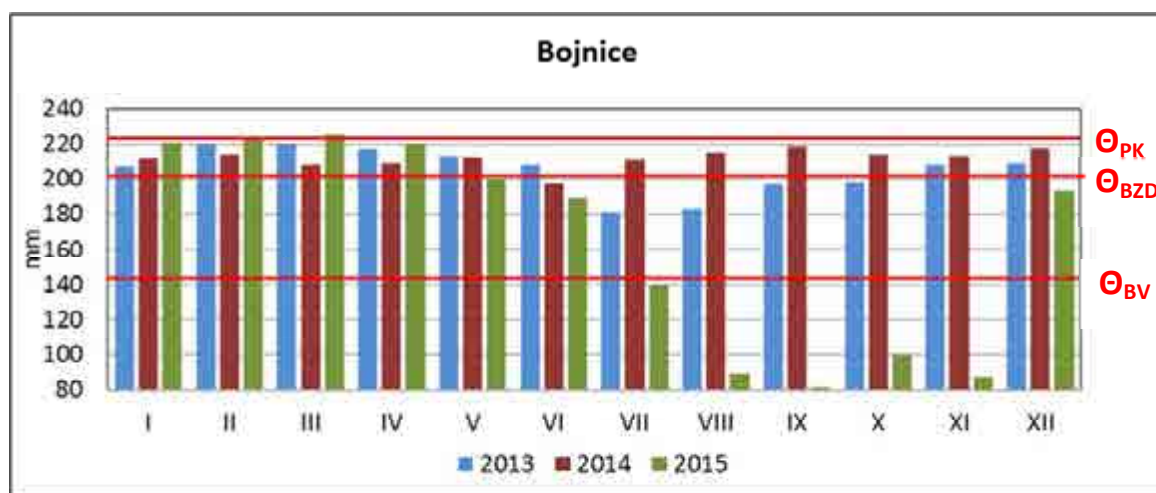
Prístupnosť pôdnej vody pre rastliny ohraničujú hydrolimity poľná vodná kapacita a bod vädnutia. Na základe stanovených retenčných kriviek pôdy sme určili hodnoty hydrolimitov pre oba pôdne horizonty vybraných lokalít. Určením rozdielu medzi nameranou reálnou vlhkosťou pôdy a vlhkosťou hydrolimitu určujúcou prístupnosť pôdnej vody a následným zohľadnením hrúbky pôdneho horizontu sme vypočítali zásobu pôdnej vody prístupnej pre rastliny pre zvolené 2 pôdne horizonty. Spočítaním zásoby vody v jednotlivých horizontoch sme určili celkovú zásobu prístupnej vody v pôdnom profile.

$$W_P = (\Theta_M - \Theta_{BV}) * h_p \quad [\text{mm}] \quad (2)$$

kde:  $W_P$  – zásoba prístupnej pôdnej vody pre rastliny [mm];  $\Theta_M$  – vlhkosť pôdy [-];  $\Theta_{BV}$  – bod vädnutia [-];  $h_p$  – hrúbka pôdneho horizontu [mm]

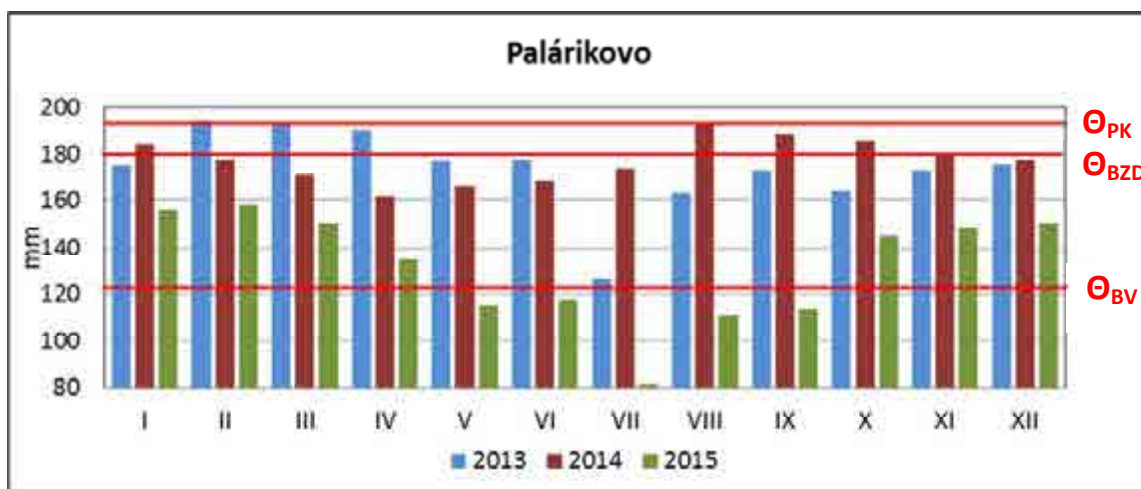
### Výsledky a diskusia

Na základe spracovania výsledkov sme vypracovali grafické výstupy priebehu vlhkosti pôdy v jednotlivých mesiacoch rokov 2013, 2014 a 2015. Na obrázkoch 3 až 5 je možné porovnať vývoj vlhkosti pôdy a porovnať jednotlivé mesačné hodnoty v uvedených rokoch. Po analýze získaných poznatkov môžeme konštatovať, že zabezpečenosť rastlinnej výroby prístupnou pôdnou vodou je mnohokrát nedostatočná. Vo viacerých obdobiach klesá obsah vody v pôde nielen pod úroveň hydrolimitu bod zníženej dostupnosti ale aj pod kritický bod vädnutia.



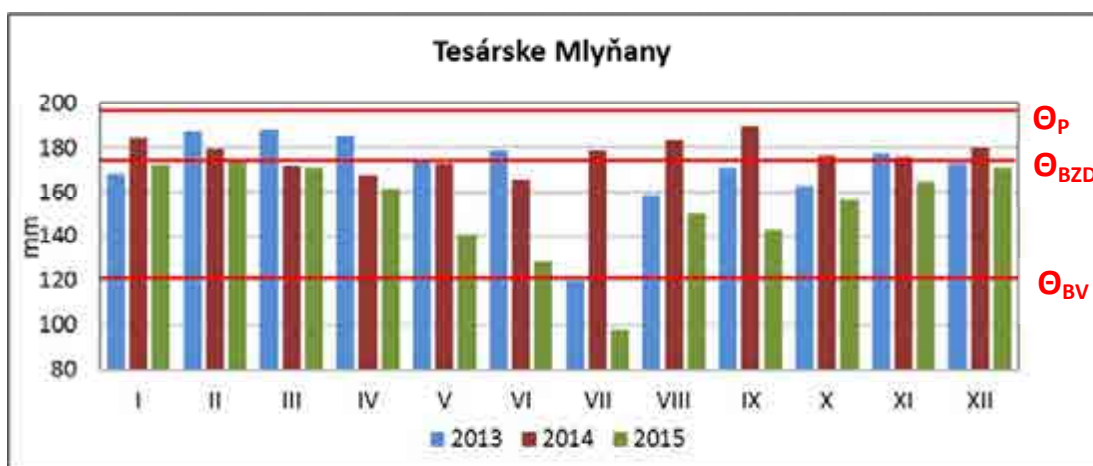
Obr. 3 Vlhkosť pôdy v lokalite Bojnice za roky 2013 až 2015 a hydrolimity prístupnosti pôdnej vody

Fig. 3 Soil moisture in locality of Bojnice in years 2013 - 2015 and hydrolimits of soil water availability



Obr. 4 Vlhkosť pôdy v lokalite Palárikovo za roky 2013 až 2015 a hydrolimity prístupnosti pôdnej vody

Fig. 4 Soil moisture in locality of Palárikovo in years 2013 - 2015 and hydrolimits of soil water availability



Obr. 5 Vlhkosť pôdy v lokalite Tesárske Mlyňany za roky 2013 až 2015 a hydrolimity prístupnosti pôdnej vody

Fig. 5 Soil moisture in locality of Tesárske Mlyňany in years 2013 - 2015 and hydrolimits of soil water availability

Priebeh vlhkosti pôdy bol v jednotlivých rokoch rozdielny, odvíjal sa najmä od zrážok a ostatných meteorologických charakteristík. Na základe našej analýzy však môžeme konštatovať, že vo všetkých sledovaných rokoch sa objavili obdobia s kritickým obsahom pôdnej vody. Je teda zrejmy opakovaný výskyt týchto období. Touto problematikou je potrebné sa ďalej zaoberať a hľadať možnosti ako týmto situáciám predchádzať. Kritickým bol najmä rok 2015 keď celý druhý polrok bola vlhkosť pôdy pod úrovňou hydrolimitu bod zníženej dostupnosti. Jesenné obdobie je práve obdobie zakladania nových úrod a potreby vlahy pre klíčenie zasiatych plodín.

Vypracované analýzy vlhkosti pôdy aj vo vzťahu prístupnosti pôdnej vody pre rastliny sú výborným podkladom pre poľnohospodársku prax ako aj pre ďalší výskum plánovania krajiny. Na základe tejto a podobných analýz je možné rozhodovať o opatreniach na zabezpečenie dostatočného množstva vody v pôde, teda napríklad o budovaní závlah alebo o budovaní opatrení na zadržiavanie vody v pôde, čo potvrdzujú aj Nagy – Štekauerová, (2006). Plánovaním krajiny pri súčasnom zohľadnení viacerých ukazovateľov sa na Slovensku venuje napríklad Muchová a kol. (2016), pričom významným parametrom v uvedenej práci je práve voda v krajine.

### Súhrn

Zásoba pôdnej vody je jednou z najväčších otázok poľnohospodárskeho výskumu. Vedomosť o množstve prístupnej pôdnej vody pre rastliny je nevyhnutná pre správnu poľnohospodársku prax. Tento článok sa zaoberá analýzou prístupnosťou pôdnej vody pre rastliny v povodí rieky Nitry v rokoch 2013, 2014 a 2015. Pre detailnú analýzu vlhkosti pôdy a prístupnosti pôdnej vody boli vybrané tri lokality. Zásoba prístupnej pôdnej vody bola určená ako rozdiel medzi momentálnou vlhkosťou pôdy a hydrolimitmi určujúcimi prístupnosť pôdnej vody. Hodnoty hydrolimitov boli určené na základe retenčných kriviek pôdných vzoriek odobraných v povodí. V sledovaných rokoch sa pravidelne vyskytli obdobia, kedy množstvo pôdnej vody bolo pod hranicou hydrolimitu prístupnosti pôdnej vody pre rastliny. Je nevyhnutné urobiť opatrenia na úpravu vlhkostného režimu pôdy.

**Kľúčové slová:** pôdna voda, vlhkosť pôdy, prístupnosť pre rastliny, povodie rieky Nitry

### PodĎakovanie

Vznik tohto príspevku bol možný aj vďaka projektom OPVaV 054/2010/2.1 (2010-12) Centrum excelentnosti pre integrovaný manažment povodia - CEIMP; APVV 0139-10 (2011-14) Priestorová interpretácia hydrofyzikálnych charakteristík pôd Slovenska vo vzťahu k ich hydrologickému režimu a VEGA 2/0040/12 (2012-15) Komplexná matematická simulácia transportu vody, chemických látok a tepelnej energie v poľnohospodárskych a lesných biotopoch s dôrazom na extrémne situácie.

### Literatúra

ANTAL, J. - IGAZ, D. 2012. Aplikovaná agrohydrologia. Nitra: SPU v Nitre. 2012. ISBN 978-80-552-0731-5

Decagon Devices. [online], [cit. 2014-03-30]. Dostupné na internete: <<http://www.decagon.com/products/soils/volumetric-water-content-sensors/10hs-soil-moisture-large-area-of-influence/>>.

IGAZ, D., 2010. Pôdna vlhkosť, jej tvorba a kvantifikácia: habilitačná práca. Nitra: SPU v Nitre. 2010.

LUNT, I.A. – HUBBARD, S.S. – RUBIN, Y. 2005 Soil moisture content estimation using ground-penetrating radar reflection data in Journal of Hydrology. vol. 307, pages 254 – 269. ISSN 0022-1694.

MUCHOVÁ, Z. a kol. 2016. Possibilities of optimal land use as a consequence of lessons learned from land consolidation projects (Slovakia) In Ecological Engineering, č. 90, str. 294-306, ISSN 0925-8574.

NAGY, V. - ŠTEKAUEROVÁ, V. 2006. Using of New Methods of Soil Water Content Measurement for Intention of Soil Water Regime Optimalization in Bioklimatologické pracovné dni 2006. ISBN 80-89186-12-2.

ŠÚTOR, J. – ŠTEKAUEROVÁ, V. 2001. Kvantifikácia zásob vody v zóne aerácie pôdy v poľnohospodárskych ekosystémoch – Využitie súborov údajov získaných monitoringom In Acta Hydrologica Slovaca. č. 1, str. 64 -71. ISSN 1335-6291.

**Kontaktná adresa:** Ing. Andrej Tárník, PhD., Katedra biometeorológie a hydrológie, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Hospodárska 7, 949 76, Nitra, Slovensko. andrej.tarnik@uniag.sk, +421 37 641 5249

**HODNOTENIE VPLYVU MESTSKÉHO PROSTREDIA NA HRAB OBYČAJNÝ (*Carpinus betulus* L.) POROVNANÍM VÝSLEDKOV VIZUÁLNEHO HODNOTENIA A PARAMETROV FLUORESCENCIE CHLOROFYLU-a**

**ASSESSMENT OF URBAN ENVIRONMENT IMPACT ON EUROPEAN HORNBEAM (*Carpinus betulus* L.) BY COMPARING OF VISUAL CHARACTERS AND THE CHLOROPHYLL- a FLUORESCENCE PARAMETERS**

Peter Uhrin, Ján Supuka

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

**Abstract**

The paper deals with research of trees reactions to changing urban environment conditions through evaluation of chlorophyll-a fluorescence by using of FMS-2 instrument (Hansatech company). To the assessed parameters belong the relative speed of electron transport (ETR) and a maximum yield of chlorophyll fluorescence (Fv/Fm) in photochemical processes PS-II. The second groups of assessed parameters are focused on the visual evaluation of trees characters as qualitative index (Q) between two study areas. A 6 subjects of the species *Carpinus betulus* L. growing on two types of environments were evaluated. For assessment we have taken three individuals evaluated in environmentally loaded area in Štúrova street in Nitra, also three individuals in environmentally unloaded area in Arboretum Mlyňany in Vieska nad Žitavou. The results were statistically evaluated with a focus on detection of significant value differences in statistical files, comparing the medians, variance analysis and assessment of monitored parameters during the growing season. The results of visual assessment shows an increasing aerial parts of individuals in urban areas, which had the final qualitative index higher (Q1= 4.0, Q2= 5.0, Q3= 5.33) compared to those in the Arboretum Mlyňany (Q1= 2.0 , Q 2= 2.0, Q3= 2.00). Results of statistical analysis showed higher values of parameter Fv/Fm in individuals in the park area (Fv/Fm1= 0.833, Fv/Fm2= 0.807, Fv/Fm3= 0.811) for all three dates of measurement compared to those in the urban area (Fv/Fm1= 0,791 Fv/Fm2= 0.794, Fv/Fm3= 0.794). Statistical evaluation of the relative speed of electron transport showed higher levels in individuals in the urban area (ETR1= 284.434, ETR2= 251.808, ETR3= 228.749) during all three terms of measurements compared to those in the park area (ETR1= 244.702, ETR2= 228.119, ETR3= 204.341).

**Key words:** urban environment, tree assessment, chlorophyll fluorescence, visual marks

### Úvod

Schopnosť adaptability drevín na environmentálne zaťažené podmienky je v dnešnej dobe predmetom mnohých výskumov. Hlavne dreviny v mestskom prostredí sú neustále vystavované širokej škále stresových faktorov, ktoré môžu mať antropogénny, fyzikálny, chemický či mechanický pôvod.

Zmenené podmienky prostredia urbanizovanej krajiny rôznou formou a rôznou intenzitou ovplyvňujú rastliny a ich spoločenstvá. Závisí na druhu rastliny, jej vývojového štádia a prirodzenej (geneticky podmienenej) schopnosti reagovať, prispôbiť sa a odolávať zmeneným podmienkam (SUPUKA, 2000).

Súčasný trend zmien klimatických podmienok vo forme extrémnych teplotných výkyvov, vysokých teplôt vzduchu a vysokého vodného deficitu, ale aj pomerne emisného tlaku, môžu ovplyvňovať metabolické procesy fotochemických reakcií v asimilačných orgánoch drevín a obmedzovať tak produkciu ich stavebných látok.

Bolo preukázané, že zvýšená UV-B žiarenie má škodlivé účinky na rýchlosť fotosyntézy u veľa druhov rastlín (URBAN et al., 2006). Účinnosť a stabilita PSII fotosyntetických systémov sú dôležité pre fungovanie celého fotosyntetického aparátu. UV-B žiarenie môže poškodiť PSII systémy a tým aj znížiť efektivitu fotosyntézy. Znížená výnosnosť fotosyntézy predchádza zníženiu účinnosti základného fotochemického reťazca PSII (HAAPALA et al., 2010; CASTLE et al. 2011; DAY et al. 2001). Fungovanie PSII systémov môže byť hodnotená aj meraním fluorescence chlorofylu. Inhibícia rastu, ktorá je často pozorovaná pri mnohých druhoch rastlín v dôsledku vysokého UV-B žiarenia, je často sprevádzaná znížením fotosyntetickej kapacity (SINGH et al., 2012; MÖLLER, 2001).

### Materiál a metódy

Počas výskumu bol ohodnotených 6 jedincov z druhu *Carpinus betulus* L. Pre hodnotenie boli vybraté 3 jedince zo zaťaženej lokality a to konkrétne na Štúrovej ulici v meste Nitra a 3 jedince na environmentálne nezaťaženej lokalite v Arboréte Mlyňany vo Vieske nad Žitavou, pracovisko UEL-SAV. Jedince sme hodnotili v troch termínoch vegetačného obdobia v roku 2015. Vizuálne hodnotenie a meranie fluorescence chlorofylu- *a* na modelových drevinách prebiehalo na oboch lokalitách v rovnakých termínoch. Prvý termín merania a vizuálneho hodnotenia bol na prelome mesiacov jún-júl, druhý termín v mesiaci august a tretí termín v mesiaci september v roku 2015. Meranie fluorescence chlorofylu- *a* v listoch skúmaných drevín prebiehalo výlučne

počas anticyklónálneho počasia, teda počas tlakovej výši na oslnenej časti koruny v čase od 08:30 hod. maximálne do 15:30 hod.

### **Charakteristika modelových území**

- Štúrova ulica v Nitre

Patrí k jednej z najviac zaťažených mestských komunikácií v meste Nitra. Z hľadiska zlého riešenia tranzitných smerov, z ktorých mnohé vedú cez stred mesta dochádza v poslednom období k neúmernému zaťaženiu hlavných mestských komunikácií, najmä na Štúrovej ulici, Triede A. Hlinku a na Štefánikovej ulici. K vyťaženiu prispieva aj okrem individuálnej osobnej automobilovej dopravy aj mestská hromadná doprava spolu s tranzitnou dopravou. Počas dopravnej špičky od 08:00 hod. do 10:00 hod., od 12:00 hod. – 14:00 hod a od 15:00 hod.- 17:00 hod. prejde týmto dopravným úsekom podľa nášho vizuálneho pozorovania počas merania okolo 7200 dopravných vozidiel. Komunikáciu z dvoch strán lemuje riedka výsadba drevín (<http://www.msunitra.sk>). Skúmané jedince sa nachádzajú v tesnej blízkosti cestnej komunikácie vo vzdialenosti od 0,5m do 3m. Jedince boli vyberané tak, aby boli počas dňa saturované slnečným žiarením.

- Arborétum v Mlyňanoch

Arborétum Mlyňany je špecializované pracovisko Ústavu ekológie lesa SAV, botanická inštitúcia, ktorá spravuje najväčšiu zbierku cudzokrajných drevín na Slovensku a jednu z najbohatších v strednej Európe. Arborétum založil v roku 1892 Dr.Štefan Ambrózy-Migazzi, šľachtic pochádzajúci z maďarskej Tane (dnes Tanakajd). Územie Arboréta Mlyňany SAV patrí do katastrálnych území susediacich obcí Viesky nad Žitavou a Tesárskych Mlynian. Je charakteristické výraznými terénnymi prevýšeniami ([www.arboretum.sav.sk](http://www.arboretum.sav.sk)). Hodnotené jedince sa na tejto lokalite nachádzali na okraji porastu a mali dostatočne veľkú časť koruny riadne oslненú slnečným žiarením, ako zrovnateľné kritériá pre posudzovanie drevín na obidvoch lokalitách.

### **Vizuálne hodnotenie**

Kvalitu asimilačných orgánov a stav deštrukcie koruny stromov boli hodnotené pomocou nasledovných indikátorov: defoliácia, odumieranie (presychanie) koruny a hodnotenie nekrózy listov. Stupeň defoliácie sme hodnotili podľa metodiky (PEJCHAL, 1995; INNES, 1990; SUPUKA et al., 1991), stupeň odumierania koruny podľa metodiky (PEJCHAL, 1995) a stupeň nekrózy listov podľa metodiky (SUPUKA et al., 1991). Všetky tri indikátory sme hodnotili so stupnicou v rozmedzí od 0 (najnižší stupeň poškodenia) až 4 (najvyšší stupeň poškodenia).

Mykologicko-deštrukčné prejavy a mechanické poškodenia boli hodnotené tromi indikátormi: mechanické poškodenie, výskyt dutín a húb a kalusovanie rán ako reakciou drevín na mechanické poškodenie. Každý markér bol hodnotený stupnicou od 0 - 4, pričom 0 predstavovala najmenší rozsah deštrukčného prejavu a stupeň 4 najväčší rozsah. Zaznamenávali

sme aj typ a pôvod mechanického poškodenia, podľa druhu škodcu (HRUBÍK, TKÁČOVÁ, 2004). Registrovali sme znaky poranenia kmeňa, konárov ale aj mrazové trhliny (BERNATZKY, 1987). Druh a stupeň poškodenia boli hodnotené podľa metodiky PEJCHAL (1995) s bodovou stupnicou v rozmedzí taktiež od 0 (najnižší stupeň poškodenia) do 4 (najvyšší stupeň poškodenia). Ku každej bodovej hodnote bolo pridelené percentuálne hodnoty, ktoré definujú rozsah deštruktívneho prejavu. Výskyt dutín a húb, sme považovali za jeden z druhov biotických škodcov (HRUBÍK, TKÁČOVÁ, 2004) a bol hodnotený nielen znakmi plošného vizuálneho rozsahu (meraním pásmom), ale aj hĺbkou dutiny a to zasunutím pevného drôtu do dutiny v kmeni alebo v konári (GÁPER, 1998; GÁPER, GÁPEROVÁ, 2009). Kalusovanie rán bolo hodnotené meraním rozsahu kalusu a porovnávaním s celkovým plošným rozsahom rany v pomerových vzťahoch.

Okrem spomínaných charakteristík boli zaznamenávané základné dendrometrické charakteristiky ako sú: výška dreviny, šírka koruny a obvod kmeňa vo výške 1,3 m nad povrchom zeme. Základné hodnoty boli merané laserovým diaľkomerom značky Leica model DISTO D-5.

Skúmané dreviny boli vizuálne hodnotené tri krát približne v jedno mesačných intervaloch a vyhodnocované prostredníctvom kvalitatívneho indexu na základe nasledujúceho vzorca (SUPUKA a kol., 1991):

Vzorec 1 Vzorec na výpočet kvalitatívneho indexu

$$Q_n = \frac{\sum A_i \cdot x_i + \sum B_i \cdot x_i + \sum C_i \cdot x_i}{\sum x_i}$$

Vysvetlivky:  $A_i - N_i$  – druh a charakter hodnotenia znaku  $i$ -tej kvality,  $Q_n$  – index kvality  $n$ -tej dreviny,  $x_i$  – počet drevín hodnotených na danej lokalite

Explanation:  $A_i - N_i$  - type and character of evaluation feature  $i$ -th quality  $Q_n$  - quality index  $n$ -th plants,  $x_i$  - the number of plants evaluated at a given locality

Equation 1 Equation to the calculation of a qualitative index (Supuka, et al., 1991)

Celkový prehľad hodnotených indikátorov spolu s percentuálnym alebo pomerovým popisom rozsahu pôsobenia konkrétneho deštruktívneho prejavu je zobrazený v Tabuľke 1. Indikátory na vizuálne hodnotenie kvalitatívneho stavu drevín

| Kvalita asimilačných orgánov a deštrukcia koruny | INDIKÁTOR               | HODNOTA | ROZSAH     | PREJAV           | OPIS                                                           |
|--------------------------------------------------|-------------------------|---------|------------|------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                                  | Defoliácia [D]          | 0       | 0% - 10%   | stopeš ošivenie  | žiadne až malé stopy ošivenia                                  |
|                                                  |                         | 1       | 11% - 25%  | stopeš ošivenie  | malé až malé stopy ošivenia                                    |
|                                                  |                         | 2       | 26% - 50%  | stopeš ošivenie  | stredne až veľké stopy ošivenia                                |
|                                                  |                         | 3       | 51% - 80%  | stopeš ošivenie  | veľké až veľké stopy ošivenia                                  |
|                                                  |                         | 4       | 81% - 100% | stopeš ošivenie  | veľké stopy ošivenia                                           |
|                                                  | Odumieranie koruny [Ok] | 0       | 0% - 10%   | vysušenie konár  | deštrukcia vysušenie na koncoch konárov                        |
|                                                  |                         | 1       | 11% - 25%  | vysušenie konár  | odumieranie konárov v strede konárov                           |
|                                                  |                         | 2       | 26% - 50%  | vysušenie konár  | odumieranie konárov v strede konárov                           |
|                                                  |                         | 3       | 51% - 80%  | vysušenie konár  | odumieranie konárov v strede konárov                           |
|                                                  |                         | 4       | 81% - 100% | vysušenie konár  | odumieranie konárov v strede konárov                           |
|                                                  | Nekróza listov [Nl]     | 0       | 0% - 10%   | poškodenie listu | žiadne až malé poškodenie listu v ošivení poškodenia škodcom   |
|                                                  |                         | 1       | 11% - 25%  | poškodenie listu | malé až malé poškodenie listu v ošivení poškodenia škodcom     |
|                                                  |                         | 2       | 26% - 50%  | poškodenie listu | stredne až veľké poškodenie listu v ošivení poškodenia škodcom |
|                                                  |                         | 3       | 51% - 75%  | poškodenie listu | veľké až veľké poškodenie listu v ošivení poškodenia škodcom   |
|                                                  |                         | 4       | 76% - 100% | poškodenie listu | veľké až veľké poškodenie listu v ošivení poškodenia škodcom   |

| Abiologická škodcovia : a - vtáky, b - šneci, c - náraz, d - blask                                                            |   |                 |                   |                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Mechanické poškodenie [Mp]                                                                                                    | 0 | 0%              | poškodenie kmeňa  | žiadne poškodenie                                                        |
|                                                                                                                               | 1 | 0% - 10%        | poškodenie kmeňa  | poškodenie do 10 % povrchu kmeňa, konárov a koreňov / on nádenov         |
|                                                                                                                               | 2 | 10% - 30%       | poškodenie kmeňa  | poškodenie do 30 % povrchu kmeňa, konárov a koreňov / on nádenov         |
|                                                                                                                               | 3 | 30% - 50%       | poškodenie kmeňa  | poškodenie do 50 % povrchu kmeňa, konárov a koreňov / on nádenov         |
|                                                                                                                               | 4 | 50% - 100%      | poškodenie kmeňa  | poškodenie nad 50 % povrchu kmeňa, konárov a koreňov / on nádenov        |
| Biologická škodcovia : a - huby, b - hmyz, c - zvier, d - človek (pri poškodení typu a) a výskote dužn, hodnotíme podľa [Vd]) |   |                 |                   |                                                                          |
| Výskyt dužn a húb [Vd]                                                                                                        | 0 | 0               | dužn v kmeni      | na kmeni sa nenachádza žiadne dužn ani húb, ktoré sú viditeľné           |
|                                                                                                                               | 1 | 0 - 1/2 ok      | dužn v kmeni      | výskyt dužn a húb s hĺbkou do 1/2 ok kmeňa                               |
|                                                                                                                               | 2 | 1/2 ok - 1/4 ok | dužn v kmeni      | výskyt dužn a húb s hĺbkou od 1/2 ok do 1/4 ok kmeňa, ktoré sú viditeľné |
|                                                                                                                               | 3 | 1/4 ok - 1/2 ok | dužn v kmeni      | výskyt dužn a húb s hĺbkou od 1/4 ok do 1/2 ok kmeňa, ktoré sú viditeľné |
|                                                                                                                               | 4 | 1/2 ok - 1 ok   | dužn v kmeni      | výskyt dužn a húb s hĺbkou viac ako 1/2 ok kmeňa, ktoré sú viditeľné     |
| Kalkulovanie rán [K]                                                                                                          | 0 | 0 ok            | žiadne poškodenie | žiadne poškodenie kmeňa, konárov a koreňov / on nádenov                  |
|                                                                                                                               | 1 | 1/2 ok - 1/2 ok | žiadne poškodenie | žiadne poškodenie kmeňa, konárov a koreňov / on nádenov                  |
|                                                                                                                               | 2 | 1/4 ok - 1/2 ok | žiadne poškodenie | žiadne poškodenie kmeňa, konárov a koreňov / on nádenov                  |
|                                                                                                                               | 3 | 1/2 ok - 1 ok   | žiadne poškodenie | žiadne poškodenie kmeňa, konárov a koreňov / on nádenov                  |
|                                                                                                                               | 4 | 1 ok            | žiadne poškodenie | žiadne poškodenie kmeňa, konárov a koreňov / on nádenov                  |

Vysvetlenie: ok- obvod kmeňa, s - plocha rany na kmeni alebo na konári

Explanation: ok - trunk perimeter, s - area of trunk or branch wounds

Table 1: Indicators of visual evaluation of qualitative wood plants state

## Meranie hodnôt fluorescencie chlorofylu

Meranie fluorescencie chlorofylu-*a* prebiehalo počas dňa v časovom rozmedzí od 08:30 dopoludnia do 15:30 popoludní. Merali sme nedeštruktívnou metódou na živých listoch priamo na korune stromov (in situ metóda) približne vo výškach od 1,5 m do 2,5 m nad úrovňou terénu. Meranie sme uskutočnili pulzným fluorimetrom od firmy Hansatech, modelom FMS-2 po 30 minútovej adaptácie listovej plochy. Listy sme zatieňovali pomocou listových svoriek od firmy Hansatech, s kruhovým otvorom v priereze 7mm priemerom.

Pre meranie bol vytvorený skript s následnými charakteristikami: WAIT = 10,0 s; Fv/FM - 2,5 s (trvanie periódy), intenzita žiarenia nasýtenia v maximálnej úrovni - 100 = 20 000  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , 0,8 ms (v dĺžke trvania svetelného pulzu). WAIT = 20,0 s; ACT = rozsah 27 (aktinické svetlo s intenzitou 500  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  žiarenie); WAIT = 180,0 s;  $\Phi\text{PSII}$  = 2,5 s (trvajúca doba pobytu); Intenzita žiarenia nasýtenia v maximálnej úrovni - 100 = 20 000  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , 0,8 ms trvanie svetelného pulzu); FO '(Far-red pulz s radiáciou pozdĺžne 735 nm, trvanie pulzu 3 s).

Meranie prebiehalo na desiatich nepoškodených, zdravých a vyvinutých dospelých asimilačných orgánoch. Výsledok každého merania bol ukladajú do riadiacej jednotky prístroja FMS-2 a následne exportovaný pomocou príslušného softwaru MODFLUOR 32. Zaznamenávané a porovnávané boli hodnoty parametrov Fv/Fm– maximálny výťažok fotochemických procesov PSII,  $\Phi\text{PSII}$  - efektívny kvantový výťažok fotochemických reakcií PSII, ETR– relatívna rýchlosť transportu voľných elektrónov fotochemických procesov PSII .

## Štatistické hodnotenie nameraných údajov

Namerané hodnoty sledovaných parametrov fluorescencie chlorofylu- *a* boli prostredníctvom príslušného softwaru (prístroja FMS 2) MODFLUOR-32 exportované z riadiacej jednotky vo

forme numerických dát. V rámci štatistického zisťovania boli jednotky vzniknutého základného štatistického súboru vecne a časovo triedené na základe kvalitatívnych a kvantitatívnych znakov.

Počas procesu štatistického spracovávanie sa porovnávali merané hodnoty medzi jednotlivými typmi lokalít v rámci jedného druhu aj medzidruhovým zisťovaním štatisticky významne preukazných odchýlok. Pre tieto účely sa ukázal ako vhodný už osvedčený štatistický software SATOGRAFIC Centurion v. 16. Pomocou neho sme použili metódu hodnotenia rozptylu (ANOVA test) a na presnejšie zisťovanie rozdielov medzi hodnotami meraných fyziologických parametrov sme používali štatistickú metódu KRUSKAL- WALIS testu, na porovnávanie mediánov štatistických súborov každého druhu. Preukaznosť bola hodnotená na základe P-hodnoty kedy  $P \leq 0,05$  predstavuje štatisticky preukazný rozdiel, v prípade, že  $P \leq 0,01$ , hodnotené parametre predstavujú štatisticky vysoko preukazný rozdiel. Vo finálnej časti štatistického skúmania teda tzv. štatistického rozboru sme hodnotili vývoj hodnôt sledovaných parametrov, zhrnuli výsledky štatistického spracovávanie a sformulovali z nich vyplývajúce závery.

## Výsledky a diskusia

### Zhodnotenie klimatologických podmienok za merané obdobie

V termínoch vizuálneho hodnotenia a merania fluorescencie chlorofylu v meste Nitra prevládali vysoké maximálne denné teploty. V mesiaci jún dosahovali maximálne denné teploty 30,7 °C, v mesiaci júl 36,8 °C, v mesiaci august 37,5 °C, v mesiaci september 33,7 °C a v mesiaci október 22,4 °C. Mesačné úhrny zrážok boli v tejto lokalite minimálne, v mesiaci jún nepresiahli 10,2 mm, v júni to nebol viac ako 17,2 mm a v mesiaci august 57,7 mm zrážok. Bližší prehľad klimatických charakteristík daného obdobia je uvedený v Tabuľke 2.

Tabuľka 2: Zhodnotenie klimatických charakteristík – Nitra, 2015

| Mesiac    | Teplota vzduchu |      |      | Zrážky |
|-----------|-----------------|------|------|--------|
|           | Max             | Min  | Avg  | Sum    |
| jún       | 30,7            | 7,9  | 19,9 | 10,2   |
| júl       | 36,8            | 7,9  | 23,6 | 17,2   |
| august    | 37,5            | 10   | 23,5 | 57,7   |
| september | 33,7            | 3,9  | 17,5 | 33,2   |
| október   | 22,4            | -1,6 | 10,5 | 54,8   |

Vysvetlivky: Mesiac, Max- maximálna teplota, Min- minimálna teplota, Avg- priemerná teplota, Sum- súhrn zrážok  
 Explanation: Month, Max - maximum temperature, Min - minimum temperature, Avg - average temperature, Sum –sum of precipitation

Table 2: Assessment of climatic characteristics - Nitra, 2015

## | Veda mladých 2016

Počas hodnoteného obdobia v Arboréte Mlyňany vo Vieske nad Žitavou prevládali vysoké maximálne denné teploty, ktoré v mesiaci jún vystúpili na 30,4 °C, v mesiaci júl na 37,3 °C, v mesiaci august na 36,9 °C, v mesiaci september na 35,8 °C a v mesiaci október na 20,9 °C. Mesačné úhrny zrážok tu boli minimálne, v mesiaci júl nepresiahli 18,2 mm, v auguste spadlo 165,2 mm. V mesiaci september spadlo 61,2 mm zrážok a v októbri 44,4 mm. Prehľad klimatologických charakteristík tohto obdobia je uvedený v tabuľke 3.

Tabuľka 3: Zhodnotenie klimatických charakteristík - Arborétum Mlyňany, Vieska nad Žitavou, 2015

| Mesiac    | Teplota vzduchu |      |       | Zrážky |
|-----------|-----------------|------|-------|--------|
|           | Max             | Min  | Avg   | Sum    |
| jún       | 30,4            | 6,0  | 15,09 | 64,7   |
| júl       | 37,3            | 6,2  | 23,2  | 18,4   |
| august    | 36,9            | 10,9 | 22,7  | 165,8  |
| september | 35,8            | 9,3  | 22,3  | 61,2   |
| október   | 20,9            | -0,3 | 10,13 | 44,4   |

Vysvetlivky: Mesiac, Max- maximálna teplota, Min- minimálna teplota, Avg- priemerná teplota, Sum- súhrn zrážok

Explanation: Month, Max - maximum temperature, Min - minimum temperature, Avg - average temperature, Sum- sum of precipitation

Table 3: Assessment of climatic characteristics – Arborétum Mlyňany, Vieska nad Žitavou, 2015

Počas prieskumu prevládalo podľa programu monitoringu sucha v Podunajskej a Východoslovenskej nížine vedeným Slovenským hydrometeorologickým ústavom v Bratislave dlhodobé obdobie sucha (SHMU, 2015).

### Vizuálne zhodnotenie

Výsledky vizuálneho hodnotenia jedincov v meste Nitra poukazujú na nízku mieru deštrukcie koruny, ktorá sa v priebehu vegetačného obdobia mierne zhoršila a to hlavne v oblasti defoliácie u druhého a tretieho jedinca. Prvý jedinec sa vyznačoval strednou mierou mortality koruny druhého stupňa. Prvý jedinec sa vyznačoval dobrým kalusovaním rán, čo bolo u druhého a tretieho jedinca horšie. Celkový zdravotný stav sa v priebehu hodnoteného obdobia mierne zhoršoval, čomu zodpovedá aj zvyšujúci sa kvalitatívny index ako môžeme vidieť v Tabuľke 4.

Tabuľka 4 Vizuálne hodnotenie drevín v meste Nitre, 2015

| Meranie | Jedinec | Latinský názov      | D | Ok | Ni | Mp | Vd | K | Q <sub>1</sub> |
|---------|---------|---------------------|---|----|----|----|----|---|----------------|
| 1.      | 1       | Carpinus betulus L. | 0 | 2  | 0  | 1  | 0  | 1 | 4, 00          |
| 1.      | 2       | Carpinus betulus L. | 0 | 1  | 0  | 1  | 0  | 2 |                |
| 1.      | 3       | Carpinus betulus L. | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 3 |                |

|    |   |                     |   |   |   |   |   |   |       |
|----|---|---------------------|---|---|---|---|---|---|-------|
| 2. | 1 | Carpinus betulus L. | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 5, 00 |
| 2. | 2 | Carpinus betulus L. | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |       |
| 2. | 3 | Carpinus betulus L. | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 |       |
| 3. | 1 | Carpinus betulus L. | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 5, 33 |
| 3. | 2 | Carpinus betulus L. | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 |       |
| 3. | 3 | Carpinus betulus L. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |       |

Vysvetlivky: *D- defoliácia koruny, Ok- odumieranie koruny, Ni- nekroza listov, Mp- mechanické poškodenie, Vd- výskyt dutín v kmeni alebo konári, K- lasusovanie rán*

Explanation: *D- crown defoliation, Ok- dieback of the crown, Na- necrosis of leaves, Mp- mechanical damage, Vd- incidence of cavities in the trunk or branches, K- wounds callusing*

Table 4 Visual trees assessment in Nitra, 2015

V porovnaní s jedincami v meste Nitra bola kvalita asimilačných orgánov vyššia u jedincov v nezaťaženom prostredí v Arboréte vo Vieske nad Žitavou. Hodnotenú jedince sa tu vyznačovali vysokou kvalitou asimilačných orgánov a takmer žiadnou mierou nekrózy listov, či defoliácie. Jediné zhoršenie badať v oblasti odumierania koruny ktorá bola najvýraznejšia u prvého jedinca. Miera odumretia koruny sa počas vegetačného obdobia nezhoršovala. Nezhoršovala sa ani celková hodnota kvalitatívneho indexu, ktorá predstavovala hodnotu  $Q_2 = 2,00$ . Podrobnejšie hodnotenie môžeme vidieť v Tabuľke 5.

Tabuľka 5 Vizuálne hodnotenie drevín v Arboréte Mlyňany, Vieska nad Žitavou, 2015

| Meranie | Jedinec | Latinský názov      | D | Ok | Ni | Mp | Vd | K | $Q_2$ |
|---------|---------|---------------------|---|----|----|----|----|---|-------|
| 1.      | 1       | Carpinus betulus L. | 0 | 2  | 0  | 0  | 0  | 1 | 2, 0  |
| 1.      | 2       | Carpinus betulus L. | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 1 |       |
| 1.      | 3       | Carpinus betulus L. | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0 |       |
| 2.      | 1       | Carpinus betulus L. | 0 | 2  | 0  | 0  | 0  | 1 | 2, 0  |
| 2.      | 2       | Carpinus betulus L. | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 1 |       |
| 2.      | 3       | Carpinus betulus L. | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0 |       |
| 3.      | 1       | Carpinus betulus L. | 0 | 2  | 0  | 0  | 0  | 1 | 2, 0  |
| 3.      | 2       | Carpinus betulus L. | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 1 |       |
| 3.      | 3       | Carpinus betulus L. | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0 |       |

Vysvetlivky: *D- defoliácia koruny, Ok- odumieranie koruny, Ni- nekroza listov, Mp- mechanické poškodenie, Vd- výskyt dutín v kmeni alebo konári, K- lasusovanie rán*

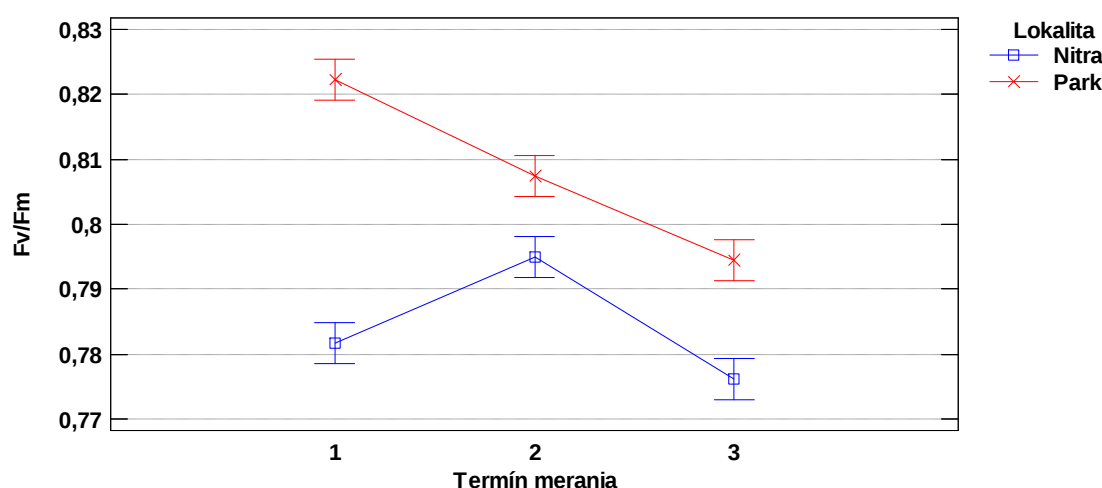
Explanation: *D- crown defoliation, dieback of the crown Ok-, Na- necrosis of leaves, Mp- mechanical damage, Vd- incidence of cavities in the trunk or branches, K- wounds callusing*

Table 5 Visual trees assessment in Arborétum Mlyňany, Vieska nad Žitavou, 2015

### Hodnotenie parametrov fluorescence chlorofylu-*a*

Štatisticky boli vyhodnocované parametre  $F_v/F_m$  (maximálny fluorescenčný výťažok PS II systému) a parametra ETR (relatívnu rýchlosť transportu elektrónov). Na grafe 1 je znázornený vývoj parametra  $F_v/F_m$  počas vegetačného obdobia v roku 2015 resp. počas troch termínov meraní fluorescence chlorofylu-*a* v tomto roku.

Graf 1 Rozdiel mediánov parametra  $F_v/F_m$  nameraných na lokalitách vzhľadom na termíny meraní a za rok 2015



Graph 1 Median difference of parameter  $F_v/F_m$  measured at locations considered interms of measurement for the year 2015

Hodnoty parametra mali na oboch lokalitách klesajúcu tendenciu. V prvom termíne meraní vyšiel pri analýze rozptylu (teste ANOVA) štatisticky vysoko preukazný rozdiel, ktorý sa v druhom termíne mierne zredukoval a štatistický rozdiel nebol preukazný. V treťom termíne sa hodnoty sledovaného parametra výrazne znížili a rozdiel medzi lokalitami bol iba štatisticky preukazný. Podrobnejšie údaje vo forme P- hodnôt a váhy testov sú v Tabuľke 6.

Tabuľka 6 Štatistické zhodnotenie parametra  $F_v/F_m$  pre jedince na oboch lokalitách, 2015

| Štatistické limty           | Termín merania |        |         |            |
|-----------------------------|----------------|--------|---------|------------|
|                             | 1              | 2      | 3       | 1+2+3      |
| <b>ANOVA test</b>           |                |        |         |            |
| P – hodnota                 | <0.0001***     | 0,0597 | 0,0252* | <0.0001*** |
| F – ratio                   | 64,97          | 17.98  | 5,28    | 32,76      |
| <b>Kruskal- Wallis test</b> |                |        |         |            |
| P - hodnota                 | <0.0001***     | 0,1314 | 0,3251* | <0.0001*** |
| T – test                    | 34,840         | 2,275  | 0,968   | 22,602     |

Vysvetlivky: \* -  $P \leq 0.5$ -štatisticky nepreukazný rozdiel; \*\* -  $P \leq 0.01$ -štatisticky preukazný rozdiel;

\*\*\* -  $P \leq 0.001$ - štatisticky vysoko preukazný rozdiel

Explanation: \* -  $P \leq 0.5$ -statistically non significant difference; \*\* -  $P \leq 0.01$ -statistically significant difference; \*\*\* -  $P \leq 0.001$ -statistically highly significant difference

Table 6 Statistical evaluation of parameter Fv / Fm for individuals for the both sites, 2015

Tak ako počas predošlých dvoch termínov meraní, boli aj pri treťom termíne v mestskom prostredí hodnoty preukázateľne nižšie oproti parkovému priestoru. V tabuľke 7 sú uvedené parametre vzniknutých štatistických súborov.

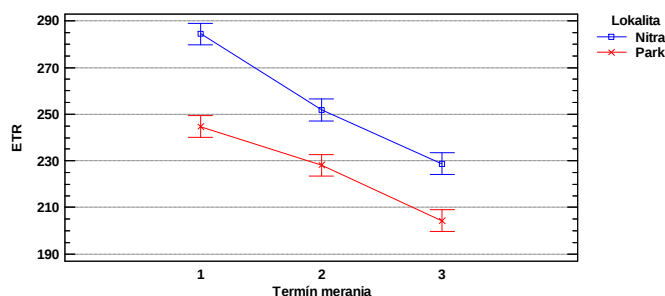
Tabuľka 7 Štatistické charakteristiky analýzy rozptylu parametra Fv/Fm pre jedince na oboch lokalitách, 2015

| Termín merania | Lokalita | Medián | Štandardná odchýlka | Variačný koeficient | Minimum | Maximum | Rozsah |
|----------------|----------|--------|---------------------|---------------------|---------|---------|--------|
| 1              | Nitra    | 0,791  | 0,0270              | 3,41%               | 0.819   | 0,837   | 0,102  |
|                | Park     | 0,833  | 0,0101              | 1,21%               | 0,810   | 0,852   | 0,042  |
| 2              | Nitra    | 0,794  | 0,0295              | 3,71%               | 0,735   | 0,839   | 0,104  |
|                | Park     | 0,807  | 0,0196              | 2,43%               | 0,767   | 0,834   | 0,067  |
| 3              | Nitra    | 0,776  | 0,0422              | 5,43%               | 0,690   | 0,835   | 0,145  |
|                | Park     | 0,794  | 0,0110              | 1,38%               | 0,775   | 0,823   | 0,048  |
| 1+2+3          | Nitra    | 0,787  | 0,0341              | 4,34%               | 0,690   | 0,839   | 0,149  |
|                | Park     | 0,811  | 0,0216              | 2,66%               | 0,767   | 0,852   | 0,085  |

Table 7 Statistical variance analyse characteristic of Fv/Fm parameter for individuals on both localities, 2015

Štatistické vyhodnotenie multifaktoriálneho testu ANOVA pre parameter ETR (relatívna rýchlosť transportu elektrónov) poukazuje na zvýšené hodnoty u jedincov v mestskom prostredí. Najvýraznejší rozdiel medzi mediánmi sa prejavil v prvom termíne merania, čo potvrdzuje aj P- hodnota v tabuľke 8 kedy v teste vyšiel štatisticky vysoko preukazný rozdiel. Ten sa v druhom termíne zmiernil a v treťom termíne sa opäť mierne zvýšil.

Graf 2 Rozdiel mediánov parametra ETR nameraných na lokalitách vzhľadom termín merania za rok 2015



Graph 2 Median difference of parameter ETR measured at locations considered in terms of measurement for the year 2015

Celkovo možno skonštatovať, že vyššie hodnoty sledovaného parametra boli namerané u jedincov v mestskom prostredí, pričom na oboch lokalitách mali hodnoty klesajúcu tendenciu. Taktiež Kruskal -Wallis test potvrdil výsledky s analýzy rozptylu v tabuľke 8.

Tabuľka 8 Štatistické zhodnotenie parametra ETR pre jedince na oboch lokalitách, 2015

| Štatistické limity          | Termín merania |           |            |            |
|-----------------------------|----------------|-----------|------------|------------|
|                             | 1              | 2         | 3          | 1+2+3      |
| <b>ANOVA test</b>           |                |           |            |            |
| <b>P – hotnota</b>          | <0.0001***     | 0,0001*** | <0.0001*** | <0.0001*** |
| <b>F – ratio</b>            | 47,24          | 17,27     | 32,61      | 49,37      |
| <b>Kruskal- Wallis test</b> |                |           |            |            |
| <b>P - hodnota</b>          | <0.0001***     | 0,0001*** | 2,8342     | 1,9100     |
| <b>T – test</b>             | 30,090         | 14,4381   | 44,288     | 36,063     |

Vysvetlivky: \*-  $P \leq 0.5$ -štatisticky nepreukazný rozdiel; \*\*-  $P \leq 0.01$ -štatisticky preukazný rozdiel;

\*\*\*-  $P \leq 0.001$ - štatisticky vysoko preukazný rozdiel

Explanation: \*-  $P \leq 0.5$ -statistically non significant difference; \*\* -  $P \leq 0.01$ -statistically significant difference;

\*\*\* -  $P \leq 0.001$ -statistically highly significant difference

Table 8 Statistical evaluation of parameter ETR for individuals for the both sites, 2015

Podrobnejší opis jednotlivých štatistických súborov nájdeme v tabuľke 9. Z výsledkov môžeme vidieť vysoký variačný koeficient hlavne pri jedincoch v mestskom prostredí. Tiež sa vyznačujú vyššou štandardnou odchýlkou a samozrejme aj minimálnymi a maximálnymi hodnotami.

Tabuľka 9 Štatistické zhodnotenie parametra ETR pre jedince na oboch lokalitách, 2015

| Termín merania | Lokalita | Medián  | Štandardná odchýlka | Variačný koeficient | Minimum | Maximum | Rozsah |
|----------------|----------|---------|---------------------|---------------------|---------|---------|--------|
| 1              | Nitra    | 284,434 | 29,296              | 34,69%              | 241,16  | 332,09  | 90,93  |
|                | Park     | 244,702 | 12,011              | 26,87%              | 230,45  | 274,55  | 44,10  |
| 2              | Nitra    | 251,808 | 25,174              | 9,99%               | 221,21  | 313,86  | 92,65  |
|                | Park     | 228,119 | 18,469              | 8,09%               | 206,30  | 264,05  | 57,75  |
| 3              | Nitra    | 228,749 | 7,112               | 3,10%               | 217,85  | 241,37  | 23,52  |
|                | Park     | 204,341 | 2,054               | 1,00%               | 200,84  | 208,40  | 7,56   |
| 1+2+3          | Nitra    | 257,219 | 32,099              | 12,58%              | 217,85  | 332,09  | 114,24 |
|                | Park     | 225,721 | 20,904              | 9,26%               | 200,84  | 274,55  | 73,71  |

Explanation: Term of assessment, Locality, Standard deviation, Variation coefficient, Minimum, Maximum, Span

Table 9 Statistical evaluation of parameter ETR for individuals for the both sites, 2015

Zvýšenie hodnôt parametra ETR u jedincov v mestskom prostredí je pravdepodobne následkom zvýšenej miery slnečnej insolácie asimilačných pletív a teda aj vysokej dávky slnečnej radiačnej energie. Výsledky rozboru mikroklimatických podmienok v čase výskumu poukazujú na vysoký tlak prostredia vo forme vodného deficitu, vysokých denných teplôt a vysokých kvánt

slnečného žiarenia počas dňa. Dreviny sa v takýchto podmienkach chránia fotoinhibičnými procesmi v asimilačných pletivách a bránia tak ich poškodeniu, či dokonca k ich odumieranu. Za intenzívnych svetelných podmienok sa rastliny musia vyrovnávať s prebytkom svetla a excitačnej energie, ktorá spôsobuje oxidačný stres a fotoinhibíciu (POWLES, 1984; OSMOND, 1994; FOYER, NOCTOR, 2000). Podmienky foto- inhibície sa vyskytujú v prípadoch, keď je kapacita na svetlo nezávislých (tzv. " temnotných ") procesov, využívajúcich elektróny vytvorené primárnymi foto-reakciami, nedostatočná. Takáto situácia môže spôsobovať excitáciu elektrónov a viesť k modifikovaniu funkcií elektrónových akceptorov PSII (KYLE et. al 1984; SETLIK et. al 1990; VASS 2012). Rastlina aktivuje mechanizmus pre fotoprotekciu a opravy fotosyntetického aparátu počas foto- inhibície (MELIS, 1999; DEMMIG ADAMS et. al 1998; ADIR et. al 2003). Táto modifikácia môže poskytovať rastlinám ochranu na rôznych úrovniach intenzity osvetlenia a toku energie cez transportný elektrónový reťazec.

Po 30 minútovom zatienení listovej plochy sa fotosyntetické procesy v tejto časti listu zastavili spolu s fotochemickými procesmi PSI a PSII. Avšak na ostatnej nezatienenej ploche listu prebiehajú naďalej a keďže na túto plochu dopadá vysoké množstvo radiačných kvánt, drevina na túto skutočnosť reaguje a naďalej produkuje transmitérické enzýmy, ktoré zabezpečujú alternatívny elektrónový transport nadbytočnej energie. Pravdepodobnosti tejto skutočnosti napovedajú aj zvýšené hodnoty relatívnej rýchlosti transportu elektrónov ETR nameraných počas výskumu na jedincoch v mestskom prostredí.

Na základe výsledkov možno predpokladať, že hodnotené jedince boli v čase merania fluorescencii listového chlorofylu vystavené stresovým faktorom ako nedostatok vody v pôdnom profile, vysoké slnečné žiarenie vyvolávajúce aj vysoké teploty vzduchu, ako aj imisný tlak a možný obsah posypových solí v pôde najmä u jedincoch v mestskom prostredí.

## Súhrn

Príspevok sa zaoberá výskumom reakcií drevín na meniace sa podmienky v mestskom prostredí pomocou hodnotenia parametrov relatívnej rýchlosti transportu elektrónov (ETR) a maximálneho výťažku fluorescencie chlorofylu- a (Fv/Fm) vo fotochemických procesoch PS-II spolu s porovnávaním výsledkov vizuálneho hodnotenia vo forme kvalitatívneho indexu (Q) medzi dvomi modelovými územiami. Súčasťou je aj zhodnotenie a porovnanie rozdielov parametrov mezoklimatických podmienok medzi modelovými lokalitami. Hodnotených bolo 6 jedincov druhu *Carpinus betulus* L. rastúcich na dvoch typoch stanovišť. Z nich tri jedince sme hodnotili v environmentálne zaťaženom prostredí na Štúrovej ulici v meste Nitra a tri jedince v environmentálne nezaťaženom prostredí v Arboréte Mlyňany vo Vieske nad Žitavou. Hodnoty parametrov fluorescencie chlorofylu- a boli štatisticky spracované a vyhodnocované vo forme grafov a tabuliek. Výsledky boli štatisticky vyhodnotené s dôrazom na zisťovanie preukaznosti rozdielov hodnôt v štatistických súboroch, porovnávanie mediánov, analýzu rozptylu a

hodnotenie vývoja sledovaných parametrov počas vegetačného obdobia v roku 2015. Výsledky vizuálneho hodnotenia poukazujú na vyššiu mieru záťaže nadzemných častí jedincov v mestskom prostredí, ktoré mali výsledné kvalitatívne indexy vyššie ( $Q_1=4,0$ ,  $Q_2=5,0$ ,  $Q_3=5,33$ ) oproti jedincom v Arboréte Mlyňany ( $Q_1=2,0$ ,  $Q_2=2,0$ ,  $Q_3=2,00$ ). Výsledky štatistických analýz preukázali aj vyššie hodnoty parametru  $F_v/F_m$  u jedincoch v parkovom priestore ( $F_v/F_{m1}=0,833$ ,  $F_v/F_{m2}=0,807$ ,  $F_v/F_{m3}=0,811$ ) počas všetkých troch termínov merania oproti jedincom v mestskom priestore ( $F_v/F_{m1}=0,791$ ,  $F_v/F_{m2}=0,794$ ,  $F_v/F_{m3}=0,794$ ). Štatistické zhodnotenie relatívnej rýchlosti transportu elektrónov preukázalo vyššie hodnoty u jedincoch v mestskom prostredí ( $ETR_1=284,434$ ,  $ETR_2=251,808$ ,  $ETR_3=228,749$ ) počas všetkých troch termínov meraní oproti jedincom v parkovom priestore relatívne nezaťaženého prostredia ( $ETR_1=244,702$ ,  $ETR_2=228,119$ ,  $ETR_3=204,341$ ).

**Kľúčové slová:** mestské prostredie, hodnotenie drevín, fluorescencia chlorofylu, vizuálna hodnotenie

### Podakovanie

Príspevok bol spracovaný vďaka finančnej podpore grantového projektu KEGA č. 003SPU-4/2014.

### Literatúra

ADIR, N. - ZER, H. - SHOKHAT, S. - OHAD, I. 2003: Photoinhibition - a historical perspective. In: Photosynth Research, 76: 343–370.

BERNATZKY, A. 1978. Tree Ecology and Preservation. Amsterdam, Oxford, New York. In : Elsevier, 1978. s. 83 – 86.

CASTLE, S. C. - MORRISON, C. D. - BARGER, N. N. 2011: Extraction of chlorophyll a from biological soil crusts: a comparison of solvents for spectrophotometric determination. In: Soil Biological Biochemistry, 43: 853-856.

DAY, T. A. - RUHLAND, C. T. - XIONG, F. S. 2001. Influence of solar ultraviolet-B radiation on Antarctic terrestrial plants: results from a 4-year field study. In: Photochemical Photobiology. B 62 : 78-87.

DEMMIG-ADAMS, B. – MOELLER, D. L. – LOGAN, B.A. – ADAMS, W.W. 1998: Positive correlation between levels of retained zeaxanthin, anthrexanthin and degree of photoinhibition in shade leaves of *Schefflera arboricola*. In: Planta, 205: 367–374.

FOYER, C.H. – NOCTOR, G. 2000: Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signaling. In: New Phytol, 146: 359–388.

GÁPER, J. 1998: Trúdniky na území Slovenska a ich šírenie v ekosystémoch bazídiospórami, Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 1998. s. 5, 75 s. ISBN 80-228-0750-8.

GÁPER, J. - GÁPEROVÁ, S. 2009: Dutiny ako dôležitá súčasť hodnotenia vitality drevín v sídlach. In: BERNADOVIČOVÁ, S. - JUHÁSOVÁ, G. (eds.): Dreviny vo verejnej zeleni. Nitra : Ústav ekológie lesa SAV, 2009. s.193 - 198.

HAAPALA, J. K. - MEORSKY, S. K. - SAARNIO, S. - SUOKANERVA, H. - KYRÖ, E. - SILVOLA, J. - HOLOPAINEN, T. 2010: Long-term effects of elevated UV-B radiation on photosynthesis and ultrastructure of *Eriophorum russeolum* and *Warnstorfia exannulata*. In: Sci. Total Environ., 409: 370- 377.

HRUBÍK, P. - TKÁČOVÁ, S. 2004: Inventarizácia a klasifikácia drevín vzáhradnej a krajinnej tvorbe. In: Zborník z konferencie s medzinárodnou účasťou Sídlo-park-krajina. Nitra: SPU, 2004. s. 87 - 89.

KYLE, D. J. – OHAD, I, - ARNTZEN, C. J. 1984: Membrane protein damage and repair: selective loss of a quinone–protein function in chloroplast membranes. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 81, s. 4070–4074.

MELIS, A. 1999: Photosystem-II damage and repair cycle in chloroplasts: what modulates the rate of photodamage in vivo? In: Trends Plant Science, 4: 130–135.

MÖLLER, I. M. – 2001: Plant mitochondria and oxidative stress: electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species. In: Ann. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol., 52: 561- 591.

OSMOND, C. B. 1994: What is photoinhibition? Some insights from the comparison of sun and shade plants. In: Baker NR, Bowyer JR (eds) Photoinhibition: molecular mechanisms to the field. Bios Scientific, Oxford, s. 189–258.

PEJCHAL, M. 1995: Hodnocení vitality stromu v městských ulicích. In: : KOLEKTIV

(eds): Stromy v ulicích. Olomouc - Mělník: Sekce péče o dřeviny při Společnosti pro záhradní a kraji krajinářskou tvorbu, 1994. s. 32 – 40.

POWLES, S.B. 1984: Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. In: Annual Review Plant Physiology, 35: 15–44.

SETLIK, I. – ALLAKHVERDIEV, S.I. – NEDBAL, L. – SETLIKOVA, E. – KLIMOV, V. V. 1990: Three types of Photosystem II photoinactivation. I. Damaging processes on the acceptor side. In: Photosynth Res., 23: 39–48.

SINGH, J. - SINGH, R.P. - DUBEY, A. K. 2012: Effects of ultraviolet-B (UV-B) radiation on two cryptogamic plants pigments growing at high altitude of central Himalayan region, India. In: Afr. J. Environ. Sci. Technol., 6: 9 -16.

SUPUKA, J. a kol. 1991: Ekologické princípy tvorby a ochrany zelene. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1991, s. 307, ISBN 80-224-0128-5.

SUPUKA, J. a kol. 2000: Ekológia urbanizovaného prostredia. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 2000, 223 s. ISBN 80-228-0964-0.

URBAN, O. – TUMA, I. – HOLUB, P. – MAREK, M. V. 2006: Photosynthesis and growth response of *Calamagrostis arundinacea* and *C. villosa* to enhanced UV-B radiation. In: Photosynthetica, 44: 215-220.

VASS, I. 2012: Molecular mechanisms of photodamage in the Photosystem II complex. In: Biochim Biophys Acta., 1817: 209–217.

webové stránky:

- <http://www.arboretum.sav.sk/>
- <http://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=595>

**Kontaktná adresa:** Ing. Peter Uhrin, Katedra záhradnej a krajinnej architektúry, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská Poľnohospodárska Univerzita v Nitre, Tulipánová 7, 949076 Nitra, e- mail: petuhrin@hotmail.com

## STANOVENÍ GENETICKÉ PŘÍBUZNOSTI U ODRŮD ASIJSKÝCH A EVROPSKÝCH HRUŠNÍ PĚSTOVANÝCH NA JIŽNÍ MORAVĚ

### MOLECULAR GENETIC RELATIONSHIPS ASIAN AND EUROPEAN PEARS GROWING IN SOUTH MORAVIA

Jan WOLF, Kateřina BARÁNKOVÁ, Tomáš NEČAS

Mendelova univerzita v Brně

#### Abstract

In this study was completely tested 31 pear trees, 6 European pears, 4 pear rootstocks, 16 Asian pears, 5 interspecific hybrids and *Cydonia*. The plantation is founded in Lednice in the field of Faculty of Horticulture, Mendel. In the study was used the AFLP method for the genetic relationships determination. In dendrogram has been founded three clusters. The first one was created by Asian pears, the second one by European pears with interspecific species and the third one was created by *Cydonia*. The perspective variety Talgarskaja Krasavica was classified to the same cluster as the Wujiu Xiang what means that it is probably interspecific too. The botanical (rootstock) species *Pyrus betulaefolia* Bunge. was classified between European and Asian clusters. It is probably transitional type between Asian and European pears. These finding will be used in the future breeding program.

**Keywords:** *Pyrus*, Asian pears, European pears, genetic relationships, AFLP

#### Úvod

Hrušky jsou, po jablkách a révě vinné, třetí nejpěstovanější ovoce mírného pásma (WU, et al., 2013). Dle taxonomie se řadí do čeledi *Rosaceae*, podčeledi *Pomoideae*, rodu *Pyrus* s  $2n = 34$  chromozomů (JACKSON, 2003). Rod *Pyrus* je vysoce polymorfní rod, pocházející ze severní polokoule (BAILEY, 1917). Zahrnuje 22 základních druhů hrušní, nejméně šest přírodních, interspecifických hybridů a minimálně tři uměle vytvořené hybridy (BELL et al., 1996). Hrušně, jako takové, vznikly v období Třetihor (před 65-55 miliony lety) v předhůří horského masivu Tian Shan v provincii Xinjiang v západní Číně. Odtud byly progenitorové genotypy hrušní rozšířeny do genových center - Čínské genové centrum, střední Asijské genové centrum a Blízko Východní genové centrum. (VAVILOV, 1951)

Díky geografickým a klimatickým činitelům vznikly dvě skupiny hrušní a to Evropské a Asijské hrušně (BAILEY, 1917). Asijské hrušně se dále dělí do pěti skupin: Ussurijské hrušně (*Pyrus ussuriensis* Max.), Čínské písečné hrušně (*Pyrus pyrifolia* (Bum.) Nak.), Čínské bílé hrušně (*Z. Pyrus x bretschneideri* Rehd.), Xinjiang hrušně (*Pyrus x sinkiangensis* Yu.) a Japonské hrušně (*Pyrus pyrifolia* (Bum.) Nak.) (SHEN, 1980).

Cílem této práce bylo zjistit genetickou příbuznost mezi Asijskými a Evropskými odrůdami hrušní, které jsou pěstovány na pozemcích ZF Mendelu v Lednici. Některé asijské názvy odrůd Asijských hrušní byly v minulosti počestěny a jejich originální název není v současné době znám, stejně tak, jako jejich původ. Zjištění příbuzenských vztahů mezi těmito odrůdami, hlavně mezi Asijskými a perspektivními Evropskými (Talgarskaja Krasavica), bude užitečné při odvození původu těchto odrůd a dále bude využito ve šlechtění hrušní.

### Materiál a metody

#### Rostlinný materiál a izolace DNA

Do této práce bylo zapojeno 30 odrůd, druhů a hybridů hrušní, kterých byl odebrán vzorek listů, ze kterého byla vyizolovaná DNA za použití DNeasy Plant Mini Kit od firmy Qiagen.

Tabulka 1 Hrušně zahrnuté v této práci.

| Název              | Druh                     | Rodokmen                                        | Původ           |
|--------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|
| <i>Cydonalus</i>   | Intergenetic hybrid      | <i>Malus domestica</i> x <i>Cydonia oblonga</i> | Rusko           |
| Hosui              | <i>P. pyrifolia</i>      | Ri - 14 (Kikusui x Yakumo) x Yakumo             | Japonsko 1954   |
| Chojuro            | <i>P. pyrifolia</i>      | Náhodný semenáč <sup>2)</sup>                   | Japonsko 1889   |
| Jinhua             | <i>P. bretschneideri</i> | X                                               | X               |
| Ju Li              | X                        | X                                               | X               |
| Kirgizkaja Zimnaja | X                        | X                                               | X               |
| Kumt ghan chu      | X                        | X                                               | X               |
| Nijisseiki         | <i>P. pyrifolia</i>      | Náhodná semenáč <sup>2)</sup>                   | Japonsko 1898   |
| Ping Guo Li        | <i>P. ussuriensis</i>    | Selekce <sup>3)</sup>                           | Čína            |
| Pungsu             | X                        | X                                               | X               |
| Shin Li            | <i>P. pyrifolia</i>      | Kikusui x Tsu li                                | Kalifornie 1988 |
| Shinko             | <i>P. pyrifolia</i>      | Náhodná semenáč <sup>2)</sup><br>Nijisseiki     | Japonsko 1941   |
| Kumoi              | <i>P. pyrifolia</i>      | Ishii Wase x Yakumo                             | Japonsko 1955   |
| Shinseiki          | <i>P. pyrifolia</i>      | Nijisseiki x Chojuro                            | Japonsko 1945   |

|                            |                                                  |                                                 |                             |
|----------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|
| Shon shu                   | <i>P. bretschneideri</i>                         | X                                               | Čína                        |
| Talgarskaja<br>Krasavica   | X                                                | Náhodný semenáč <sup>2)</sup><br>Forest Beauty. | Kazachstán                  |
| Wujiuxiang                 | Interspecific hybrid                             | Ya li x Bartlett                                | X                           |
| Xue Hua                    | <i>P. bretschneideri</i>                         | X                                               | X                           |
| Ya Li                      | <i>P. bretschneideri</i>                         | X                                               | Čína                        |
| Zao Su Li                  | <i>P. bretschneideri</i>                         | Pingguoli x Shenbuzhi                           | Čína 1977                   |
| Hood                       | Interspecific hybrid                             | Oriental x Occidental<br>hybrid                 | Florida                     |
| Kieffer                    | Interspecific hybrid                             | <i>P. pyrofolia</i> x Barlett                   | Philadelphia 1863           |
| Rafzas syn. Benita         | Interspecific hybrid                             | <i>P. pyrofolia</i> x General<br>Leclerc        | Švýcarsko                   |
| Krvavka                    | <i>P. communis</i>                               | Krajová odrůda                                  | Bíle Karpaty                |
| Fox 11                     | <i>P. communis</i><br>(podnož <sup>1)</sup> )    | Náhodný semenáč <sup>2)</sup><br>Volpina        | Itálie                      |
| Clappova                   | <i>P. communis</i>                               | Flemish Beauty x<br>Bartlett                    | Massachussets<br>1860 (USA) |
| Konference                 | <i>P. communis</i>                               | Selekce <sup>3)</sup> Leon Leclerc<br>de Laval  | Velká Británie<br>1885      |
| Williamsova                | <i>P. communis</i>                               | Náhodný semenáč <sup>2)</sup>                   | Velká Británie<br>1770      |
| Hrušňový semenáč           | <i>P. communis</i><br>(podnož <sup>1)</sup> )    | Selekce                                         | Česká republika             |
| Pyrodwarf                  | <i>P. communis</i><br>(podnož <sup>1)</sup> )    | 'Old Home' x 'Bonne<br>Luise d' Avraches'       | Německo 1980                |
| <i>Pyrus betulaeifolia</i> | <i>P. betulifolia</i><br>(podnož <sup>1)</sup> ) | Botanický druh <sup>4)</sup>                    | Čína                        |

Table 1 *Pyrus* included in this study.

1) rootstock

2) chance seedling

3) selection

4) botanical species

### **AFLP analýza**

Pro restriční fázi bylo použito 200 ng genomické DNA, které byla naštípána za použití EcoRI (10 U), MseI (2 U) a 1x NEB pufr 2 po dobu 12 hodin při teplotě 37°C. Poté následovala ligace za použití adaptorů EcoRI (5pM) a MseI (50 pM), 1 x NEB pufr 2, ATP (100 mM) a T4 DNA ligáza po dobu 12 hodin při teplotě 16 °C. Po tomto kroku vznikl primární templát, který byl 10x naředěn. 10 µl primárního templátu byla použita preamplifikace. Celkový objem v PCR reakci byl 50 µl: 1 x PCR pufr, dNTP (25 mM), primer EcoRI – preamp (100 ng), primer MseI - preamp (100 ng), Taq polymeráza (1,25 U) a HPLC voda. PCR program: 20 cyklů - 94°C po dobu 45 s, 52°C po dobu 45 s a 72°C po dobu 60 s. Takto vznikl sekundární templát, který byl opět 10x naředěn. Dále následovala selektivní amplifikace, při které bylo použito šest primerových kombinací (dva primery MseI a 3 primery EcoRI - fluorescenčně značeny NED, FAM a JOE).

Celkový objem při selektivní amplifikaci byl 15 µl: 5 µl sekundárního templátu, 1 x PCR pufr, dNTP (25 mM), primer EcoRI (5 pmol), MseI (15 pmol), Taq polymeráza (2 U) a HPLC voda. Touch-down PCR program: 10 cyklů - 94°C po dobu 30 s, pokles teploty z 65°C na 56°C (snížení o 0,7°C v každém cyklu) po dobu 30 s, 72°C po dobu 60 s, a 24 cyklů - 94°C po dobu 30 s, 56°C po dobu 30 s a 72°C po dobu 60 s.

PCR produkty z každé sady byly smíchány (6 µl NED + 4 µl FAM + 4 µl JOE). Z výsledného roztoku byly odebrány 2 µl, které byly smíchány s 12 µl formamidu a 0,5 µl GS ROX 500 (velikostní standart). U vzorku byla provedena tepelná denaturace, při 95°C po dobu 5 minut, a následně zchlazení na ledu. Takto připravený vzorek byl měřen na genetickém analyzátoru ABI PRISM 310.

### **Analýza dat**

Výsledná data byla vyhodnocena pomocí programu GeneScan Analysis. V rámci dané primerové kombinace byla následně vyhodnocena přítomnost a nepřítomnost jednotlivých fragmentů u analyzovaných vzorků a získaná data byla zapsána do binární matice (1 = fragment přítomen, 2 = fragment nepřítomen). Podobnost získaných spekter mezi dvěma libovolnými variantami byla zhodnocena na základě Nei and Li/Dice podobnostního indexu. Pro výpočet koeficientu podobnosti byl použit program Free Tree. Pomocí shlukové analýzy metodou UPGMA byl zkonstruován dendrogram vyjadřující míru genetických podobností. K lepšímu grafickému zobrazení byl použit programu TreeView.

Tabulka 2. Polymorfní charakteristika AFLP primerů použitých na odrůdy z rodu *Pyrus*.

| Primerové kombinace <sup>1)</sup> Eco/Mse | Počet hodnocených fragmentů <sup>2)</sup> | Počet polymorfních fragmentů <sup>3)</sup> | Procentuální zastoupení polymorfních fragmentů (%) <sup>4)</sup> |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| E-ACT/M-TCGC                              | 101                                       | 88                                         | 87                                                               |
| E-AGG/M-TCGC                              | 108                                       | 99                                         | 92                                                               |
| E-AGC/M-TCGC                              | 103                                       | 98                                         | 95                                                               |
| E-ACT/M-TCAA                              | 110                                       | 92                                         | 84                                                               |
| E-AGG/M-TCAA                              | 99                                        | 88                                         | 89                                                               |
| E-AGC/M-TCAA                              | 111                                       | 99                                         | 89                                                               |
| Total                                     | 632                                       | 564                                        |                                                                  |
| Average                                   | 105,3                                     | 94                                         | 89,3                                                             |

Table 2. The polymorphic characterization of AFLP primers in *Pyrus*.

1) primer combinations

2) number of evaluated fragments.

3) polymorphic fragments.

4) percentage of polymorphic fragments.

## Výsledky

### AFLP polymorfizmus

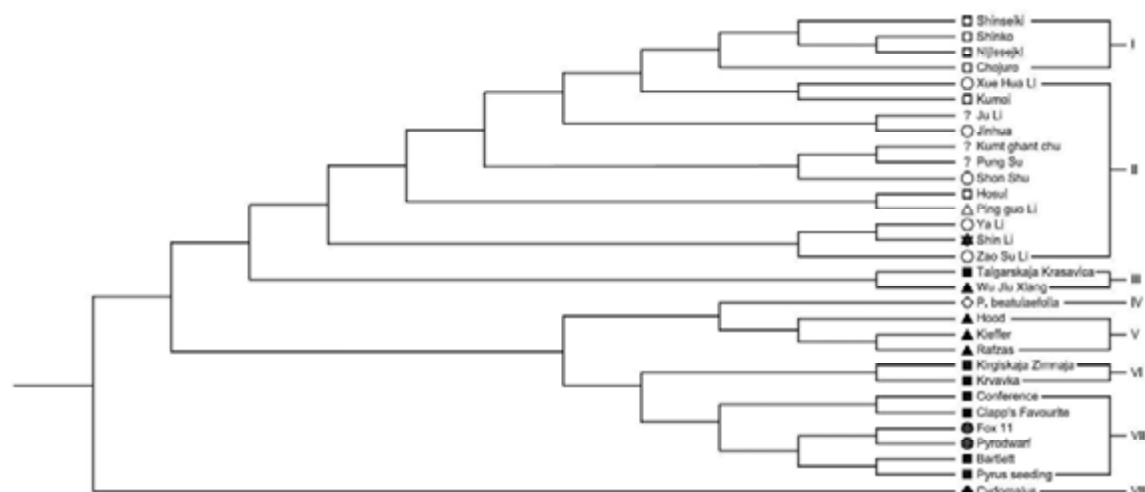
Celkově bylo použito 6 primerových sad, z těchto sad bylo celkem vyhodnoceno 632 fragmentů, v rozmezí 90–500 pb, z toho 564 polymorfních. Průměrný procentuální polymorfizmus fragmentů byl 89,3 %. Schopnosti jednotlivých primerových kombinací detekovat polymorfizmus jsou popsány v Tab. 2. Nejvyšší stupeň procentuálního polymorfizmu byl naměřen u primerové sady E-AGC/M-TCGC a to 95 %. Nejnižší stupeň procentuálního polymorfizmu 84 % byl zaznamenán u primerové kombinace E-ACT/M-TCAA.

### Dendrogram

V dendrogramu byly od sebe rozděleny Asijské a Evropské hrušně, index podobnosti mezi těmito dvěma skupinami byl naměřen 0,75. Dendrogram je rozdělen do tří hlavních klastrů. První klastř tvoří mezirodový kříženec *Cydonia* a je výrazně od zbývajících dvou klastrů oddělen. Druhý klastř je rozdělen na tři subklastry - Evropské hrušně, interspecifické hybridy a *Pyrus betulaefolia* Bunge. Asijské hrušně tvoří samostatně třetí klastř, který je dále rozdělen do dvou subklastrů - Asijské hrušně a interspecifické hybridy. Index podobnosti mezi Asijskými hrušněmi byl naměřen 0,81 a mezi Evropskými hrušněmi 0,79.

Dendrogram byl pro lepší orientaci rozdělen do osmi skupin. Skupina I. je tvořena Japonskými odrůdami hrušní. Skupina II. je složená ze dvou Japonských hrušní 'Kumoi' a 'Hosui', pěti Čínskými bílými hrušněmi 'Xue Hua Li', 'Jinhua', 'Shon Shu', 'Ya Li', 'Zao Su Li'; jednou Ussirijskou hrušní 'Ping gou Li', jednou Čínskou písečnou hrušní 'Shin Li', a třemi hrušněmi neznámého původu 'Ju Li', 'Kumt Ghant Chu', and 'Pung Su'. III. skupina je tvořena dvěma hrušněmi 'Talgarskaja Krasavica' a 'Wu Jiu Xiang'. *Pyrus betulaefolia* Bunge. tvoří IV. skupinu. Skupina V. je tvořena třemi interpecifickými hybridy 'Hood', 'Kieffer' a 'Rafzas'. Evropské hrušně tvoří skupiny VI. a VII. a VIII.

Nejvyšší koeficient podobnosti byl naměřen mezi Japonskými odrůdami 'Nijissejki' a Shinko: 0.8998. Druhý největší koeficient podobnosti, 0,89571, byl naměřen mezi 'Nijissejki' a 'Shinseiki'. Nejmenší koeficienty podobnosti 0,62233 a 0,62763 byly neměřeny mezi *Cydomalus*/'Talgarskaja Krasavica' and *Cydomalus*/'Wu Jiu Xiang'.



Obr. 1 Dendrogram složený z 31 interspecifických hybridů a odrůd hrušní. (□) Japonské hrušně, (○) Čínské bílé hrušně, (?) neznámé kultivary, (●) podnože, (■) Evropské hrušně, (◇) botanické druhy, (▲) interspecifické hybridy, (◆) intergenetické hybridy, (★) Čínské písečné hrušně, (△) Ussurijské hrušně.

Fig. 1 Dendrogram of 31 interspecific hybrids and varieties of pears. (□) Japanese pear, (○) Chinese white pear, (?) unknown cultivar, (●) rootstock, (■) European pear, (◇) botanic species, (▲) interspecific hybrid, (◆) intergenetic hybrid, (★) Chinese sand pear, (△) Ussuriensis pear.

## Diskusia

Rozdělení hrušní na evropské a Asijské popisuje ve své knize HEDRICK (1921). KIKUCHI (1946) a YU (1979) popsali taxonomii čínských a japonských odrůd hrušní za použití morfologických a pomologických znaků. Po objevení metody PCR roku 1983 (SAIKI, 1985), vzniklo mnoho metod,

které vychází z principu PCR a používají se na stanovení genetické příbuznosti například RAPD (WILLIAMS, *et al.*, 1990; WELSH, MCCELELLAND, 1990), SSR (TAUTZ *et al.*, 1986; POWELL, *et al.*, 1996), AFLP (VOS, *et al.*, 1995). Díky těmto metodám bylo zjištěno velké množství příbuzenských vztahů mezi jednotlivými odrůdami a botanickými druhy. Na základě výsledků, které tyto metody poskytují, je taxonomie hrušní stále neustálená a je potřeba se touto problematikou neustále zabývat (BAO, *et al.*, 2008).

AFLP je považována za nejúčinnější metodu při zkoumání genotypizace rodu *Pyrus* (MONTE-CORVO, *et al.*, 2002). V této práci bylo zjištěno, že procento polymorfních skupin činí 89,3%, což je o 2,3 % více, než procento polymorfních skupin, (87%) které uvádí MONTE-CORVO, *et al.* (2000). Tato odchylka pravděpodobně způsobilo zařazení podnože *Cydonalus* mezi testované vzorky.

Koeficienty podobnosti u sledovaných vzorků se pohybovaly v rozmezí od 0 do 0,83453. Díky těmto hodnotám lze říci, že analyzované genotypy lze považovat za rozdílné odrůdy. CERVERA, *et al.* (1998), uvádí, že pokud je koeficient podobnosti mezi dvěma vzorky roven, anebo vyšší jak 0,9, jedná se o klony téže odrůdy.

CHALLICE a WESTWOOD (1973) uvádí bližší příbuznost mezi *Pyrus betulaefolia* Bunge., a Evropskými druhy a tudíž dospěli k závěru, že *Pyrus betulaefolia* Bunge. by mohl být přechodný druh mezi Evropskými a Asijskými hrušněmi. BAO, *et al.*, (2007, 2008) došel k podobným výsledkům použitím metod SSR a AFLP. V této práci byl zjištěn průměr koeficientů podobnosti mezi evropskými odrůdami a *Pyrus betulaefolia* Bunge. 0,7704, a jelikož byl větší, než průměr koeficientů podobnosti mezi evropskými odrůdami a asijskými odrůdami, lze usuzovat, že *Pyrus betulaefolia* Bunge. je přechodný druh mezi evropskými a asijskými hrušněmi.

Čínské písečné hrušky a Čínské bílé hrušky tvoří v dendrogramu ucelené skupiny a dokonce ani podskupiny, ale jsou smíšené dohromady. Tento jev je popsán i v mnoha dalších studiích (YUANWEN, *et al.*, 2002; TENG, *et al.*, 2002; BAO, *et al.*, 2007; BAO, *et al.*, 2008). Oba druhy hrušní mají podobný peroxidásový izozymický vzorec (LIN, SHEN, 1983) a podobnou ultrastrukturu pylu. (ZHOU, *et al.*, 1986) I morfologicky a pomologicky si jsou Čínské bílé a Čínské písečné hrušky velmi podobné, což naznačuje velmi blízké genetické vztahy mezi těmito dvěma skupinami. BAO, *et al.*, (2008) popisuje ve své studii blízkou genetickou příbuznost Čínských písečných odrůd hrušní s některými odrůdami Čínských bílých hrušní. Ze získaných výsledků a z pomologických hodnocení odrůd (NEČAS, 2016) vyplývá relativně vysoká podobnost odrůd obou skupin hrušní, nicméně existují i významné odrůdové rozdíly. Některé rozdíly mezi odrůdami mohou být způsobeny vlivem rozdílného vývoje a to vlivem lokálních geografických a klimatických činitelů v izolovaných regionech.

Skupina I. je složená pouze s Japonských odrůd hrušní: 'Chojuro' (náhodný semenáč z Japonska), 'Shinko' (náhodný semenáč z 'Nijisseiki'), 'Shinseiki' ('Nijisseiki' x 'Chojuro'), and 'Nijisseiki' (náhodný semenáč). Tyto odrůdy mají velmi podobný pomologický charakter (NEČAS, 2016). V této práci byly jejich příbuzenské vztahy potvrzeny, koeficient podobnosti mezi jednotlivými odrůdami byl velmi vysoký.

Třetí skupina, která je součástí třetího klastru Asijských hrušní, je tvořena odrůdami 'Wujiu xinag' ('Ya Li' x 'Williamsova') a 'Talgarskaja Krasavica' (náhodný semenáč 'Forest Beauty'). 'Talgarskaja Krasavica' je pravděpodobně interspecifický hybrid. Avšak dle koeficientu podobnosti má blíží k Evropským, než k Asijským druhům. Větší genetická příbuznost s evropskými druhy může být částečně způsobena cytoplazmatickou dědičností, jelikož metoda AFLP analyzuje mimojadernou i plastidovou DNA (Simonovik et al., 2007). Což by i potvrzovalo fakt, že se jedná o volné opylení 'Forest Beauty' (odrůda Evropského typu).

Pátá skupina zahrnuje 'Hood' (Asian x European pear), 'Rafzas' (P. pyrofolia x 'General Leclerc'), a 'Kieffer' (P. pyrifolia x 'Bartlett'). Zkušenosti se šlechtěním mezidruhových hybridů ukazují, že z molekulárního úhlu pohledu leží interspecifické hybridy někde mezi rodičovskými druhy, ale po několika generacích segregace sklouznou blíží k jednomu z nich (Simonovik et al., 2007). Jestliže došlo k rekombinaci mezi pěstovanými odrůdami a divokými genotypy hrušní, potomstvo zřejmě sklouzlo blíže k divokému typu, protože divoké typy mají větší šanci na přežití (Simonovik et al., 2007). Toto tvrzení však rozporuje s některými výsledky této studie. 'Hood' svými pomologickými vlastnostmi připomíná víc Asijský typ hrušně. 'Rafzas', 'Kieffer', 'Wujiu xinag' a 'Talgarskaja Krasavica' se podobají víc Evropským hrušním. Průměry koeficientů podobnosti mezi těmito hybridy a Asijskými a Evropskými odrůdami se liší pouze v setinách. Navzdory všem těmto poznatkům nelze s přesností přiřadit tyto hybridy do jedné či druhé skupiny a to hlavně díky tomu, že rodokmeny těchto hybridů nejsou přesně známy.

Sledované odrůdy s neznámým rodokmenem byly zařazeny na základě koeficientu podobnosti následovně: 'Ju Li' se nachází na stejném subklastru jako 'Jinhua' (0,842). 'Jinhua' a 'Ju Li' mají podobný pomologický a morfologický charakter (NEČAS, 2016). Odrůda 'Ju Li' pravděpodobně patří do skupiny Čínských bílých hrušní. Odrůdy 'Kumt Ghant Chu' and 'Pung Su' mají nejvyšší koeficient podobnosti s odrůdou 'Nijisseiki' (0,85833 and 0,8827). Jejich pomologický a morfologický charakter je velmi podobný Japonským hrušním (NEČAS, 2016). Díky těmto poznatkům můžeme předpokládat, že se jedná o Japonské hrušně.

Metoda AFLP přiřadila námi neznámé odrůdy ke známým skupinám hrušní. Potvrdila také velmi blízké vztahy mezi Čínskými bílými, Čínskými písečnými a Japonskými odrůdami hrušní. Zajímavé výsledky byly nalezeny u interspecifických hybridů a *Pyrus betulaefolia* Bunge.

## Súhrn

V této studii bylo testováno celkem 31 hrušní, mezi těmito hrušněmi bylo 6 evropských odrůd, 4 hrušňové podnože, 16 asijských odrůd, 5 mezidruhoví kříženci a *Cydonia*. Výsadba Asijských a Evropských hrušní se nachází v Lednici na pozemcích ZF Mendelu. Pro stanovení genetické příbuznosti byla použita metoda AFLP. V dendrogramu vznikly tři hlavní klastry. Jeden klastř vytvořily Asijské odrůdy, druhý klastř vytvořily Evropské odrůdy, ke kterým se přiřadili i mezidruhoví hybridy a poslední klastř vytvořil *Cydonia*. Perspektivní odrůda, Talgarskaja Krasavica, byla zařazena do subklastřu společně s mezidruhovým hybridem Wujiu Xiang, tudíž se dá předpokládat, že se pravděpodobně jedná také o mezidruhoví hybrid. Botanický (podnožový) druh *Pyrus betulaefolia* Bunge. byla zařazena mezi klastry Evropských a Asijských hrušní. Pravděpodobně se jedná o přechodný typ mezi Asijskými a Evropskými hrušněmi. Tyto poznatky budou dále využity ve šlechtitelském programu.

**Klíčové slova:** *Pyrus*, Asijské hrušně, Evropské hrušně, genetická příbuznost, AFLP

## Podakovanie

Tento výzkum byl financován z projektu NAZV/KUS číslo QJ1210036 Ministerstvem zemědělství České republiky.

## Literatúra

BAILEY, L.H., 1917. *Pyrus* standard, Cyclopaedia of Horticulture, vol. V. Macmillan, New York, pp. 2865–2878.

BAO, L., CHEN, K., ZHANG, D., CAO, Y., YAMAMOTO, T., TENG, Y., 2007. Genetic diversity and similarity of pear cultivars native to East Asia revealed by SSR (simple sequence repeat) markers. Genet. Resour. Crop Evol. 54, 959–971.

BAO, L., CHEN, K., ZHANG, D., LI, X., TENG, Y., 2008. An assessment of genetic variability and relationships within Asian pears based on AFLP (amplified fragment length polymorphism) markers. Scientia Horticulturae. 116 (4), 374–380.

BELL R.L., QUAMME HA, LAYNE REC, SKIRVIN R.M. (1996) Pears. In: Janick J., Moore J.N. (eds.) Fruit breeding, tree and tropical fruits, vol 1. John Wiley & Sons, London, pp. 441–514.

CERVERA, M. T., CABEZAS, J. A., SANCHA, J. C., MARTÍNEZ DE TODA, F., MARTÍNEZ-ZAPATER, J.M., 1998. Application of AFLPs to the characterization of grapevine *Vitis vinifera* L. genetic resources. A case study with accessions from Rioja (Spain). TAG Theoretical and Applied Genetics. vol. 97, n. 1-2, p. 51-59.

- CHALLICE, J. S., WESTWOOD, M. N., 1973. Numerical taxonomic studies of the genus *Pyrus* using both chemical and botanical characters. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 67 (2), 121-148.
- HEDRICK, U. P., 1921. The pears of New York. Albanie: J.B. Lyon Company.
- Jackson, J. Biology of apples and pears. New York: Cambridge University Press, 2003, XII, pp. 488.
- KIKUCHI, A., 1946. Assessment of Chinese pear species and cultivars. *Collected Records Horticulture Research, Faculty of Agriculture, Kyoto, Japan*, 3, 1-11.
- LIN, B., SHEN, D., 1983. Studies on the germplasmic characteristics of *Pyrus* by use of isozymic patterns. *Acta Agric. Univ., Zhejiang, China*. 9, 235 - 243.
- MONTE-CORVO, L., CABRITA, L., OLIVEIRA, C., LEITÃO, J., 2000. Assessment of genetic relationships among *Pyrus* species and cultivars using AFLP and RAPD markers. *Genet. Resour. Crop Evol.* 47, 257–265.
- MONTE-CORVO, L., GOULÃO, L., OLIVEIRA, C., 2002. Discrimination of Pear Cultivars with RAPD, AFLP<sup>TM</sup> and ISSR. *Acta Horticulturae*. 596, 187-191.
- NEČAS, T., LÁČÍK, J., WOLF, J., NEČASOVÁ, J., 2016. Asijské odrůdy hrušní pro podmínky ČR. *Zahradnictví*. 1, 4-7 (in Czech).
- POWELL, W., MORGANTE, M., ANDRE, C., HANAFEY, M., VOGEL, J., TINGEY, S., RAFALSKI, A., 1996. The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Molecular Breeding*. 2 (3), 225-238.
- SAIKI, R. K., SCHARF, S., FALOONA, F., MULLIS, K. B., HORN, G. T., ERLICH, H. A., ARNHEIM, N., 1985. Enzymatic amplification of beta-globin genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia. *Science*. 230 (4732), 1350-1354.
- SHEN, T., 1980. Pears in China. *HortScience*. 15 (1), 13-17.
- SIMONOVİK, B., IVANCIC, A., JAKSE, J., BOHANEĆ, B., 2007. Production and genetic evaluation of interspecific hybrids within the genus *Sambucus*. *Plant Breed.* 126, 628–633.
- SISKO, M., JAVORNIK, B., SIFFTAR, A., IVANCIC, A., 2009. Genetic Relationships among Slovenian Pears Assessed by Molecular Markers *Soc. Hort. Sci.* 134 (1), 97–108.
- TAUTZ, D., TRICK, M., 1986. DOVER, G. A. Cryptic simplicity in DNA is a major source of genetic variation. *Nature*. 322, 14 - 20.
- TENG, Y., TANABE, KENJI., TAMURA, F., ITAI, A., 2002. Genetic relationships of *Pyrus* species and cultivars native to East Asia revealed by randomly amplified polymorphic DNA markers. *Soc. Horticulture*. 127 (2), 262-270.

VAVILOV, N. I., 1951. The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants. New York: The Ronald Press Company, pp. 482.

VOS, P., HOGERS, R., BLEEKER, M., REIJANS, M., VAN DE LEE, T., HORNES, M., FRITERS, A., POT, J., PALEMAN, J., KUIPER, M., ZABEAU, M., 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. Nucleic Acids Res., 23, 4407-4414.

WELSH, J., MCCLELLAND, M., 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. Nucleic Acids Research. 18 (24), 7213-7218.

WILLIAMS, J. G., KUBELIK, A. R., LIVAK, K. J., RAFALSKI, J. A., TINGEY, S. V., 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Research. 18 (22), 6531-6535.

YU, T., 1979. Taxonomy of the fruit tree in China. Beijing: Agriculture Press, (in Chinese).

**Kontaktná adresa:** Ing. Jan Wolf, ZF Mendelu, Ústav ovocnictví (551), Valtická 337, Lednice, 69144, tel.: +420 720 468 717, e-mail: janwolf21@gmail.com

## ZMĚNY STABILITY PŮDNÍCH AGREGÁTŮ V DŮSLEDKU PŮSOBNÍ MRAZOVÝCH CYKLŮ

### CHANGES OF SOIL AGGREGATE STABILITY DUE TO THE EFFECT OF CRYOPEDOLOGICAL PROCESSES

Aneta ŽABENSKÁ

Výsoké učení technické v Brně

#### Abstract

The paper deals with the changes in soil aggregate stability depending on the number of freeze-thaw cycles and initial soil moisture during the non-vegetation period as one of the factors affecting the snowmelt erosion. The present experimental research is traceable to a previous project, which has been amended the methodology. The temperature fluctuation was simulated with the use of a climatic chamber ex situ. The soil surface was for simplicity reasons considered without any plant or snow cover. Soil samples of four soil types (taken from four sites at the Olomouc area during the end of vegetation period) were subjected to freeze-thaw cycles under laboratory conditions. Changes in soil aggregate stability were monitored as one of the main soil characteristics which determine the soil erodibility. Standard single-sieve method of wet sieving (Kemper et Rosenau, 1986) was used to determine the soil macroaggregate stability (soil aggregate fraction 1-2 mm).

**Keywords:** cryopedology, snowmelt erosion, erodibility, soil aggregate stability, freeze-thaw cycle

#### Úvod

Eroze je komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody, větru, ledu a jiných činitelů (Janeček, 2012). Ačkoli je dnes vodní eroze stále více probírána, eroze z tání sněhu je v České republice (dále jen ČR) málokdy zmiňována. V důsledku tání sněhu vzniká povrchový odtok s ničivými následky. Díky specifickým půdním podmínkám v průběhu chladné periody a nedostatečnému vegetačnímu pokryvu jsou nebezpečná již malá množství povrchového odtoku. Eroze z tání sněhu hraje v určitých oblastech našeho území podstatnou roli. Ohroženy jsou především lokality s těžkou sněhovou pokrývkou, kde hrozí její náhlé tání (Pokladníková et Šťastná, 2006). Neznalost

problematiky však limituje její řešení. Nejhlubší poznatky o tomto typu eroze přináší představitelé severských států, kde se tento problém vyskytuje v největší míře. Dle Tomana a Podhrázké (2002) je problematika stanovení odhadu eroze způsobené táním sněhu v ČR poměrně málo rozpracovaná vzhledem k obtížnosti stanovení jednotlivých faktorů, které mají na intenzitu eroze vliv.

Jedním z těchto faktorů je půdní erodovatelnost, která je určována především smykovou pevností půdy a stabilitou půdních agregátů. V průběhu zimního období dochází k opakovanému zamrzání a rozmrzání půdního profilu, což vede ke zvýšení erodovatelnosti. V zimním období dochází k nepříznivému ovlivnění obou těchto půdních charakteristik v důsledku kryopedologických procesů. Názory na působení mrazu na stabilitu půdních agregátů jsou rozporuplné. Na tom, že mráz působí na půdní agregáty destruktivně a oslabuje tak půdní strukturu se shodují například Øygarden (2000), Oztas et Fayetorbay (2003), Kværnø et Øygarden (2006) a další. Stejně jako smyková pevnost je stabilita půdních agregátů nepřímo úměrná obsahu vody v půdě (Øygarden, 2000). Při promrznutí půdy je voda vytlačována z půdních agregátů a vytváří okolo nich malé ledové krystaly, které při svém formování částečně rozměňují půdní agregáty. Mnoho kvalitních půdních částic je proto s příchodem tání rozplaveno (Malenová et Toman, 2005).

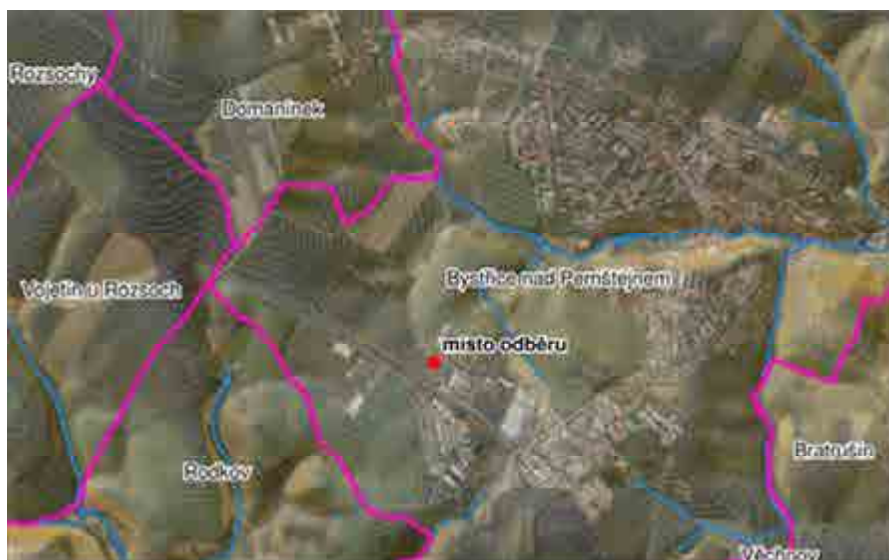
### **Materiál a metody**

Ke zkoumání ex situ byly odebrány půdní vzorky ve třech lokalitách: Luká (nadmořská výška 512 m n. m.), Bystřice nad Pernštejnem (nadmořská výška 564 m n. m.) a Koclířov (nadmořská výška 525 m n. m.). První odběr byl proveden po odtání sněhové pokrývky koncem dubna a letní odběr na konci července před sklizní. Na všech lokalitách byla vyseta ozimá řepka, která v průběhu zimního období tvoří pouze sporadické krytí půdního povrchu.



Obr. 1 Půdní odběry v k.ú. Luká

Fig. 1 Soil sampling in the cadastral area Luká



Obr. 2 Půdní odběry v k.ú. Bystřice nad Pernštejnem  
Fig. 2 Soil sampling in the cadastral area Bystřice nad Pernštejnem



Obr. 3 Půdní odběry v k.ú. Koclířov  
Fig. 3 Soil sampling in the cadastral area Koclířov

Hloubka odběru byla zvolena co nejmenší. Odebírána byla pouze svrchní vrstva půdy bez vegetačního pokryvu do hloubky cca 2,5 cm.

#### **Vybrané charakteristiky půdy (zrnitost)**

Na všech lokalitách se vyskytovaly hlinité půdy středně těžké.

Graf. 1 Zrnitost půdních vzorků

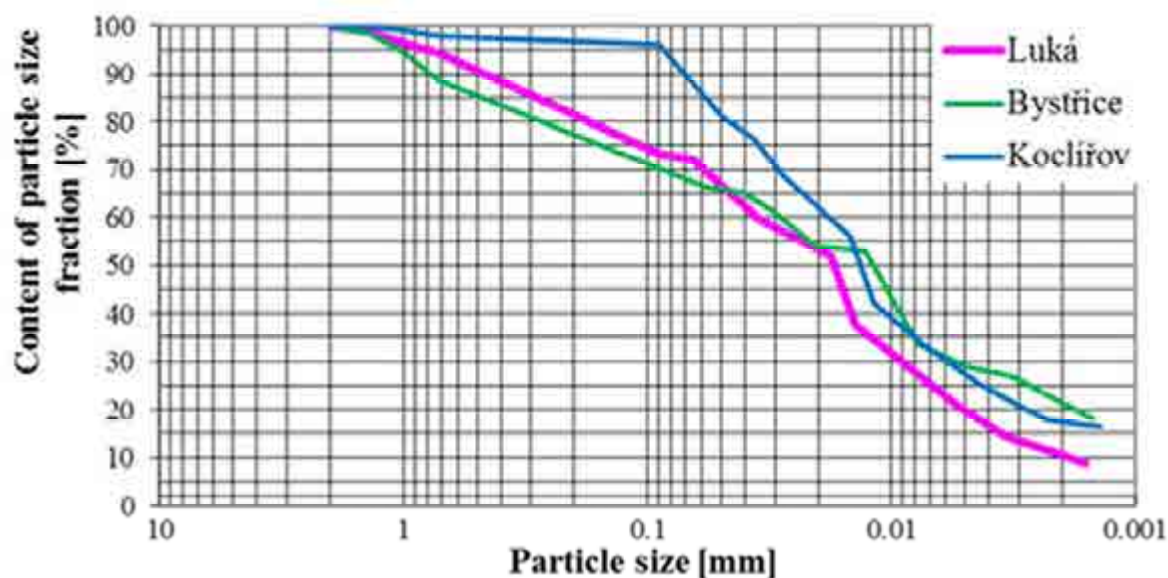


Fig. 4 Topsoil texture

#### Luká

HPJ 26: Kambizemě modální eubazické a mezobazické na břidlicích, převážně středně těžké, až středně skeletovité, s příznivými vláhovými poměry.

#### Bystřice nad Pernštejnem

HPJ 29: Kambizemě modální eubazické až mezobazické včetně slabě oglejených variet, na rulách, svorech, fylitech, popřípadě žulách, středně těžké až středně těžké lehčí, bez skeletu až středně skeletovité, s převážujícími dobrými vláhovými poměry.

#### Koclířov

HPJ 25: Kambizemě modální a vyluhované, eubazické až mezobazické, výjimečně i kambizemě pelické na opukách a tvrdých slínovcích, středně těžkém flyši, permokarbonu, středně těžké, až středně skeletovité, půdy s dobrou vodní kapacitou.

#### Stanovení stability půdních agregátů metodou mokrého prosévání

Bezprostředně po odběru byly stanoveny momentální vlhkosti půdy a počáteční stabilita agregátů. Po vysušení vzorku volně na vzduchu (24 hod), byla oddělena frakce 1 – 2 mm pomocí sady klasických plochých sít. Navážka 4 g takto upraveného vzorku byla podrobena standardní jedno-sítové metodě mokrého prosévání (Kemper et Rosenau, 1986) přístrojem firmy Eijkelkamp. Vzorky byly prosévány 3 minuty s frekvencí 35 cyklů/min a vertikální amplitudou 1,3 cm v destilované vodě přes síta o průměru ok 0,25 mm. Zůstatek na síte byl vysušen při 105 °C (6 hod), zvážen a posléze dispergován a 5 min proséván v roztoku polyfosforečnanu sodného

tak, aby byly vyplaveny všechny jílové částice a na sítích zůstaly pouze písčité částice. Pokud se agregáty nerozpadnou ani po 5 minutách prosévání v roztoku, pomůžeme jim mechanicky. Zůstatek na sítu (částice pouze o velikosti nad 0,25 mm) byl opět vysušen a zvážen.

Snaha dokázat závislost stability agregátů na vlhkosti půdy při přemrznutí vedla k testování dvou sad vzorků – vzorky vyschlé na vzduchu (24 hod) a vzorky o počáteční vlhkosti. S ohledem na metodiku nebylo možné nasycení porušených vzorků na požadované, standardně používané vlhkosti (např. polní vodní kapacita). Sady vzorků z každé lokality byly umístěny do uzavřených plastových dóz a podrobeny určitému počtu mrazových cyklů. Každý vzorek byl vyhotoven ve třech opakováních. Při volbě charakteristik mrazového cyklu byla snaha kopírovat přírodní podmínky. Délka jednoho cyklu byla stanovena na 24 hodin. Vzorky byly vystaveny teplotě -5 °C 12 hodin a dalších 12 hodin teplotě +5 °C. Změna stability agregátů byla určována po 4, 5, 6, a 7 24-hodinových cyklech. Po jednotlivých počtech cyklů byly vzorky vysušeny, oddělena frakce 1 – 2 mm a provedena uvedená agregátová analýza pomocí metody mokrého prosévání. Výsledkem bylo procento vodostabilních půdních agregátů SAS:

$$SAS = 100 \cdot \frac{M_2 - M_3}{W \cdot (M_2 - M_3)} \quad (1)$$

SAS... procento vodostabilních půdních agregátů [%]

M1... hmotnost misky [g]

M2... hmotnost misky, vodostabilních agregátů a písku [g]

M3... hmotnost misky a písku [g]

W... navážka vzorku [g]

### **Agregátová analýza metodou suchého prosévání**

Vzhledem k neuspokojivým výsledkům plynoucím z první volené metody, byl výzkum doplněn o agregátovou analýzu na sadě standardních plochých sít. Nejvíce konzistentní metoda (Chepil, 1962 in Kemper et Rosenau, 1986), využívající rotačních sít byla nahrazena použitím plochých sít s dostatečně malou navázkou. Ze vzorků vysušených na vzduchu byly odděleny půdní agregáty frakce 1 – 2 mm. Navážky 50 g byly podrobeny stejnému počtu mrazových cyklů jako v případě mokrého prosévání (0, 4, 5, 6, a 7 24hodinových cyklů). Následně byly prosévány přes síta o průměru ok 1 a 0,5 mm po dobu 5 minut s amplitudou 0,1 mm (López et al., 2007 in Kozlovsky Dufková, 2010). Zvážením zůstatků na sítích byl určen procentuální úbytek stabilních makroagregátů. Zůstatek na 1 mm síti byl opětovně vystaven dalším mrazovým cyklům. Agregátová analýza suchým proséváním je narozdíl od mokrého prosévání metodou nedestruktivní. Půdní vzorek o počáteční hmotnosti 50 g je tedy opakovaně proséván po určitém množství mrazových cyklů. V případě mokrého prosevu je v průběhu analýzy vzorek

zničen a pro každou z analýz je proto potřeba použít duplikát. Výsledkem agregátové analýzy suchým proséváním bylo procento na vzduchu stabilních půdních agregátů SAS\*:

$$SAS^* = 100 \cdot \frac{SA}{SA + NA} \quad (2)$$

SAS\* ... procento stabilních půdních agregátů [%]

SA... hmotnost stabilních agregátů [g]

NA... hmotnost nestabilních agregátů [g]

## Výsledky a diskusia

Výsledné hodnoty procentuálního obsahu vodostabilních makroagregátů (stanovené metodou mokrého prosévání) jsou uvedeny v následujících grafech.

Graf. 2 Procentuální obsah vodostabilních makroagregátů (Luká)

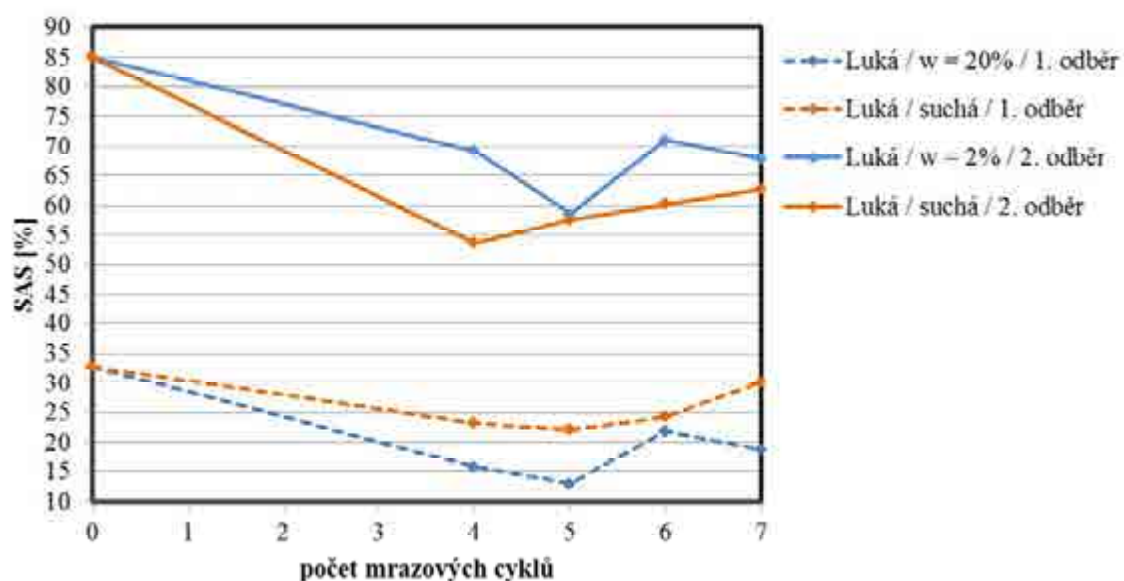


Fig. 5 The mean content of water-stable macro-aggregates (Luká)

Graf.3 Procentuální obsah vodostabilních makroagregátů (Bystřice)

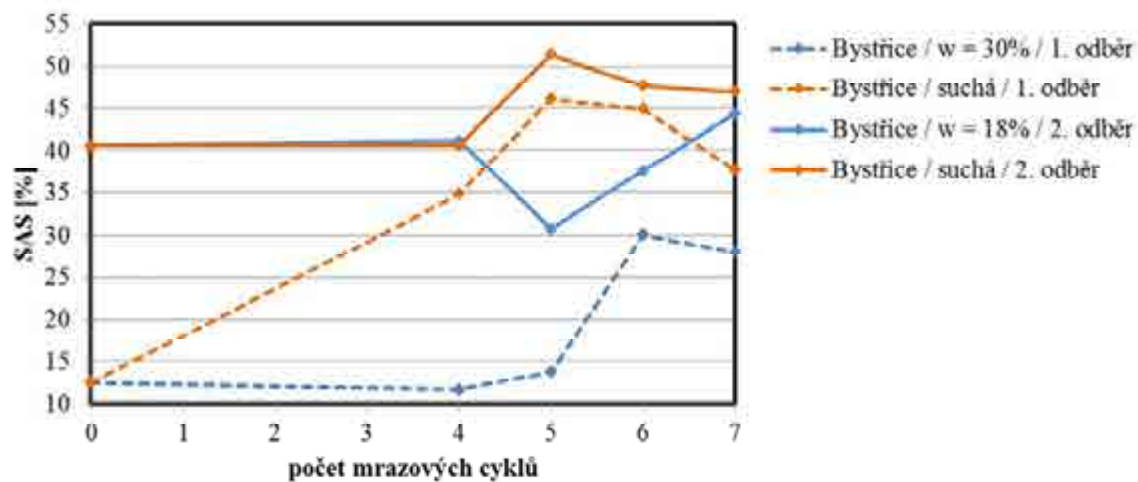


Fig.6 The mean content of water-stable macro-aggregates (Bystřice)

Graf. 4 Procentuální obsah vodostabilních makroagregátů (Koclířov)

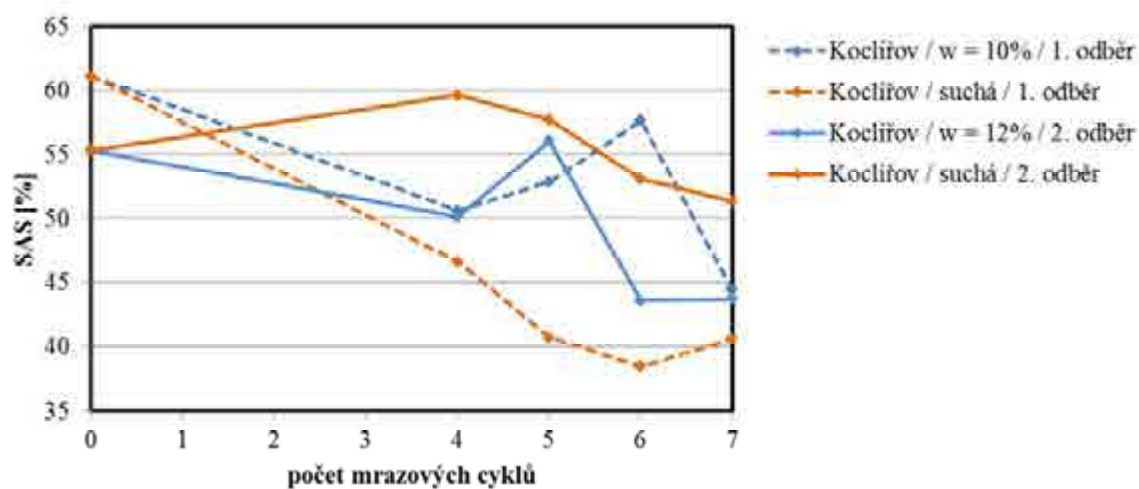


Fig. 7 The mean content of water-stable macro-aggregates (Koclířov)

Procentuální obsah stabilních makroagregátů frakce 1-2 mm, určený metodou suchého prosévání, je uveden v následujících grafech.

Graf. 5 Procentuální obsah stabilních makroagregátů (Luká)

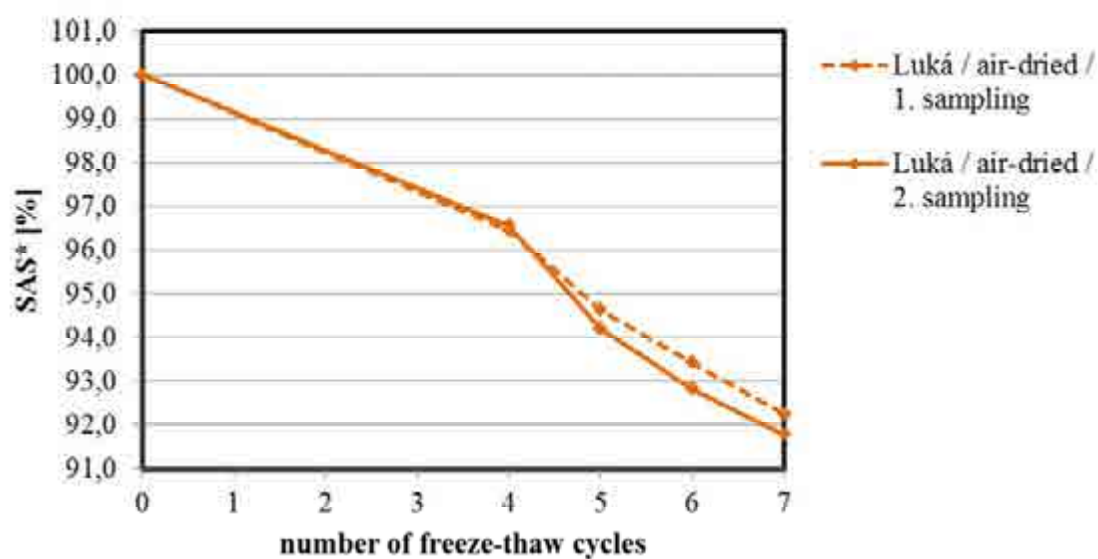
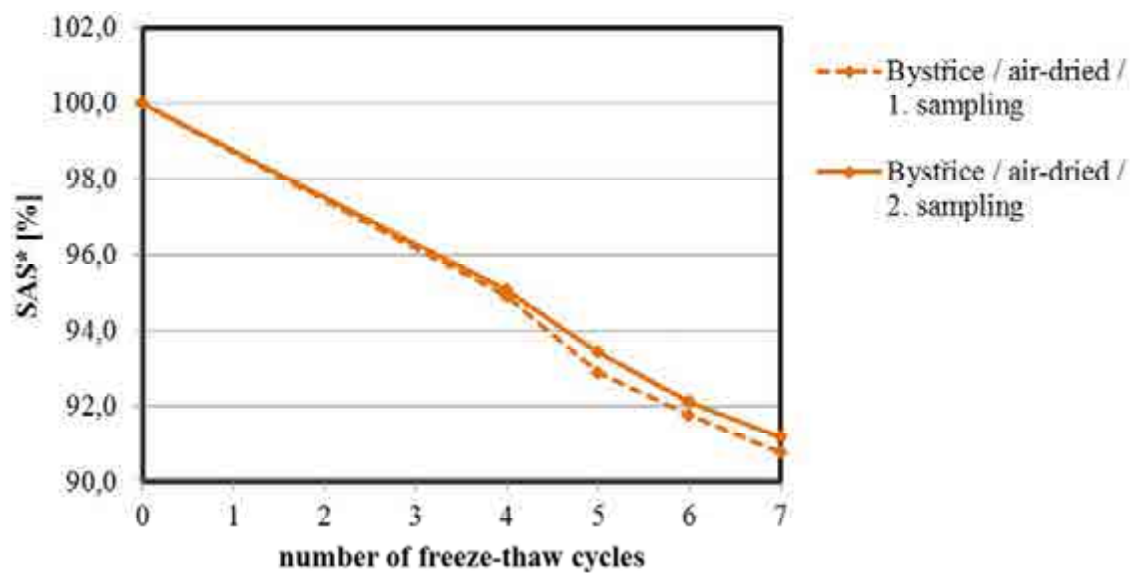


Fig. 8 The mean content of stable macro-aggregates (Luká)

Graf. 6 Procentuální obsah stabilních makroagregátů (Bystřice)



9 The mean content of stable macro-aggregates (Bystřice)

Fig.

Graf. 7 Procentuální obsah stabilních makroagregátů (Koclířov)

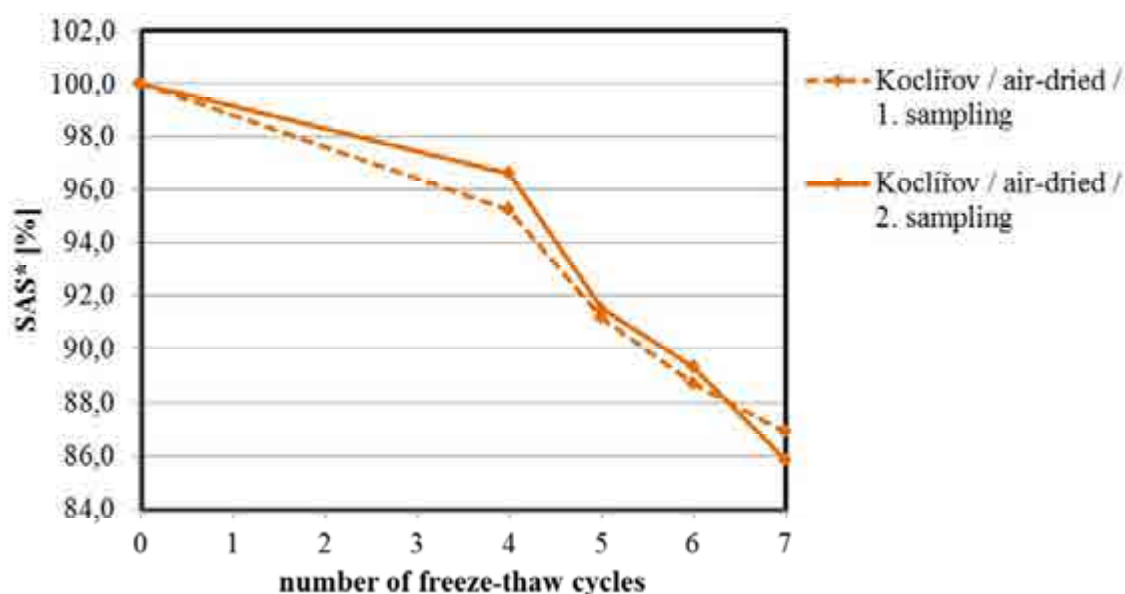


Fig. 10 The mean content of stable macro-aggregates (Koclířov)

Ačkoli nebyla metodou mokrého prosévání potvrzena hypotéza snižování stability půdních agregátů s počtem mrazových cyklů, je zřetelná závislost stability agregátů na půdní vlhkosti a době odběru. Množství vodostabilních agregátů SAS s počtem mrazových cyklů proměnlivě klesalo či nečekane stoupalo. Malá rozkolísanost hodnot může poukazovat na nepřesnosti v měření a možné velice malé změny v důsledku mrazových cyklů. Především u vzorků z lokalit Luká a Bystřice je vidět závislost stability agregátů na době odběru. Půdní vzorky odebrané v létě vykazují výrazně vyšší stabilitu agregátů narozdíl od vzorků odebraných v období jarního tání. Je tedy zřejmé, že stabilita agregátů v průběhu zimy klesá a následně během vegetačního období roste. Z naměřených výsledků lze usuzovat, že simulované podmínky nebyly vhodně zvoleny. Ačkoli jsou výsledky metody suchého prosévání reprezentovány stejným parametrem (SAS) jako v případě metody mokrého prosévání, nelze jednotlivé metody srovnávat. Metoda suchého prosévání byla zvolena jako doplňková a dokazuje stálý trend klesajícího množství na vzduchu stabilních makroagregátů SAS\* spolu s rostoucím počtem mrazových cyklů.

## Súhrn

Práce se zabývala posouzením dopadu mrazových jevů na půdní erodovatelnost jako jeden z příčinných faktorů eroze z tání sněhu. Jednou z hlavních charakteristik půdy, která určuje míru erodovatelnosti, je stabilita půdních agregátů. Sledovány byly její změny v důsledku teplotních a vlhkostních změn ex situ. V klimatické komoře byly simulovány 24-hodinové mrazové cykly (-5 °C po dobu 12 hodin a +5 °C dalších 12 hodin). Procento stabilních půdních agregátů bylo stanoveno po odběru a následně po proběhnutí 4, 5, 6 a 7 mrazových cyklů. Závislost stability

agregátů na mrazových jevech v půdách je kontroverzním tématem zahraniční literatury. Přestože se mnozí autoři shodují na snižování agregátové stability v důsledku opakovaného zamrzání a rozmrzání půdy, nebyla tato hypotéza zcela prokázána. Výsledky poukazují na jasný vzrůst stability půdních agregátů v průběhu vegetačního období. V důsledku mrazových jevů simulovaných v laboratorních podmínkách se však hodnoty stability agregátů výrazně neměnily. Výsledky agregátové analýzy proséváním přes sadu plochých sítí ukazují na stálý klesající trend stabilních agregátů spolu s rostoucím počtem mrazových cyklů. Ani hodnoty procentuálního množství na vzduchu stabilních agregátů neklesaly zvláště výrazně. S ohledem na časovou náročnost změn půdních vlastností je možné se domnívat, že délka mrazového cyklu nebyla vhodně zvolena a nabízí se možnost dalšího zkoumání kryopedologických jevů se zamyšlením nad případnou změnou metodiky.

**Klíčové slová:** kryopedologie, eroze z tání sněhu, erodovatelnost, stabilita půdních agregátů, mrazový cyklus

### **PodĎakovanie**

Príspevek byl zpracován za podpory projektu NAZV Mze - QJ1320157 Erozní procesy a jejich vliv na produkční schopnost půd a navrhování protierozních opatření v procesu pozemkových úprav.

### **Literatúra**

JANEČEK, M. et al., 2012. Ochrana zemědělské půdy před erozí, Praha.

KEMPER, W. D., ROSENAU, R. C., 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. s. 435-436.

KVÆRNØ, S. H., ØYGARDEN, L., 2006. The influence of freeze-thaw cycles and soil moisture on aggregate stability of three soils in Norway. Catena 67, s. 75-182.

MALENOVÁ, P., TOMAN, F., 2005. Vliv tání sněhu na míru ohrožení půd erozí. Dostupné z: <http://mnet.mendelu.cz/mendelnet2005/articles/enviro/malenova.pdf>

ØYGARDEN, L., 2000. Monitoring of soil erosion in small agricultural catchments, south – eastern Norway. Doctor Scientarium Theses 2000:8, s. 167.

OZTAS, T., FAYETORBAY, F., 2003. Effect of freezing and thawing processes on soil aggregate stability. Catena 52, s. 1-8.

POKLADNÍKOVÁ, H., ŠŤASTNÁ, M. 2006. Intenzita eroze půdy v jarním období ve vybraných oblastech Moravy. In: Bioklimatológia a voda v krajine. Strečno, ISBN 80-89186-12-2, s. 7. Dostupné z: [http://cbks.cz/sbornikStrečno06/prispevky/PosterII\\_clanky/P2-4.pdf](http://cbks.cz/sbornikStrečno06/prispevky/PosterII_clanky/P2-4.pdf)

## | Veda mladých 2016

TOMAN, F., PODHRÁZSKÁ, J., 2002. Vliv klimatických podmínek na vznik eroze způsobené táním sněhu. XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě. ISBN 80-85813-99-8, s. 456-464..

**Kontaktná adresa:** Ing. Aneta Žabenská, Ústav vodního hospodářství krajiny, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, Žižkova 17, Brno 602 00, [zabenska.a@fce.vutbr.cz](mailto:zabenska.a@fce.vutbr.cz)

**POSTEROVÁ SEKCIA**



# EFFECT OF SUBSOILING ON SLECTED PHYSICAL AND WATER PROPERTIES OF ARABLE SOILS

WPLYW GŁĘBOSZOWANIA NA WYBRANE WŁASCIWOŚCI FIZYKO-WODNE GLEB UPRAWNYCH

Łukasz Borek



## INTRODUCTION

Increasing level of mechanization of agricultural production causes that wheel traffic from heavy farm machinery and equipment on the field surface leads to compacting the topsoil and subsoil, therefore contributing to worsening of physical parameters of soils. Also, in result of tillage measures applied to the same soil depth, an unfavourable phenomenon called soil densification takes place, which accumulating year after year may cause unfavourable changes of its physical and water properties, thus limiting retention capacities and worsening soil fertility and productivity. The situation is additionally aggravated by constantly worsening condition of irrigation and drainage infrastructure due to the lack of renovation or proper conservation but also resulting from inefficiently operating amelioration services in Poland. Because of growing costs incurred by the management of field drainage system in working order, farmers are increasingly more often using agromelioration measures.

## MATERIAL AND METHODS

The study was conducted on arable soils in Wojnowice nad Owsiszczce in the raciborski county of the Silesia province (Poland).

The scope of the research included field measurements carried out in 2012 and 2014 and laboratory tests. Two pits were made during the field works (on the field with and without deep tillage), which were then described in detail. Soil permeability tests were conducted by each of the two pits.

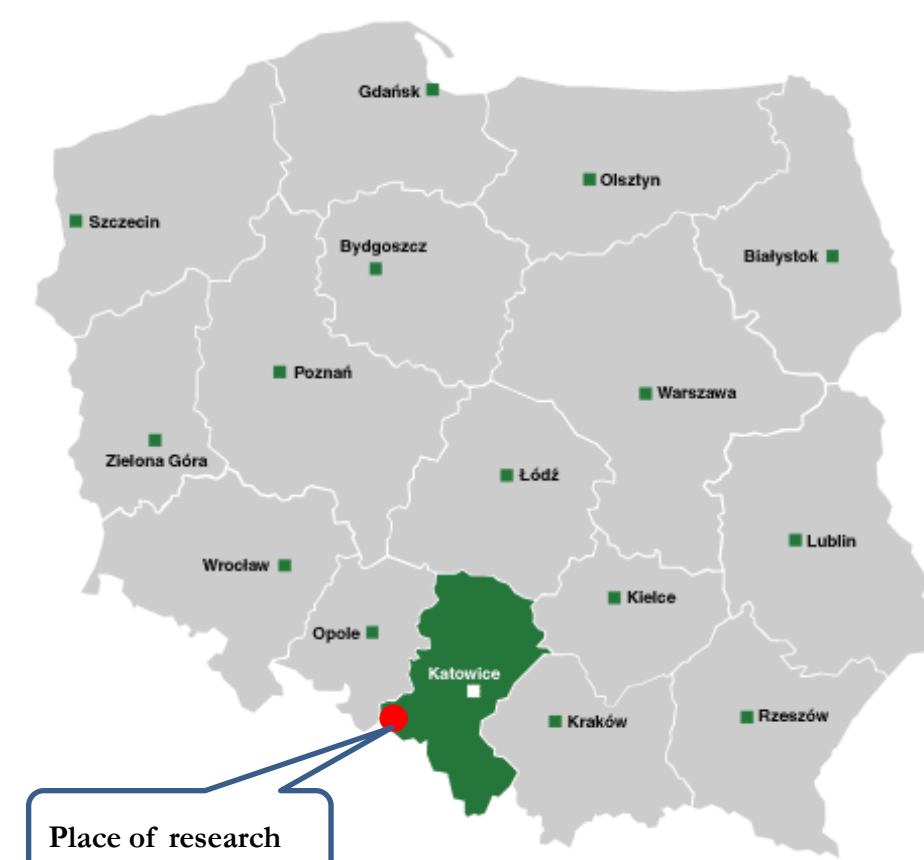


Fig. 1. Location of research object

## RESULTS

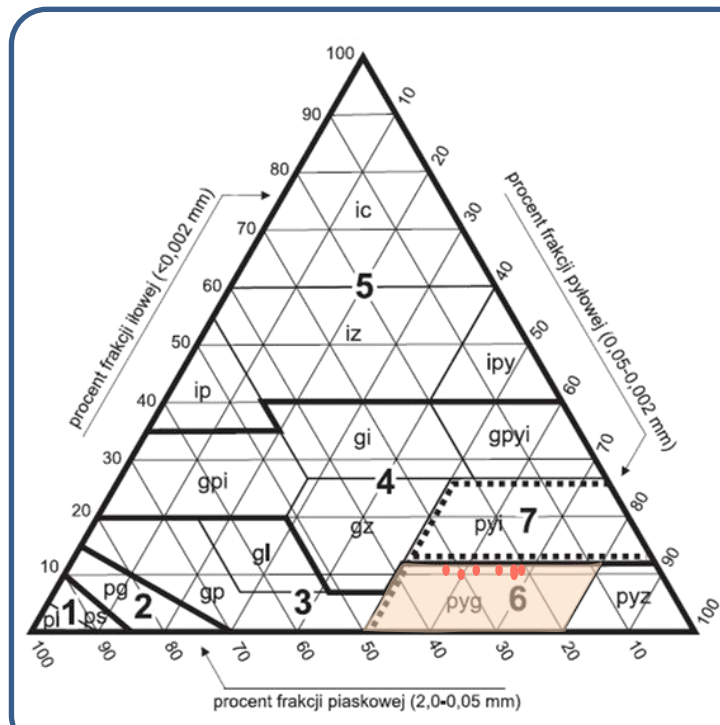


Fig. 2. Granulometric composition

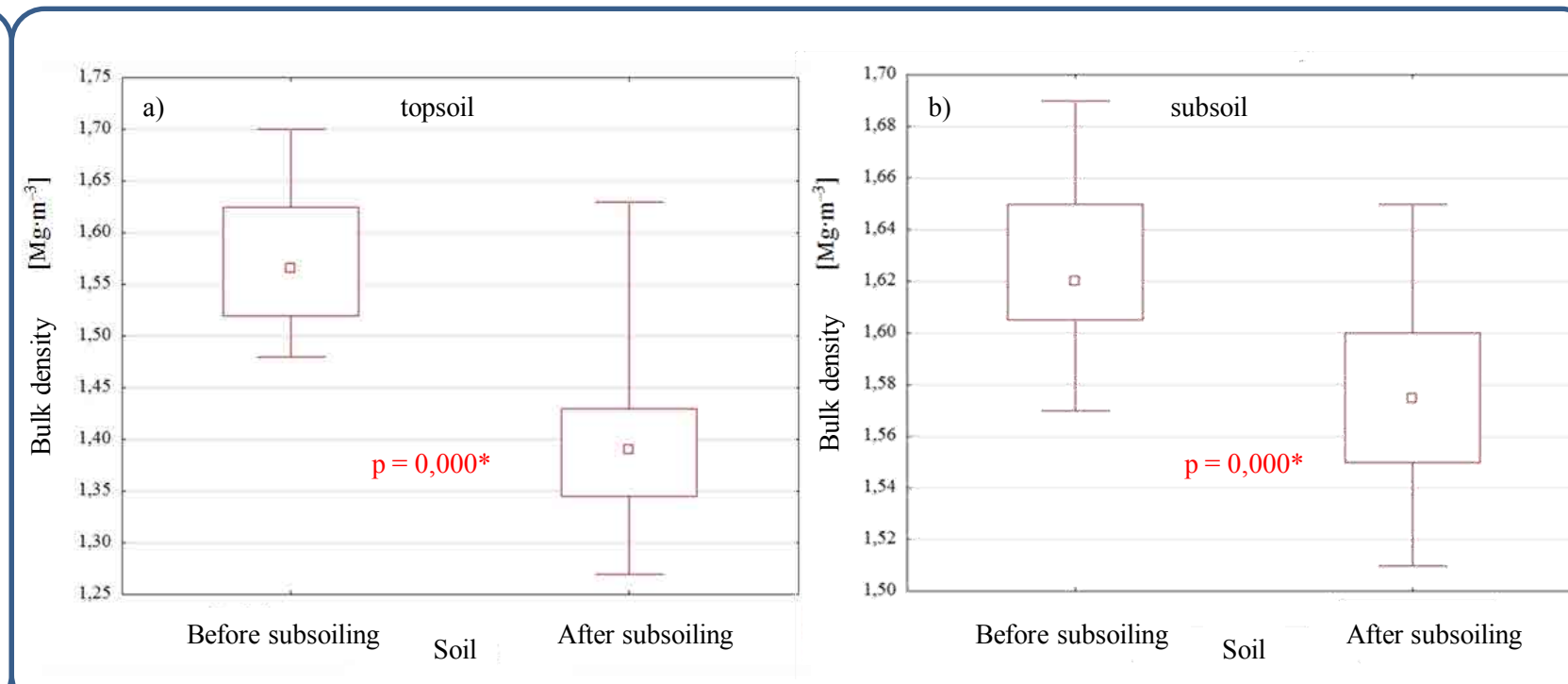


Fig. 3. The distribution of bulk density (3a, 3b) and infiltration (3c, 3d) in topsoil and subsoil in clay silts (pyg)  
\* The red value means that the differences are statistically significant ( $p < 0.05$ ), at a given significance level  $\alpha = 0.05$

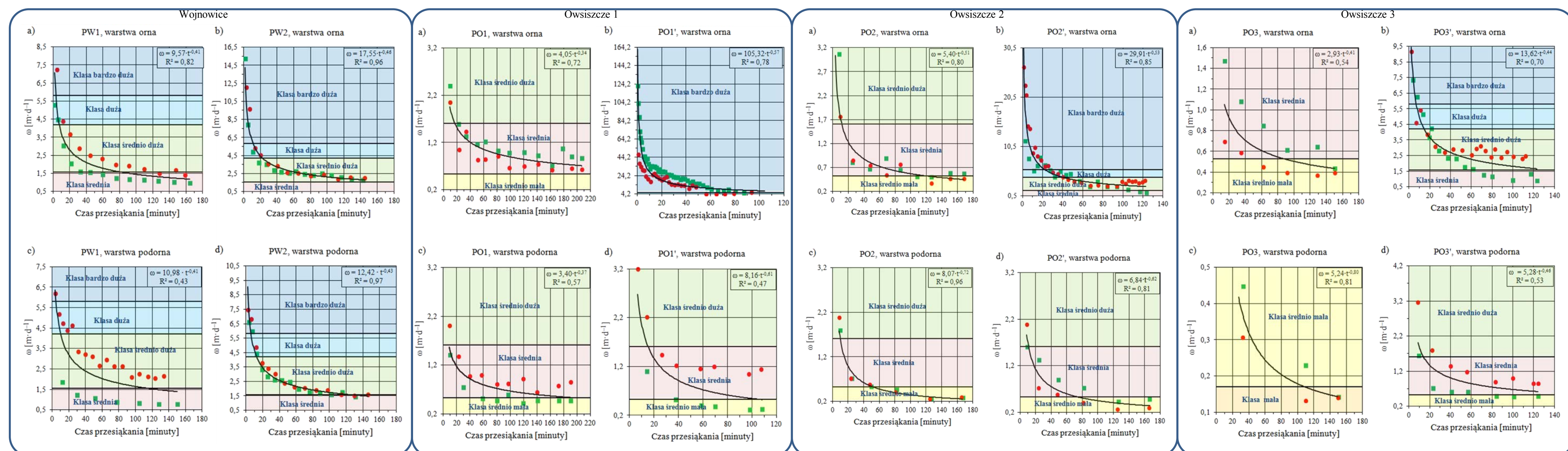


Fig. 4. Soil water permeability in Wojnowice (PW) and Owsiszczce (PO): a) i c) – soil without deep tillage, b) i d) – soil with deep tillage; red color – first repetition, green color – second repetition

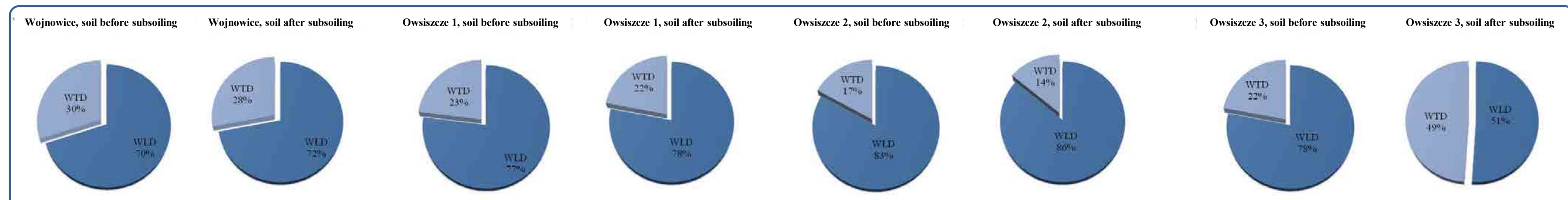


Fig. 5. Easily accessible water resources (WLD) and hard accessible water (WTD) in Wojnowice i Owsiszczce

## SUMMARY AND CONCLUSIONS

The following conclusions may be drawn from the analysis of results of conducted soil tests allowing to formulate some cognitive and practical guidelines: Analysis of the research results allowed to state that the applied deep loosening of soil lessivés using a plough affected a decrease in bulk density and increase in total porosity and soil permeability. Also an improvement of air-water relationships occurred, the proportion of gaseous phase increased whereas the share of liquid phase diminished. Conducted research demonstrated that after the application of agromelioration measures, a positive effect on the use of the soil retentive potential is noticeable, which may result in alleviating the outcomes of droughts or floods.



# CLASSIFICATION AND VALORIZATION OF AREAS AS THE SPATIAL DISTRIBUTION OF ECOLOGICAL IMPORTANCE INDEX TEST METHOD

Katarzyna Cegielska<sup>1</sup>, Tomasz Salata<sup>1</sup>, Marta Szylar<sup>1</sup>, Dawid Kudas<sup>2</sup>

University of Agriculture in Kraków

Faculty of Environmental Engineering and Land Surveying

<sup>1</sup>Department of Spatial Management and Landscape Architecture, <sup>2</sup>Department of Land Surveying



## ABSTRACT

This paper concerns a study of the spatial distribution of ecological importance index which was calculated based on the analysis of land cover. Also the method of analysis of the objects spatial distribution was presented. Inventory of the area of research has been developed, considering the aspect of diverse intensity of ecological features. A series of methods for classification and valuation areas were used. The calculations were based on the method proposed by Ivan Bičík et al. (2015). The method was modified in order to fit the acquired content and to make it possible to use in Poland. Spatial data derived from the governmental Topographic Database Objects (BDOT10k) were used for testing. The input format GML (model consistent with the recommendations of the EU Directive - INSPIRE) were processed into an object-relational database SpatiaLite. The diversity of land cover in the area of research (Podkarpackie Province), divided into adopted basic assessment fields constituting a regular grid of test fields was presented in the form of object-vector. A number of GIS tools like geoprocessing, spatial relations were used for the analysys.

The results of the research were presented using spatial data and cartograms. They were also confronted with examples of data obtained from the website of the General Directorate of Environmental Protection for Web services WFS.

## MATERIAŁY I METODY

Przeprowadzone badania bazują na metodzie klasyfikacji i waloryzacji obszarów zaproponowanej przez Ivana Bičíka i in. (2015), którą zaimplementowano do potrzeb stosowania w Polsce, dostosowując ją do klasyfikacji obiektów topograficznych BDOT10k. W pracy obliczono wskaźnik istotności ekologicznej (Coefficient of Ecological Importance - skr. CEI), który stanowi sumę iloczynów wag przyznanych dla poszczególnych klas gruntów oraz odsetkiem powierzchni zajmowanej przez te klasy pokrycia terenu do całkowitej powierzchni analizowanego obszaru.

### ECOLOGICAL IMPORTANCE – ISTOTNOŚĆ EKOLOGICZNA (wg Bičík i in.)

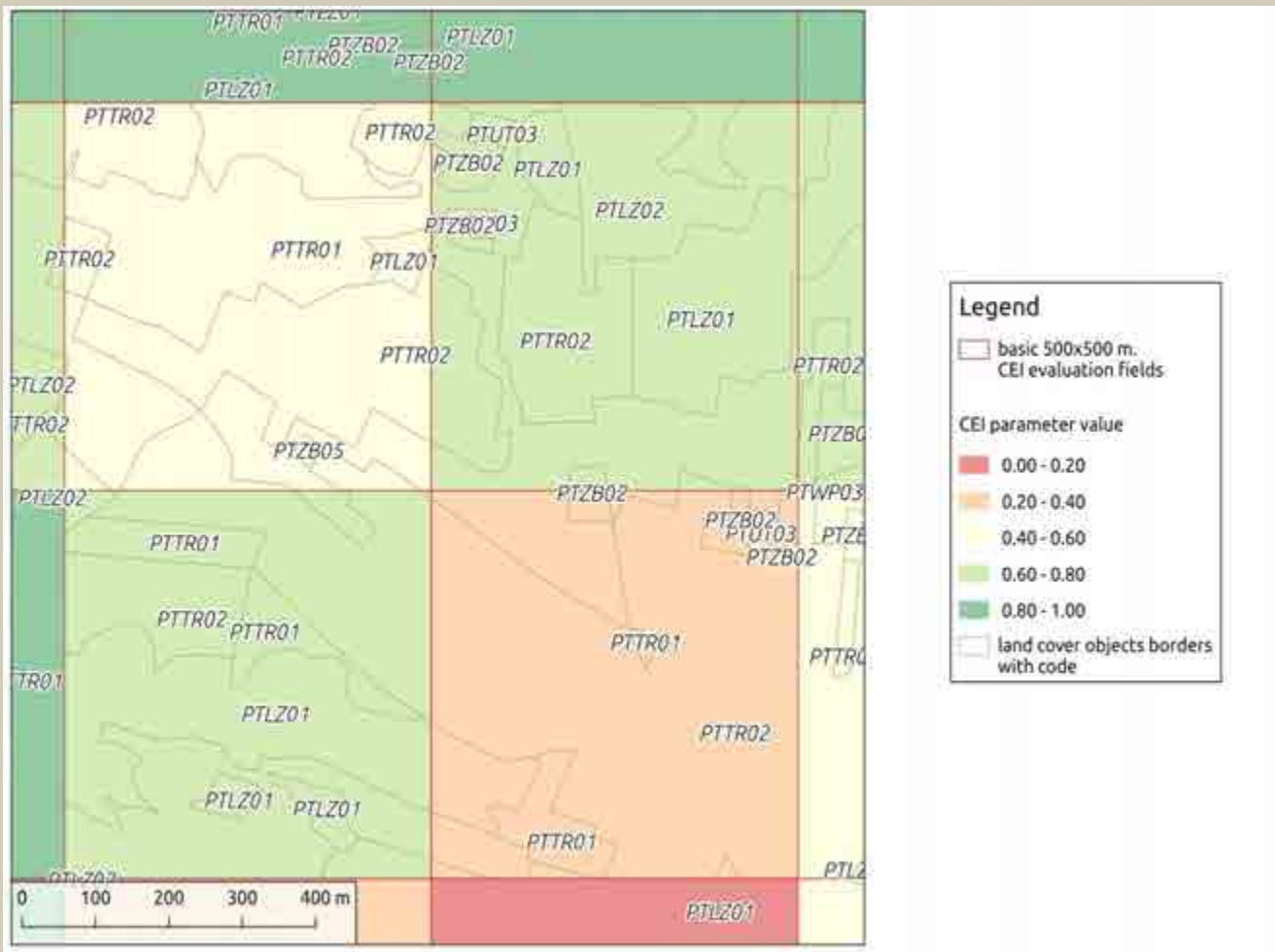
$$CEI = \sum_{i=1}^n cei_i * P_i$$

Jak podaje Bičík (2015) za Miklós (1986), współczynnik istotności ekologicznej stanowi złożoną ocenę jakości i stabilności ekologicznej. Proporcje klas użytkowania terenu są mnożone przez współczynniki odzwierciedlające szczególne znaczenie ekologiczne ("jakość") poszczególnych klas.

Rozróżniono 7 klas obszarów (Bičík 2015), do których wykonano reklasyfikację obiektów BDOT10k dotyczących pokrycia terenu. Określone wskaźniki cei, przyjmują wartości od 0 w przypadku obszarów silnie antropogenicznych do 1 – dla terenów najcenniejszych ekologicznie. Im wyższy wskaźnik, tym ekologicznie "istotniejszy" jest dany obszar (stabilniejszy, o niższej sile oddziaływania i ingerencji człowieka, najbardziej naturalny).

Metoda obliczenia współczynnika CEI polega na wyznaczeniu Pól Podstawowej Oceny (skr. PPO) w postaci kwadratowego obszaru o boku 500 x 500 m, którego powierzchnia wynosi 25 hektarów. Dla każdego PPO została nałożona mozaika obiektów pozyskanych z bazy BDOT10k, reprezentująca pokrycie terenu w ustalonych klasach i opisana za pomocą odpowiednich kodów

odcienie zieleni - przewaga obszarów naturalnych,  
odcienie żółtego - równowaga,  
odcienie czerwieni – przewaga obszarów antropogenicznych.



Po przycięciu pokrycia terenu BDOT10k do granic pól podstawowej oceny, w ich zasięgach obliczono procentowy udział klas pokrycia terenu oraz średnią ważoną cechy cei, i powierzchni każdego fragmentu obiektu. Na tej podstawie obliczono wskaźnik CEI dla 72488 pól. Powyższa rycina przedstawia zakresy PPO oznaczone czerwoną granicą, klasyfikację parametru CEI oraz wyróżnione szarymi liniami obszary pokrycia terenu wraz z etykietą ich kodu.

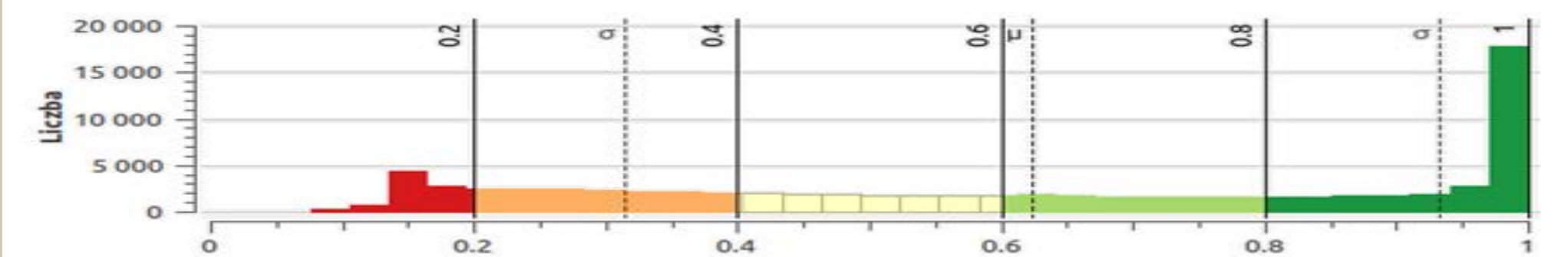
## WSTĘP

Krajobraz złożony jest z wielu elementów, które łączą się i oddziałują na siebie wzajemnie oraz posiada skomplikowaną strukturę. Zmiana jednego elementu wpływa na zmianę innego, na skutek czego tworzona jest „nowa całość”. Badanie krajobrazu w takim ujęciu pozwala jednak na ocenę jego zmienności, co stanowi istotny czynnik wykorzystywany dla potrzeb planowania przestrzennego. Znacznym ułatwieniem w badaniach zmienności pokrycia terenu jest wykorzystanie do tego celu oprogramowania GIS (Geographical Information System). Dzięki temu część z napotykanymi problemami merytorycznymi może zostać ograniczona.

Do badań wykorzystano dane zaczerpnięte z rządowej Bazy Danych Obiektów Topograficznych dotyczące pokrycia terenu. Celem badań było obliczenie parametru istotności ekologicznej w przyjętych polach podstawowej oceny - stanowiących regularną siatkę pól testowych. Pozwoliło to na konfrontację rozkładu przestrzennego obliczonego parametru w granicach mezoregionów położonych na obszarze województwa pomiędzy sobą. Granice mezoregionów pozyskano za pomocą sieciowych usług WFS z serwisu Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska. Ponadto celem pracy było określenie *po raz pierwszy w Polsce* średnich i cząstkowych wartości wskaźnika istotności ekologicznej za pomocą analizy statystycznej przeprowadzonej dla każdego mezoregionu Podkarpacia z osobna.

## WYNIKI

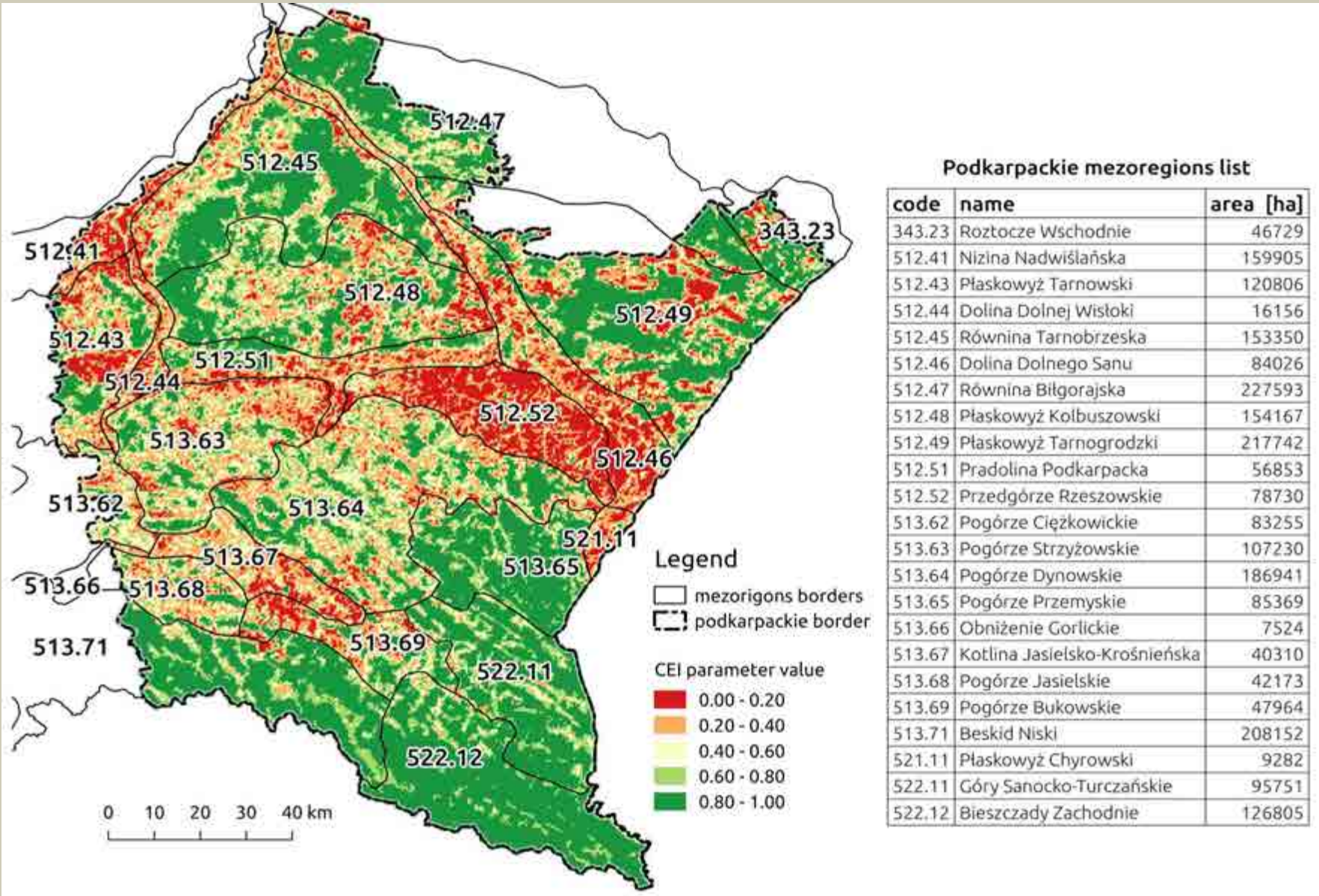
Województwo podkarpackie charakteryzuje się znacznym odsetkiem występowania obszarów o charakterze ekologicznym, co potwierdza histogram rozkładu licznosci zakresów współczynnika potencjału ekologicznego CEI. Nie występują praktycznie obszary o całkowitej zawartości terenów zabudowanych. W przypadku wartości CEI = 0,15 zauważalny jest lokalny wzrost liczby obszarów do niemal 5000 PPO. Kolejne przedziały charakteryzują się porównywalnie równomiernym rozkładem. Warto zaznaczyć, iż w przypadku najwyższych wartości dziedziny parametru CEI można zaobserwować znaczny, bo ok. 7,5-krotny wzrost liczebności PPO.



Każdy PPO posiada inną wartość parametru CEI - należącego w tym rozmiarze PPO do dziedziny wartości od 0 do 250000, więc dla optymalizacji prezentacji wyników wykonano standaryzację danych do granicznych wartości od 0 do 1 i zgrupowano je w pięciu równych przedziałach:

0,00 - 0,20 – obszary zurbanizowane, nieistotne pod względem ekologicznym;  
0,20 - 0,40 – obszary o niewielkim potencjale ekologicznym;  
0,40 - 0,60 – obszary o średnim potencjale ekologicznym;  
0,60 - 0,80 – obszary o wysokim potencjale ekologicznym;  
0,80 - 1,00 – obszary najcenniejsze ekologicznie, rekomendowane do dalszej ochrony.

Wskaźnik istotności ekologicznej porównano z obszarami mezoregionów - jednostek podziału fizycznogeograficznego przestrzeni, obejmujących obszar o zbliżonych cechach środowiskowo-krajobrazowych, pozyskanych za pomocą sieciowych usług pobierania WFS z serwisu prowadzonego przez Generalną Dyrekcję Ochrony Środowiska.



## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

- Rozkład przestrzenny parametru CEI wyraźnie potwierdza położenie granic mezoregionów, gdzie można zaobserwować miejsca największych zmian wartości parametru.
- Współczynnik istotności ekologicznej CEI będący sumą iloczynów wag i powierzchni zajmowanej przez różne kategorie pokrycia terenu w sposób nie budzący wątpliwości znajduje się w ścisłej koincydencji przestrzennej z granicami mezoregionów określonych przez Generalną Dyrekcję Ochrony Środowiska.
- Nałożenie danych GDOŚ i CEI pozwala oszacować zależności pomiędzy liczebnością PPO w przedziałach wartości CEI dla wszystkich mezoregionów województwa podkarpackiego. Wykazują one kilkunasto - kilkudziesięciu procentowy wzrost obszarów słabych ekologicznie (dla wartości CEI w przedziale 0.2 - 0.4) i sukcesywny spadek udziałów powierzchni dla CEI w przedziale 0.4 - 0.6 i następnym 0.6 - 0.8. Średnia wartość CEI dla Podkarpacia wynosi 0,62 w skali od 0 do 1. Dla większości analizowanych mezoregionów wskaźnik CEI wyraźnie wzrastał dla najwyższego wskaźnika istotności ekologicznej - za sprawą wysokiej wagi stosowanej dla kompleksów leśnych.
- Numeryczne techniki przetwarzania danych z zakresu ochrony i kształtowania środowiska pozwalają przetwarzać duże ilości informacji przestrzennej w sposób wielowymiarowy. Podstawową korzyścią jest odpowiednio sklasyfikowany obraz, który może być wielokrotnie analizowany i przetwarzany dalej przez użytkownika metodami kompleksowymi lub iteracyjnymi. Dodatkowo systemy GIS tworzą georeferencyjne dane liczbowe o wysokim stopniu dokładności i wiarygodności.



# DIVERSITY OF AIR TEMPERATURE IN POLAND IN THE YEARS 1971-2010

Joanna Krużel, Agnieszka Ziernicka-Wojtaszek

## Introduction

In the analysis of the signs and effects of global warming in Poland, of special interest are the last two decades of the 20th century and the first decade of the 21st century. Those periods show an increased pace of warming. Regardless of the region, an increase in average annual air temperature is observed. The increase in temperature in the summer is at present the largest of all the seasons of the year.

## Aim

The aim of this study was to present the spatial diversity of average summer air temperature in the thirty-year period 1981-2010, which is a new climate normal, in comparison with the previous official normal 1971-2000.

## Materials and method

Meteorological data have been used concerning average monthly values of air temperature for June, July and August from 53 meteorological stations evenly distributed in Poland. The maps have been drawn to show the average summer temperature in the two climate normals: 1971-2000 and 1981-2010 in Poland. The study compares the increase in temperature in the above mentioned periods. The mountain regions have been omitted.

## Results

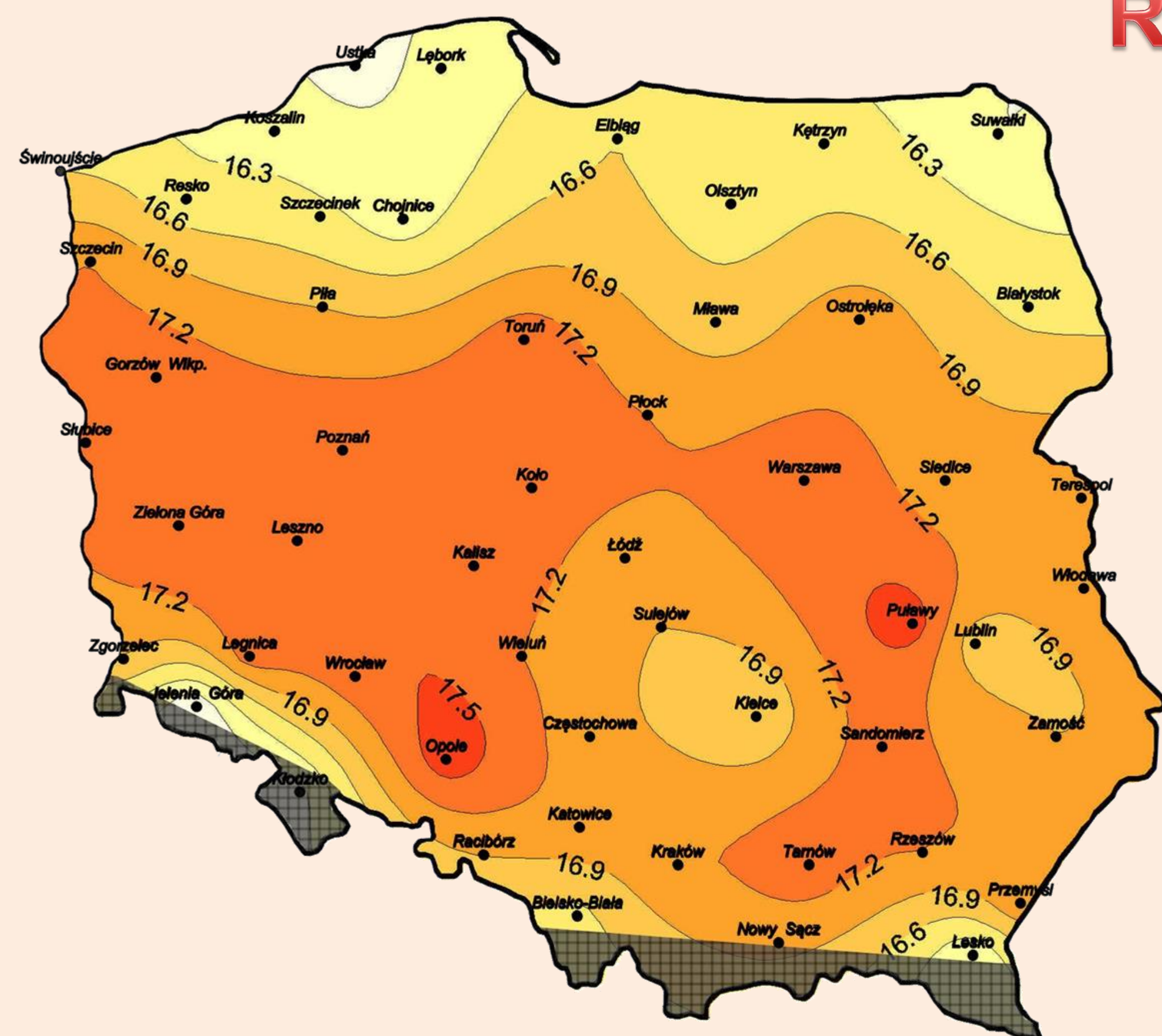


Fig. 1. The average air temperature in the summer in the 1971-2000 period in Poland

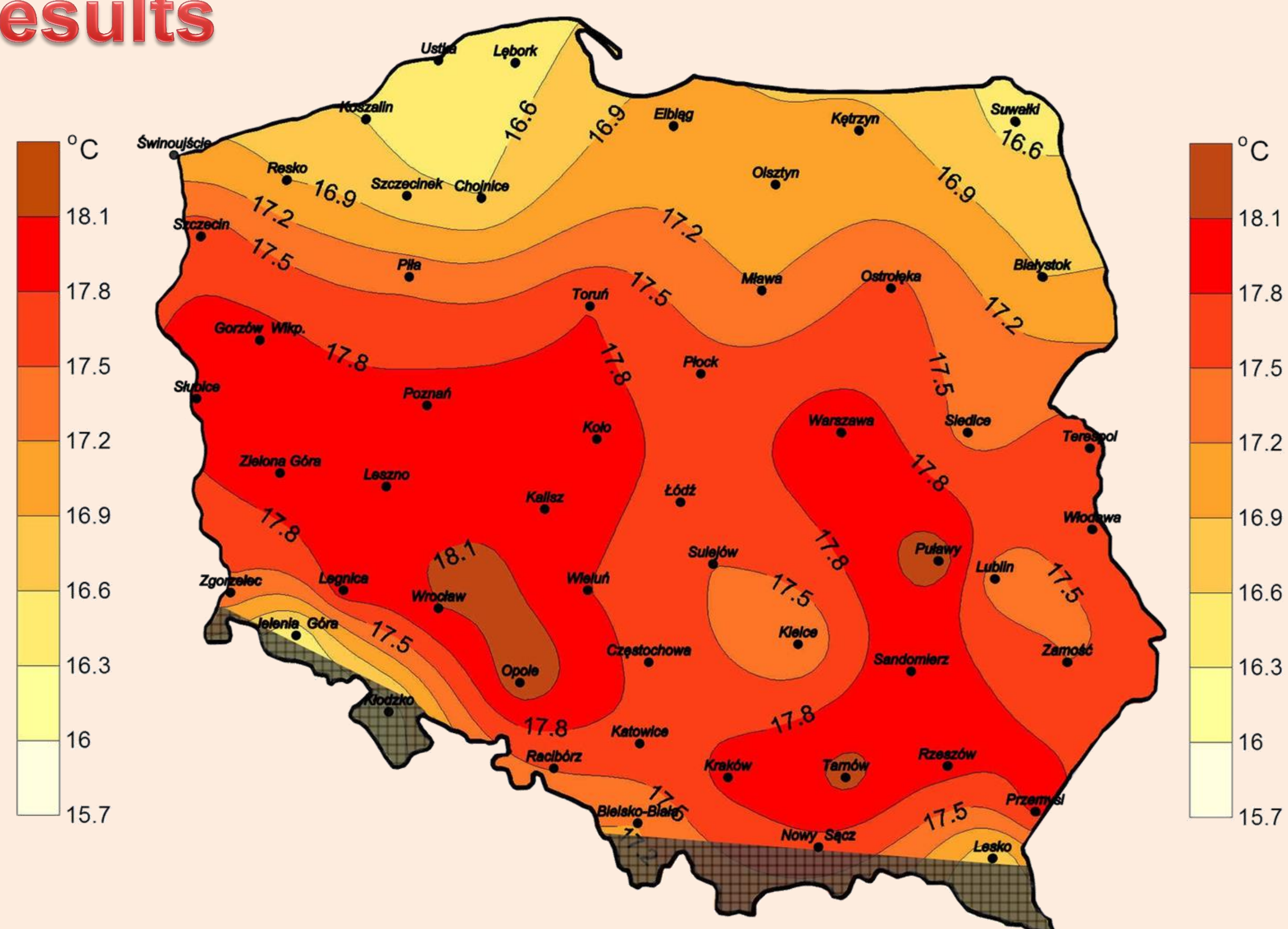


Fig. 2. The average air temperature in the summer in the 1981-2010 period in Poland

## Conclusions

1. The highest air temperature in the summer in the periods 1971-2000 and 1981-2010 occurred in Opole and Puławy and the lowest in Jelenia Góra.
2. The average summer air temperature in Poland in the 1981-2010 period was 17.4°C and it was 0.5°C higher than in the 1971-2000 period, when it was 16.9°C.
3. In both climate normals under analysis we can see an increase in the values of isoline of the average air temperature from the north southwards.



# LANDSCAPE EVALUATION AND IDENTIFICATION OF RIVER VALLEYS: THE EXAMPLE OF THE BIAŁKA RIVER VALLEY

## INTRODUCTION

According to European Landscape Convention legal status should be given to the landscape and it should be considered as a basis for: the quality of life, shape of the regional and local awareness and of the implementation of natural and cultural diversity. There should be also guaranteed protection, management and planning of landscape, no matter if it is natural, cultural, urban, degraded, characterized by unique beauty, or if it belongs to “everyday” landscapes.

## MATERIAL AND METHODS

The Białka (Fig. 1) is a mountain river running through southern Poland. It is a tributary of the Dunajec River. The Białka is only about 40 km long. The source of the river is in the High Tatras. Landscape evaluation with ECOVAST method was made in the valley of the Białka River during the field work and on the available data. On the basis of this method 10 landscape features, which are associated with each other were assessed.

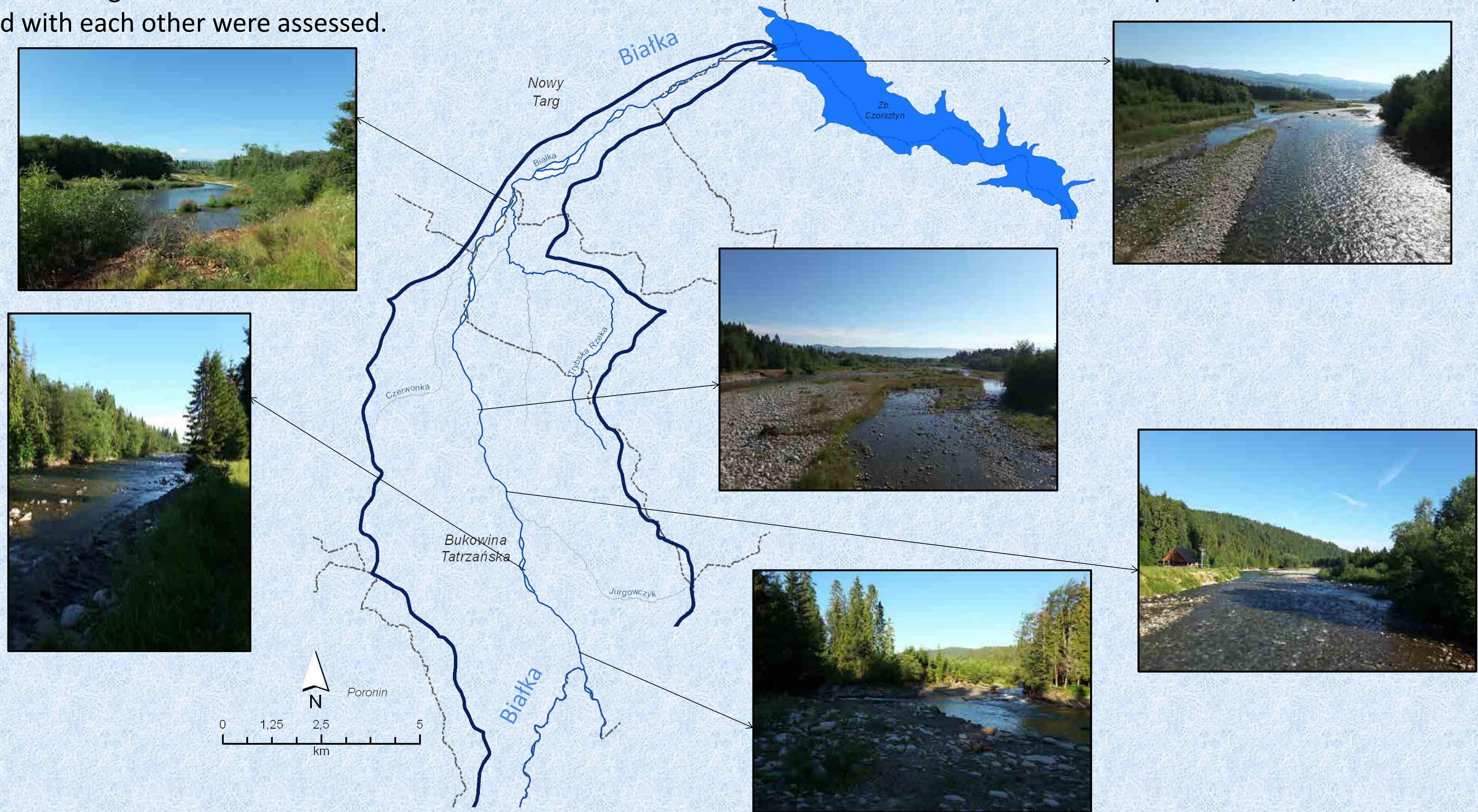


Fig. 1. Białka River with some photos of the evaluated area

## RESULTS

Table 1. Landscape identification matrix for the evaluated section on the Białka River based on ECOVAST method

| Landscape features ("Landscape layers")             | Relative strength of the features (graduation 1 - 4): dominating, strong, moderate, low            |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Feelings and associations                           | Dominating: Mountain landscape, natural – small human interference, low land use                   |
| Historic features                                   | Low: Lack of the historic features                                                                 |
| Other man-made features                             | Moderate: National road No 49 along the river, within cities a slight strengthening of river banks |
| Characteristic features of houses and settlements   | Moderate: A single housing development along the river                                             |
| Characteristic features and patterns of agriculture | Low: A single fields near the river                                                                |
| Land cover                                          | Dominating: Mixed forests                                                                          |
| Soil                                                | Low: Occurrence of podzolic soils with loess character and acid brown soils.                       |
| Land form                                           | Dominating: Mountain extending over the watershed of the Białka River                              |
| Climate                                             | Strong: Mountain climate, occurrence of climate floors                                             |
| Rocks                                               | Dominating: A lot of boulders typical for the mountain river                                       |

## CONCLUSION

The valley of the Białka River is characterized by the landscape of regional importance, with a very large tourism potential. Executed landscape assessment in valley of the river should also take into account the features of the river channel, which have an impact on landscape values in whole river valley.

## LAND AND PROPERTY REGISTER IN POLAND – SELECTED PROBLEMS



Tomasz Noszczyk

University of Agriculture in Krakow, Department of Land Management and Landscape Architecture



## EWIDENCJA GRUNTÓW I BUDYNKÓW W POLSCE – WYBRANE PROBLEMY

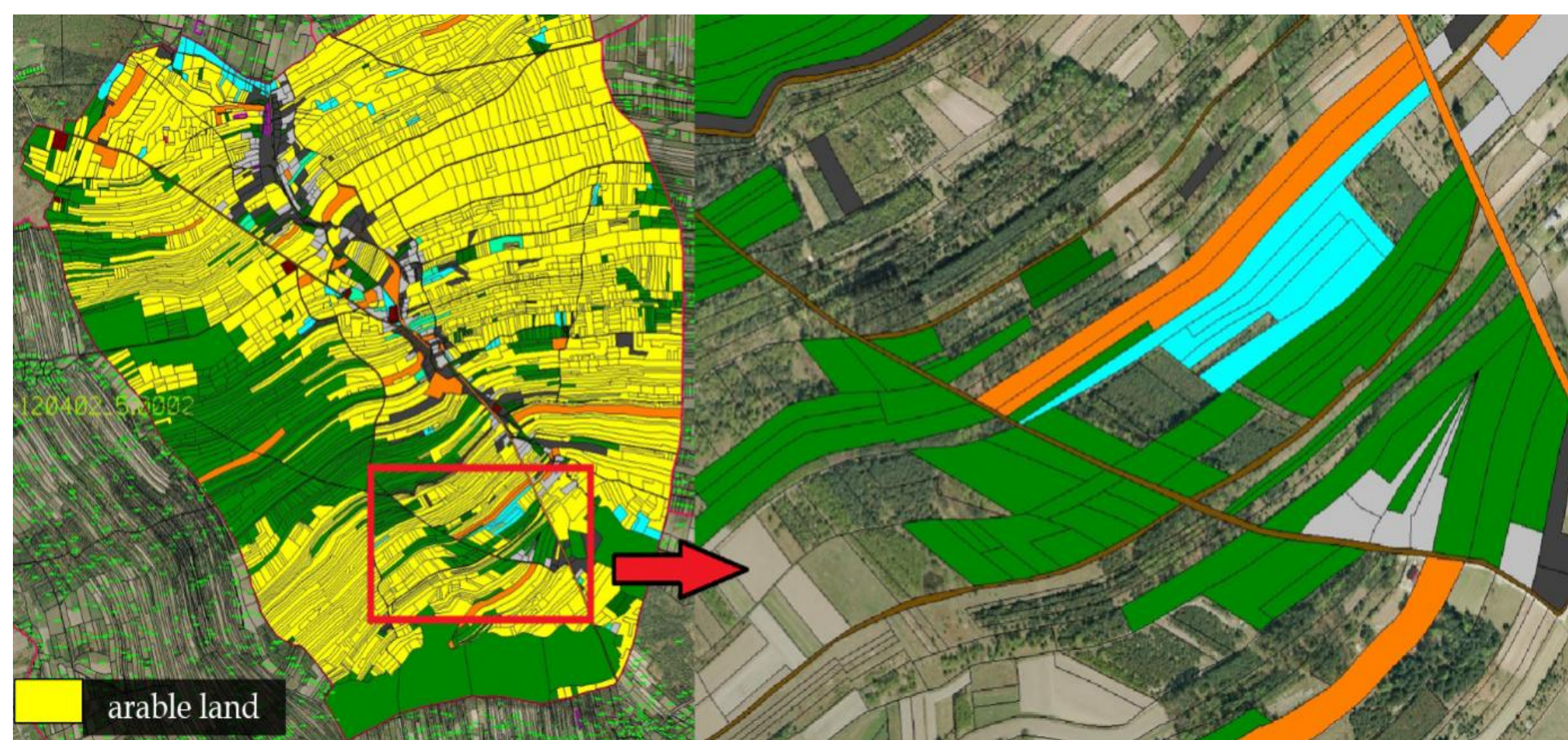
## Abstract

The Land and Property Register is a state tier geodesic register kept by the starost of any district [*powiat* – second-tier administrative unit in Poland]. This public register contains numeric and descriptive data on land property, buildings, and premises and information on the owners or holders of properties. Additionally, it is vital in numerous important areas of life, such as: taxation, spatial planning, public statistics, or property management. Therefore, the Land and Property Register should be efficient and its data up to date, reliable, and useful in practice. The paper deals with the issue of validity of data in a land and property register, a state tier register kept by starostes (government representatives in second tier administrative units).

Ryc. 1. Obszar badań – gmina Michałowice



|                                                                                                 | Przed modernizacją EGiB | Po modernizacji EGiB   | Zmiana (%) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------|
| Powierzchnia zgłoszonych do opodatkowania budynków mieszkalnych                                 | 373,847 m <sup>2</sup>  | 421,274 m <sup>2</sup> | 13%        |
| Powierzchnia zgłoszonych do opodatkowania budynków pozostałych (garaże, budynków gospodarczych) | 32,238 m <sup>2</sup>   | 112,267 m <sup>2</sup> | 248%       |
| Liczba budynków pozostałych zgłoszonych do opodatkowania                                        | 3,000                   | 7,000                  | 133%       |
| Powierzchnia gruntów pozostałych zgłoszona do opodatkowania                                     | 42.83 ha                | 214.84 ha              | 402%       |



Ryc. 3. Użytkowanie gruntów wg EGiB w zestawieniu z faktycznym sposobem użytkowania (Janus &amp; Taszakowski, 2016)

## Wnioski

W Polsce, w zdecydowanej większości przypadków stan i aktualność danych ewidencyjnych jest niezadowolająca.

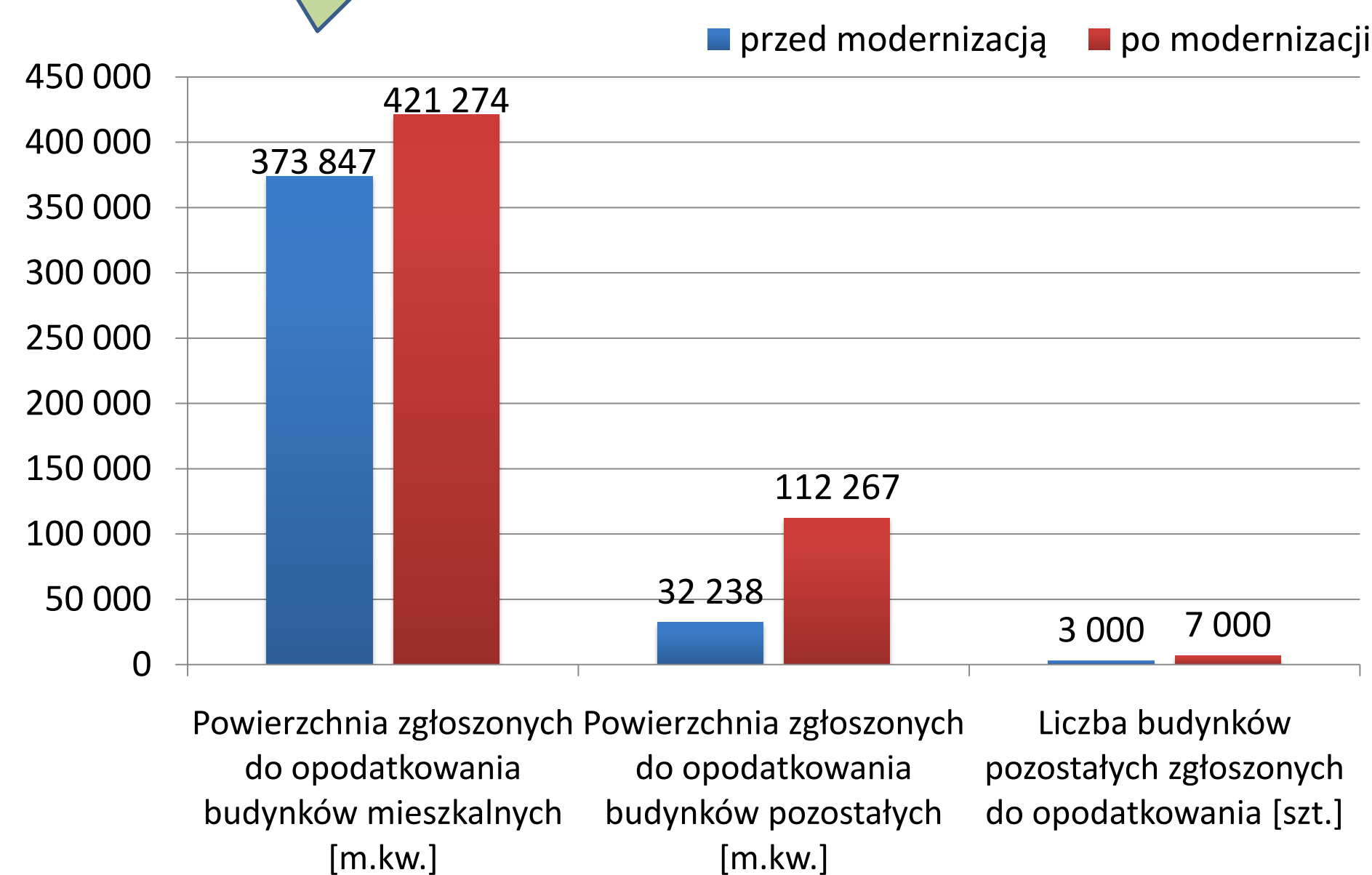
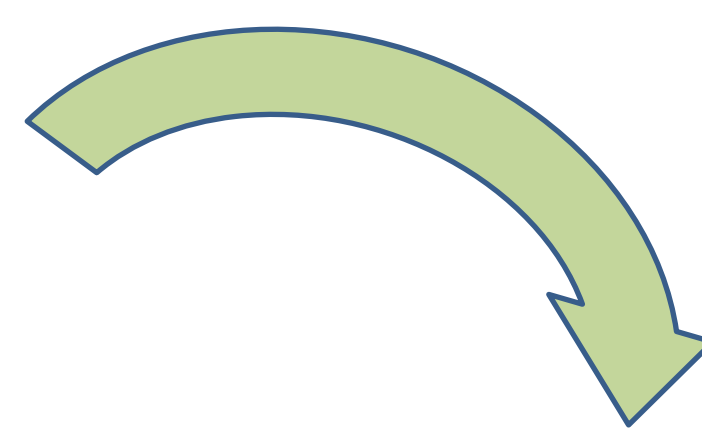
Dane zawarte w EGiB różnią się znacząco od stanu rzeczywistego na gruncie – potwierdza to przykład gminy Michałowice.

Obecny stan i jakość danych ujawnionych w EGiB powodują, że traci ona nieco na swoim znaczeniu i w dużej mierze w obecnym kształcie nie spełnia oczekiwań społeczeństwa.

Działaniem mogącym spowodować wzrost aktualności i jakości danych ewidencyjnych jest modernizacja EGiB.



Ryc. 2. Przykład skrócenia granic na mapie względem użytkowania w terenie (żółte przerywane linie oznaczają granice użytkowania, a czerwone są granicami ewidencyjnymi)



Ryc. 4. Rozbieżności ujawnione podczas modernizacji EGiB w gminie Michałowice

## Literatura

- [1] Bandeira, P., Sumpsi, J.M., Falconi, C. (2010). Evaluating land administration systems: a comparative method with an application to Peru and Honduras. *Land Use Policy*, 27(2), 351–363.
- [2] Ciak, J., Wąsewicz, B. (2015). Oczekiwany model katastru nieruchomości w Polsce. *Prawo Budżetowe Państwa i Samorządu*, 3(1), 27–43.
- [3] Janus J., Taszakowski J. (2016). *Ocena struktury przestrzennej obszarów wiejskich województwa małopolskiego w aspekcie zapotrzebowania na prace scaleniowe*. Wyd. Uniwersytetu Rolniczego, Kraków.
- [4] Leitmanová, M., Bažik, J., Muchová, Z. (2015). New methods for gathering the spatial data from land consolidation project, *Acta Sci. Pol., Formatio Circumietus*, 14(1), 125–133.
- [5] Williamson, I.P. (2001). Land administration “best practice” providing the infrastructure for land policy implementation. *Land Use Policy*, 18(4), 297–307.
- [6] Wolny, B. (2005). Wybrane problemy aktualizacji danych ewidencji gruntów i budynków. *Przegl. Geodez.*, 77(04), 14–17.
- [7] Zwirowicz, K. (2010). Propozycja zasad racjonalnego funkcjonowania ewidencji gruntów i budynków. *Przegl. Geodez.*, 12/2010, 4–9.

# Badanie ładu środowiskowego miast na prawach powiatu

## Analysis of environmental order in county towns

Szylar Marta<sup>(1)</sup>, Cegielska Katarzyna<sup>(2)</sup>, Kudas Dawid<sup>(3)</sup>

<sup>(1), (2)</sup> Katedra Gospodarki Przestrzennej i Architektury Krajobrazu, <sup>(3)</sup> Katedra Geodezji, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kottłataja w Krakowie

E-mail: <sup>(1)</sup> szylarmarta.kgpiak@gmial.com <sup>(2)</sup> cegielska\_katarzyna@wp.pl <sup>(3)</sup> dawid.kudas@gmail.com

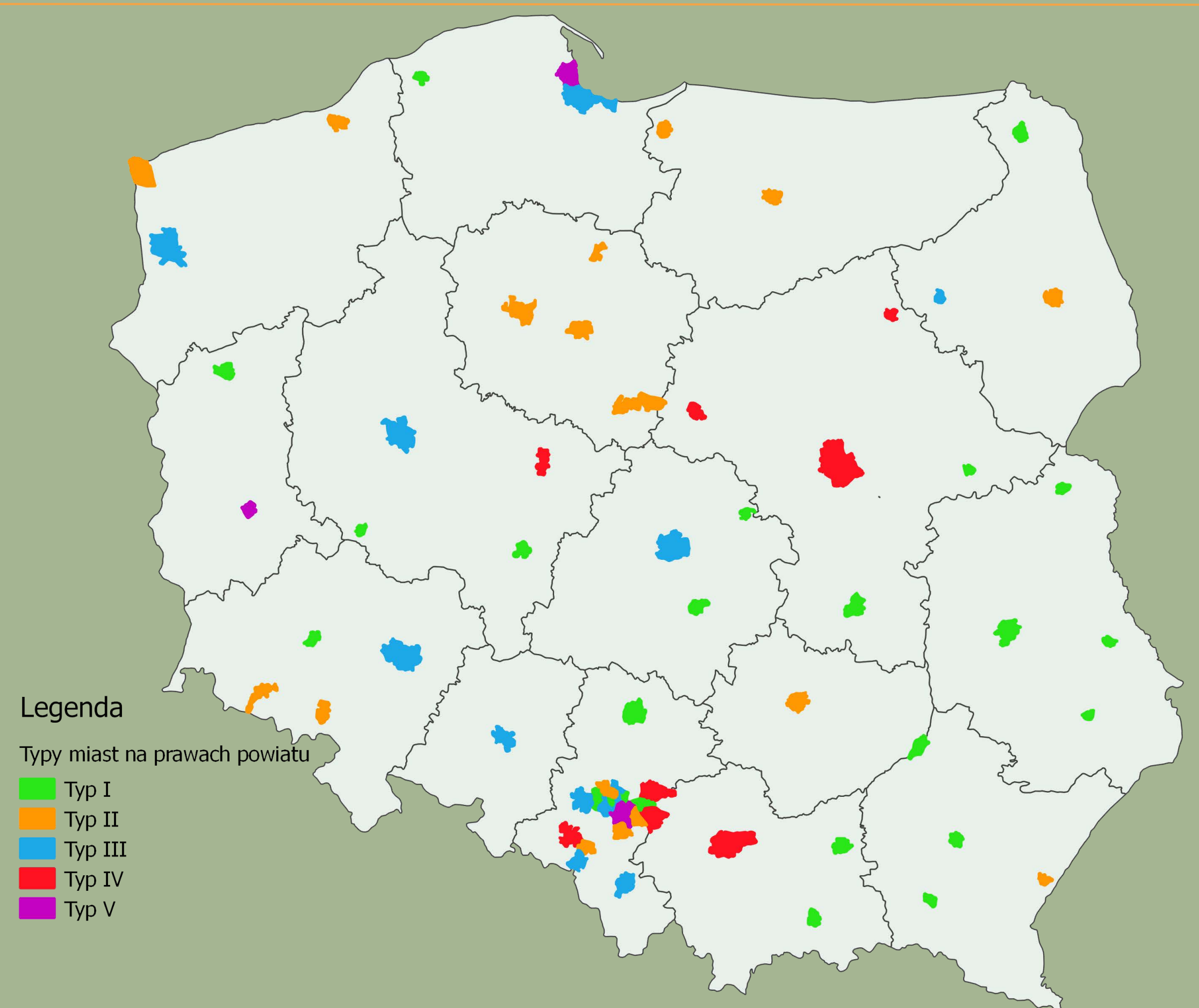
### WPROWADZENIE

Miasta na prawach powiatu są specyficznymi jednostkami samorządowymi. Zostały one utworzone w trakcie reformy administracji publicznej w 1998 r. Zgodnie z Ustawą z dnia 5 czerwca 1998 r. o samorządzie powiatowym „Miasto na prawach powiatu jest gminą wykonującą zadania powiatu”. Utworzenie ich było spowodowane kilkoma przesłankami:

- ❑ odmienną od typowych gmin wiejskich oraz wiejsko-miejskich strukturą osadniczą,
- ❑ rozszerzonym katalogiem zadań wykonywanych przez te miasta, wprowadzanych przez kolejne ustawy i rozporządzenia,
- ❑ rekompensatą za odebranie miastom statutu miast wojewódzkich po zmniejszeniu liczby województw z 49 do 16.

Zachowanie ładu środowiskowego w miastach jest szczególnie trudne. Często obszary wysoko rozwinięte pod względem ekonomicznym wykazują niski poziom ładu ekologicznego. Jest to spowodowane specyficznymi zjawiskami związanymi z wysokim poziomem urbanizacji tych terenów: zmniejszanie się powierzchni biologicznie czynnej na rzecz zabudowy, zmniejszona retencja wód związana z dominacją sztucznych nawierzchni, wysokie zanieczyszczenie powietrza, wysoki poziom hałasu itp. Z tego powodu monitorowanie poziomu ładu środowiskowego jest szczególnie ważne dla tych jednostek. W tym celu pomocne stają się wskaźniki opracowane przez Główny Urząd Statystyczny.

ryc. 1 Podział na typy miast na prawach powiatu Polski na podstawie poziomu ładu środowiskowego



Legenda

Typy miast na prawach powiatu

- Typ I
- Typ II
- Typ III
- Typ IV
- Typ V

**Typ I:** Białą Podlaska, Chełm, Częstochowa, Gorzów Wielkopolski, Kalisz, Krosno, Legnica, Leszno, Lublin, Nowy Sącz, Piotrków Tryb., Radom, Rzeszów, Siedlce, Siemienowice Śląskie, Skierniewice, Słupsk, Sosnowiec, Suwałki, Świętochłowice, Tarnobrzeg, Tarnów, Zabrze, Zamość

**Typ II:** Białystok, Bydgoszcz, Bytom, Elbląg, Grudziądz, Jelenia Góra, Kielce, Koszalin, Mysłowice, Olsztyn, Przemyśl, Świnoujście, Toruń, Tychy, Wałbrzych, Włocławek, Żory

**Typ III:** Bielsko – Biała, Chorzów, Gdańsk, Gliwice, Jastrzębie – Zdrój, Łomża, Łódź, Opole, Piekary Śląskie, Poznań, Ruda Śląska, Szczecin, Wrocław

**Typ IV:** Dąbrowa Górnicza, Jaworzno, Konin, Kraków, Ostrołęka, Płock, Rybnik, Warszawa

**Typ V:** Gdynia, Katowice, Sopot, Zielona Góra

### CEL BADANIA

Prezentowana praca miała na celu **wykonanie analizy poziomu ładu środowiskowego w miastach na prawach powiatu**. Obszar badawczy stanowiło 66 polskich miast o takim statusie. W badaniu wykorzystanych zostało 6 wskaźników ładu środowiskowego. Każdy z nich reprezentował inną kategorię tematyczną opisującą zakres badań. Wartości wskaźników dotyczyły roku 2014 i zostały pobrane z aplikacji Głównego Urzędu Statystycznego „Wskaźniki Zrównoważonego Rozwoju”. Wynikiem badania było utworzenie grup powiatów grodzkich, wykazujących podobieństwo pod względem cech przyjętych do badania. Dodatkowym celem pracy było opracowanie rankingu, na podstawie którego wytypowano, w przypadku której grupy miast ład środowiskowy został zachowany w najlepszej kondycji, przy czym za najlepszy będzie uznany taki powiat, dla którego wartości stymulant są najwyższe, a wartości destymulant najniższe.

### MATERIAŁY I METODY

W badaniu wykorzystanych zostało 6 wskaźników ładu środowiskowego:

- X1: Emisja dwutlenku węgla z zakładów szczególnie uciążliwych (t/r)
- X2: Zużycie energii elektrycznej na 1 mieszkańca (kWh).
- X3: Emisja gazowych zanieczyszczeń powietrza z zakładów szczególnie uciążliwych (t/r).
- X4: Lesistość (%).
- X5: Udział terenów zieleni w powierzchni ogółem (%).
- X6: Ilość zmieszanych odpadów komunalnych z gospodarstw domowych zebranych w ciągu roku przypadająca na 1 mieszkańca (kg).

Każdy z tych wskaźników reprezentuje jedną z 6 kategorii tematycznych opisujących ład środowiskowy – zmiany klimatu, energię, ochronę powietrza, gospodarkę odpadami, użytkowanie gruntów oraz bioróżnorodność.

W wyniku badania utworzono grupy powiatów grodzkich wykazujących podobieństwo pod względem wymienionych cech. Grupowanie zostało wykonane za pomocą kombinatorycznej metody aglomeracyjnej Warda. W tej metodzie zakłada się że przed rozpoczęciem klasyfikacji wszystkie obiekty traktowane są jako odrębne skupienia. Liczbę skupień zmniejsza się poprzez łączenie najmniej odległych od siebie obiektów. Odległość ta, nazywana odległością taksonomiczną, rozpatrywana jest w n-wymiarowej przestrzeni utworzonej przez cechy diagnostyczne. Metoda Warda zakłada, że odległość między skupieniami mierzona jest jako różnica sum kwadratów odchyleń odległości elementów od środków ciężkości grup, do których należą te jednostki

### PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonego badania otrzymano podział wejściowego zbioru obiektów na 5 typów, charakteryzujących się podobieństwem pod względem przyjętych cech diagnostycznych. Wyciągając wnioski należy pamiętać, że metoda Warda nie wartościuje obiektów jako lepsze lub gorsze, a jedynie ukazuje ich podobieństwo. Z tego powodu wykonano dodatkowo rankingi obiektów. Pozwoliło to wyciągnąć dla każdego typu dwa wnioski – na temat pozycji grupy na tle pozostałych powiatów oraz na temat jednorodności (homogeniczności) typów określonej na podstawie porównania wartości współczynników zmienności cech obliczonych dla typu ze współczynnikami obliczonymi dla całej zbiorowości.

- ❑ Typ I jest najliczniejszą grupą, zawierającą ponad 30 % wejściowego zbioru obiektów. Pod względem taksonomicznym jest to grupa stosunkowo jednorodna, bowiem żaden ze współczynników zmienności obliczonych dla 6 cech nie przekroczył wartości tych współczynników obliczonych dla wszystkich 66 powiatów. Biorąc pod uwagę pozycje poszczególnych miast w rankingu grupa jest bardzo mocno zróżnicowana. Zawiera bowiem zarówno Zamość zajmujący 1 miejsce w rankingu ogólnym jak i Tarnów znajdujący się na pozycji 55.
- ❑ Typ II zawiera 17 miast na prawach powiatu. Jest to grupa najbardziej jednorodna taksonomicznie, gdyż obliczone dla tego typu wartości współczynników zmienności dla każdej cechy są znacząco niższe niż te same wartości obliczone biorąc pod uwagę całą zbiorowość. Jest to także typ bardziej spójny merytorycznie. Większość obiektów tego typu zajmuje w rankingu miejsca między 5, a 25. Typ II można więc określić jako grupę zawierającą miasta o stosunkowo dobrze zachowanym ładzie środowiskowym.
- ❑ Typ III zawiera 14 miast na prawach powiatu. Kontrola wykonana dla tej grupy wykazała przekroczenie wartości współczynnika zmienności jednej cechy liczonej dla tego typu, w porównaniu z wartością tego współczynnika liczoną dla całej zbiorowości. Przekroczenie to wyniosło niemal 46%. Analiza rankingów pozwala stwierdzić, że w omawianym typie znajdują się powiaty o słabo zachowanym ładzie środowiskowym. Większość obiektów zajmuje miejsca między 44 i 61.
- ❑ Typ IV jest grupą zawierającą 8 obiektów badanej zbiorowości. Mimo niewielkiej liczebności grupa jest najmniej spójna taksonomicznie, gdyż obliczone wartości współczynników zmienności w trzech wypadkach przekroczyły wartości obliczone dla całej zbiorowości – kolejno o 40%, 30% i 9%. Taki wynik spowodowany jest wartościami dwóch cech charakteryzujących Ostrołękę, które mocno odstają od wartości tych samych cech u pozostałych obiektów w grupie. Również analiza rankingów pozwala zauważyć odrębność tego miasta. Zajmuje ono miejsce 33. Płock zajmuje pozycję 56, Konin 58. Pozostałe powiaty – ostatnie 5 miejsc rankingu. Można więc wysnuć ogólny wniosek, że jest to typ zawierający miasta o najgorzej zachowanym ładzie środowiskowym.
- ❑ Typ V jest najmniej liczną grupą, zawierającą 4 obiekty. Jest to grupa stosunkowo jednorodna. Przekroczenie wartości współczynnika zmienności występuje tylko w przypadku jednej cechy i wynosi 20%. Analiza rankingów pozwala zakwalifikować zawarte w tym typie miasta jako jednostki o średnio zachowanym ładzie środowiskowym - zajmują one miejsca między 40 a 45.

Jak wykazała powyższa analiza ład środowiskowy w miastach na prawach powiatu w Polsce jest mocno zróżnicowany. Wykonanie rankingów dla poszczególnych cech pozwala stwierdzić, że miasta, które zajmują wysokie pozycje w jednym rankingu, w innych zajmują najniższe pozycje. Przykładowo Zamość zajmujący najwyższą pozycję w rankingu łącznym w odniesieniu do cechy X4 zajmuje 62 miejsce. Wskazuje to, że władze miast będące odpowiedzialne za zachowanie zrównoważonego rozwoju powinny prowadzić szerokie działania obejmujące wszystkie aspekty tego zrównoważenia i jednocześnie powinny nieustannie monitorować zmiany jakie zachodzą w zarządzanych przez nie jednostkach.

**VEDA MLADÝCH 2016 - ZBORNÍK RECENZOVANÝCH PRÍSPEVKOV**

**Brno, Česká republika  
07.09. - 09.09.2016**

organizovanú v spolupráci s Ústavom aplikovanej a krajinnej ekológie  
Agronomickej fakulty Mendelovej univerzity v Brne

**konanú pod záštitou**

doc. Ing. Klaudie Halászovej, PhD., dekanky FZKI SPU v Nitre,  
doc. Ing. Pavla Ryanta, PhD., dekana AF MENDELU v Brne  
a primátora štatutárneho mesta Brna pána Ing. Petra Vokřála.  
Konferencia vznikla za podpory štatutárneho mesta Brna.

Vydanie: prvé

Rok vydania: 2016

Náklad: 50 ks

Editori: Ing. Mária Leitmanová, PhD., Ing. Andrej Tárník, PhD.

Vydavateľ: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

**ISBN 978-80-552-1535-8**

Neprešlo redakčnou úpravou vo vydavateľstve.