

FOLIA BIOLOGICA ET GEOLOGICA



58/2 • 2017

FOLIA BIOLOGICA ET GEOLOGICA

Ex: Razprave razreda za naravoslovne vede
Dissertationes classis IV (Historia naturalis)

58/2
2017

SLOVENSKA AKADEMIJA ZNANOSTI IN UMETNOSTI
ACADEMIA SCIENTIARUM ET ARTIUM SLOVENICA
Razred za naravoslovne vede – Classis IV: Historia naturalis

LJUBLJANA 2017

Uredniški odbor / *Editorial Board*

Matjaž Gogala, Špela Goričan, Ivan Kreft, Ljudevit Ilijanič (Hrvaška), Livio Poldini (Italija), Dragica Turnšek, Branko Vreš in Mitja Zupančič

Glavni in odgovorni urednik / *Editor*

Ivan Kreft

Tehnični urednik / *Technical Editor*

Janez Kikelj

Oblikovanje / *Design*

Milojka Žalik Huzjan

Prelom / *Layout*

Medija grafično oblikovanje

Sprejeto na seji razreda za naravoslovne vede SAZU dne 1. decembra 2016 in na seji predsedstva dne 21. februarja 2017.

Naslov Uredništva / *Editorial Office Address*

FOLIA BIOLOGICA ET GEOLOGICA

SAZU

Novi trg 3, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

Faks / Fax: +386 (0)1 4253 423, E-pošta / E-mail: sazu@sazu.si; www.sazu.si

Avtorji v celoti odgovarjajo za vsebino in jezik prispevkov.

The authors are responsible for the content and for the language of their contributions.

Revija izhaja dvakrat do štirikrat letno / *The Journal is published two to four times annually*

Zamenjava / *Exchange*

Biblioteka SAZU, Novi trg 3, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

Faks / Fax: +386 (0)1 4253 462, E-pošta / E-mail: sazu-biblioteka@zrc-sazu.si

FOLIA BIOLOGICA ET GEOLOGICA (Ex *Razprave IV. razreda SAZU*) je vključena v / *is included into*: Index to Scientific & Technical Proceedings (ISTP, Philadelphia) / Index to Social Sciences & Humanities Proceedings (ISSHP, Philadelphia) / *GeoRef Serials* / BIOSIS Zoological Record / *Internationale Bibliographie des Zeitschriften (IBZ)* / *Redakcion Homo* / *Colorado State University Libraries* / *CABI (Wallingford, Oxfordshire)*.

FOLIA BIOLOGICA ET GEOLOGICA (Ex *Razprave IV. razreda SAZU*) izhaja s finančno pomočjo / *is published with the financial support* Javne agencije za raziskovalno dejavnost RS / *Slovenian Research Agency*.

© 2017, Slovenska akademija znanosti in umetnosti

Vse pravice pridržane. Noben del te izdaje ne sme biti reproduciran, shranjen ali prepisan v kateri koli obliki oz. na kateri koli način, bodisi elektronsko, mehansko, s fotokopiranjem, snemanjem ali kako drugače, brez predhodnega pisnega dovoljenja lastnikov avtorskih pravic. / *All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher.*

Naslovnica: *Stand of the association Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis in the Brkini Hills. Photo I. Dakskobler*
Cover photo: *Sestoj asociacije Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis v Brkinih. Foto I. Dakskobler*

VSEBINA CONTENTS

RAZPRAVE / ESSAYS

Igor Dakskobler, Zvone Sadar & Andraž Čarni

- 5 Phytosociological analysis of *Quercus cerris* woods in the sub-Mediterranean phytogeographical region of Slovenia
5 Fitocenološka analiza gozdov cera (*Quercus cerris*) v submediteranskem fitogeografskem območju Slovenije

Mateja Germ, Zlata Luthar, Eva Tavčar Benković, Meiliang Zhou, Aleksandra Golob & Nina Kacjan Maršič

- 45 Fagopyrin and rutin concentration in seeds of common buckwheat plants treated with Se and I
45 Vsebnost fagopirina in rutina v semenih navadne ajde tretirane s selenom in jodom

Miha Knehtl & Mateja Germ

- 53 Vplivi obremenitev na združbe makrofitov in njihov pomen pri upravljanju z rečnimi ekosistemi
53 Impacts of stressors on macrophyte communities and their importance in river ecosystem management

Uroš Marolt, Gregor Božič, Andreja Ferreira, Gorazd Mlinšek & Robert Brus

- 71 Raziskava cemprina (*Pinus cembra* L.) na robnem vzhodnem območju Alp v Sloveniji
71 Research on the Swiss stone pine (*Pinus cembra* L.) on the easternmost edge of the Alps in Slovenia

Mitja Zupančič, Jože Skumavec, Andrej Rozman, Igor Dakskobler

- 89 New localities of *Buglossoides purpureocaerulea* (L.) I. M. Johnston in the Julian Alps (NW Slovenia)
89 Nova nahajališča vrste *Buglossoides purpureocaerulea* (L.) I. M. Johnston v Julijskih Alpah (severozahodna Slovenija)

Blanka Vombergar, Vida Škrabanja, Zlata Luthar & Mateja Germ

- 101 Izhodišča za raziskave učinkov flavonoidov, taninov in skupnih beljakovin v frakcijah zrn navadne ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench) in tatarske ajde (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.)
101 Starting points for the study of the effects of flavonoids, tannins and crude proteins in grain fractions of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.)

Fejzo Bašić, Mirha Đikić & Drena Gadžo

- 147 Appearance and spreading of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in Bosnia and Herzegovina
147 Pojavljanje in širjenje ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia* L.) v Bosni in Hercegovini

Aleksandra Golob

- 157 Značilnosti makrofitov in njihova vloga v vodnih ekosistemih
157 Characteristics of macrophytes and their role in aquatic ecosystems

Lea Lukšič & Mateja Germ

- 165 Selen v vodnih in kopenskih rastlinah
165 Selenium in water and in terrestrial plants

Mitja Zupančič

- 175 Fitocenologija v Sloveniji skozi čas
175 Phytocenology in Slovenia over time

Tina Unuk & Tine Grebenc

- 183 Corrigendum
183 Popravek

PHYTOSOCIOLOGICAL ANALYSIS OF *QUERCUS CERRIS* WOODS IN THE SUB-MEDITERRANEAN PHYTOGEOGRAPHICAL REGION OF SLOVENIA

FITOCENOLOŠKA ANALIZA GOZDOV CERA (*QUERCUS CERRIS*) V SUBMEDITERANSKEM FITOGEOGRAFSKEM OBMOČJU SLOVENIJE

Igor DAKSKOBLER¹, Zvone SADAR² & Andraž ČARNI³

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0026>

ABSTRACT

Phytosociological analysis of *Quercus cerris* woods in the sub-Mediterranean phytogeographical region of Slovenia

We conducted a phytosociological analysis of mixed deciduous forests on flysch and mixed flysch-limestone bedrock in the Central Soča Valley, the Karst, the Brkini Hills and in Slovenian Istria with dominating *Quercus cerris* in the upper tree layer. Based on the comparison with similar *Quercus cerris* communities in Slovenia, Italy, Hungary and Bosnia and Herzegovina we described a new association, *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis*, which we classified into the alliance *Carpinion orientalis*. We subdivided it into three subassociations: *-asparagetosum acutifolii* (*Quercus cerris* stands in Slovenian Istria where this tree species rejuvenates successfully and keeps through many generations), *-hieracietosum sabaudi* (a form on slightly acid flysch soil, also in Istria) and *-campanuletosum rapunculoidis* (a secondary *Quercus cerris* community on potential beech sites). Even though the described *Quercus cerris* stands are considered secondary (pioneer), they overgrew very large areas and we therefore propose they be classified as a new habitat and forest site type, littoral *Quercus cerris* woods on flysch.

Key words: phytosociology, synsystematics, *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis*, *Carpinion orientalis*, Istria, Slovenia

IZVLEČEK

Fitocenološka analiza gozdov cera (*Quercus cerris*) v submediteranskem fitogeografskem območju Slovenije

Fitocenološko smo analizirali mešane listnate gozdove na flišni in mešani flišno-apnenčasti matični podlagi v Srednjem Posočju, na Krasu, v Brkinih in v Slovenski Istri, kjer v drevesni plasti prevladuje cer (*Quercus cerris*). Na podlagi primerjave s podobnimi cerovimi združbami v Sloveniji, Italiji, Madžarski in Bosni in Hercegovini smo opisali novo asociacijo *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis*, ki jo uvrščamo v zvezo *Carpinion orientalis*. Členili smo jo na tri subasociacije: *-asparagetosum acutifolii* (cerovi sestoji v Slovenski Istri, kjer se ta drevesna vrsta dobro pomlajuje in ohranja skozi več generacij), *-hieracietosum sabaudi* (oblika na nekoliko zakisanih flišnih tleh, prav tako v Istri) in *-campanuletosum rapunculoidis* (drugotna cerova združba na potencialno bukovih rastiščih). Kljub temu, da opisane cerove sestojke štejemo za drugotne (pionirske), zaradi precejšnjih površin, ki jih poraščajo, predlagamo nov habitatni in gozdni rastiščni tip primorsko cerovje na flišu.

Ključne besede: fitocenologija, sinsistematika, *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis*, *Carpinion orientalis*, Istra, Slovenija

¹ Institute of Biology, Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Regional Research Unit Tolmin, Brunov drevored 13, SI-5220 Tolmin and Biotechnical Faculty of the University in Ljubljana, Department of Forestry and Renewable Forest Resources, Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana, igor.dakskobler@zrc-sazu.si

² Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Sežana, Krajevna enota Kozina, Hrpolje, Reška cesta 14, SI-6240 Kozina, zvone.sadar@zgs.gov.si

³ Institute of Biology, Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana and University of Nova Gorica, Vipavska 13, SI-5000 Nova Gorica, carni@zrc-sazu.si

1 INTRODUCTION

Quercus cerris is a southeastern-European-southwestern-Asian species, a character species of the alliance *Carpinion orientalis* (AESCHIMANN et al. 2004a: 224). It is relatively common in the western, southern and eastern parts of Slovenia, but very rare in the Alpine phytogeographical region (Figure 1, KOTAR 1999). It frequently occurs accompanied by other oaks (*Q. petraea*, *Q. pubescens*), with European hop hornbeam and oriental hornbeam (*Ostrya carpinifolia*, *Carpinus orientalis*), flowering ash (*Fraxinus ornus*), in places even beech (*Fagus sylvatica*), common hornbeam (*Carpinus betulus*) and other deciduous trees, usually on sunny slopes of the hilly and submontane belts, rarely also in the lower montane belt up to the elevation of around 1000 m, on limestone, marl and flysch bedrock, on relatively deep and fertile soil. It is a heliophilous and pioneer tree species that establishes itself on former meadows and pastures, degraded forest areas, forest clearings and in large stand gaps. Turkey oak naturally occurs in sessile oak, pubescent oak and (or)

oriental hornbeam communities in the sub-Mediterranean phytogeographical region and in the hilly, submontane and lower montane belts in the interior of the country (e.g. in the stands of associations *Seslerio autumnalis-Ostryetum*, *Amelanchiero ovalis-Ostryetum*, *Aristolochio-Quercetum pubescentis*, *Seslerio autumnalis-Quercetum petraeae*, *Seslerio autumnalis-Quercetum pubescentis*, *Quercus-Carpinetum orientalis*, *Quercus pubescentis-Ostryetum carpinifoliae*, *Serratulo tinctoriae-Quercetum petraeae*, syn. *Lathyro nigri-Quercetum petraeae*, *Melampyro vulgati-Quercetum petraeae*), occasionally even in common hornbeam and beech communities (such as *Ornithogalo pyrenaici-Carpinetum betuli*, *Asaro-Carpinetum betuli*, *Asperulo-Carpinetum betuli*, *Castaneo-Fagetum sylvaticae*, *Seslerio autumnalis-Fagetum*, *Ornithogalo pyrenaici-Fagetum*, *Lamio orvalae-Fagetum*), in noble hardwood communities (*Veratro nigri-Fraxinetum*, *Saxifrago petraeae-Tilietum*, *Paeonio officinalis-Tilietum*), in pioneer black alder stands (*Lamio orvalae-Alnetum glutinosae*) –

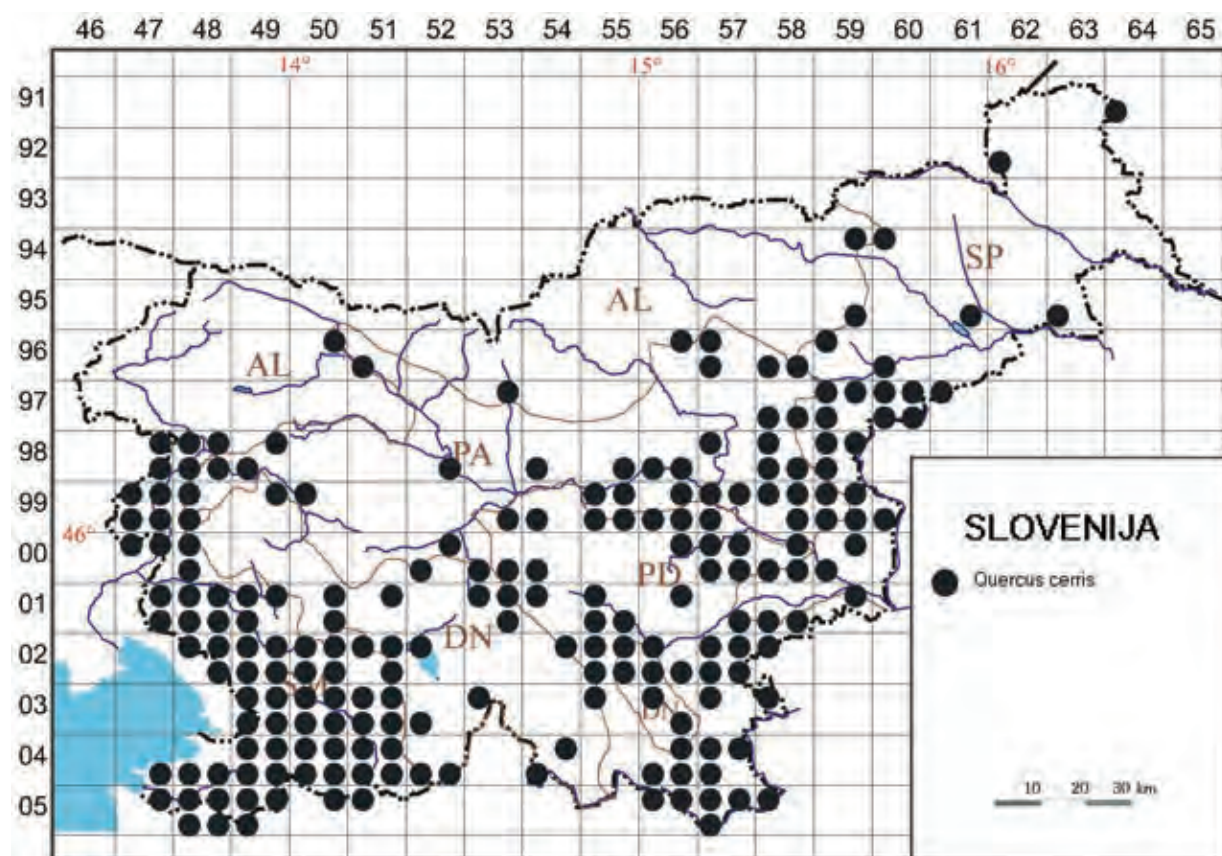


Figure 1: Distribution of *Quercus cerris* in Slovenia according to the FloVegSi database (T. SELIŠKAR, VREŠ & A. SELIŠKAR 2003)
Slika 1: Razširjenost cera (*Quercus cerris*) v Sloveniji, po podatkih v bazi FloVegSi (T. SELIŠKAR, VREŠ & A. SELIŠKAR 2003)

source FloVegSi database, T. SELIŠKAR, VREŠ & A. SELIŠKAR (2003) and ZUPANČIČ (1999). Its pioneer stands on submontane beech community sites from the association *Hacquetio-Fagetum* in the Notranjska region are described as the association *Hacquetio-Quercetum cerridis* (MARINČEK & ŠILC 1999). The association *Fraxino orni-Quercetum cerridis* (VUKELIĆ 2012, STUPAR et al. 2015, 2016) occurs in Croatia and Bosnia and Herzegovina alongside the association *Quercetum frainetto-cerridis*, which is a zonal community that occurs in an extensive part of the Balkan Peninsula in the transitional belt between forests and steppes and is not comparable with stands from Slovenia. A *Quercus cerris* community was described also in Hungary, namely as the association *Paeonio banaticae-Quercetum cerridis* (KEVEY 2007). *Quercetum cerridis* stands in Austria are classified mainly in the association *Chamaecytisio supini-Quercetum cerridis* Starlinger 2007, whose author (STARLINGER 2007a,b) characterises it as a sub-Illyrian acidophilus Turkey oak forest. Its stands are distributed in the hilly and submontane belt of the eastern part of the country, mainly on levelled terrain and gentle slopes, on silicate or mixed calcareous-silicate bedrock. Turkey oak and sessile oak are equally represented in the tree layer of these stands, in places occur-

ring alongside *Quercus robur* and *Pinus sylvestris*. Frequent shrub layer species are *Ligustrum vulgare*, *Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea*, *Rosa* spp., *Rubus* spp. Frequent and diagnostic species of the herb layer are *Serratula tinctoria*, *Clinopodium vulgare*, *Poa nemoralis*, *Convallaria majalis*, *Chamaecytisus supinus*, *Betonica officinalis*, *Lathyrus niger* and *Tanacetum corymbosum*. In terms of entire species composition and ecological conditions these Turkey oak-sessile oak stands are not very similar to the studied Turkey oak stands from western and southwestern Slovenia. PIGNATTI (1998) classifies the sub-Mediterranean Turkey oak woods from central Italy mainly into the association *Rubio-Quercetum cerridis* (E. et S. Pignatti 1968) Bas Pedroli et al. 1988. Despite certain similarities with the stands from western and southwestern Slovenia in terms of ecological conditions (elevations between 200 and 600 m, geological bedrock composed of flysch, marlstone, even limestone) they occur in much warmer and drier, almost Mediterranean climate.

As *Quercus cerris* overgrows large areas in Istria, Brkini, the Karst, Goriška Brda and even the Central Soča Valley, we conducted a phytosociological study into its stands, arranged their relevés into a table and tried to classify them into a syntaxonomical system.

2 METHODS

Phytosociological relevés of *Quercus cerris* stands were made applying the standard Central-European method (BRAUN-BLANQUET 1964). We made a total of 35 relevés and entered them into the FloVegSi database (T. SELIŠKAR, VREŠ & A. SELIŠKAR 2003), which served as the basis for Figures 1 and 2. Combined cover-abundance values were transformed into numerical values 1–9 (van der MAAREL 1979). Numerical comparisons were made with the software package SYN-TAX (PODANI 2001). Relevés were arranged into the analytic table (Table 1) based on hierarchical classification. We integrated the results of the (unweighted) pair group method with arithmetic mean “(Unweighted) average linkage” – UPGMA, where we applied Wishart’s similarity ratio. In the second step we made a synthetic table in which we arranged, in addition to the three forms of the studied community, also similar *Quercus cerris* stands from Italy, Hungary and Bosnia and Herzegovina, and compared them applying hierarchical classification and the UPGMA method. Phytosociological groups (= groups of diagnostic species) were formed on the basis of our own criteria, but with consideration of numerous authors. The nomenclature

source for the names of vascular plants is MARTINČIČ & al. 2007), MARTINČIČ (2003, 2011) for the names of mosses, and ŠILC & ČARNI (2012) and STUPAR et al. (2015, 2016) for the names of the syntaxa, except for the name of the alliance *Carpinion orientalis* Horvat 1958 and class *Querco-Fagetea* Braun-Blanquet et Vlieger in Vlieger 1937.

The research covered *Quercus cerris* stands in the Central Soča Valley, Goriška Brda, the Karst, Brkini and Slovenian Istria (Figure 2). The predominant geological bedrock is flysch, in places admixed with limestone and (or) marlstone, rarely, in the Karst, pure limestone or, close to Most na Soči, limestone with an admixture of chert (BUSER 2009). Eutric brown soils predominate, more rarely rendzina or Chromic Cambisols (VIDIĆ et al. 2016). OGRIN (1996, 1999) classifies the climate where these stands are located as the sub-Mediterranean climate in the hinterlands, with the mean temperature of the coldest month between 0 °C and 4 °C and the mean temperature of the warmest month between 20 °C and 22 °C; the average precipitation is between 1,200 mm (to the south) and 2,000 mm (to the north). Some

stands were recorded also in the area of the sub-Mediterranean climate, with the mean temperature of the coldest month higher than 4 °C and the mean

temperature of the warmest month higher than 22 °C. The average precipitation is between 1,000 and 1,200 mm.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Based on their floristic similarity, 35 phytosociological relevés of *Quercus cerris* stands from western and southwestern Slovenia (Figure 2) on flysch and mixed flysch-limestone geological bedrock formed three groups, with two relevés standing out as completely different (Figure 3). The species composition of these three groups of relevés was compared to the species composition of *Quercus cerris* communities from the interior of Slovenia, from Bosnia and Herzegovina, Italy and Hungary. The resulting synthetic table (Appendix 1) comprised seven syntaxa (Figure 4).

They were compared by means of hierarchical classification with consideration of only one stand layer for each species. The compared syntaxa were an-

alysed also in terms of the composition of diagnostic species (phytosociological groups) – Table 2. The results (Figure 4, Table 2) demonstrated that *Quercus cerris* communities from western and southwestern Slovenia group separately from other communities compared. The greatest similarity and the largest number of shared species was determined for the stands of the association *Daphno laureolae-Quercetum cerridis* (from the central Italy) which, however, comprise significantly more character species of the class *Quercetea ilicis* and significantly fewer species of the order *Fagetalia sylvaticae* (Table 2, column 4). Stands of the association *Fraxino orni-Quercetum cerridis* from Bosnia and Herzegovina comprise fewer charac-

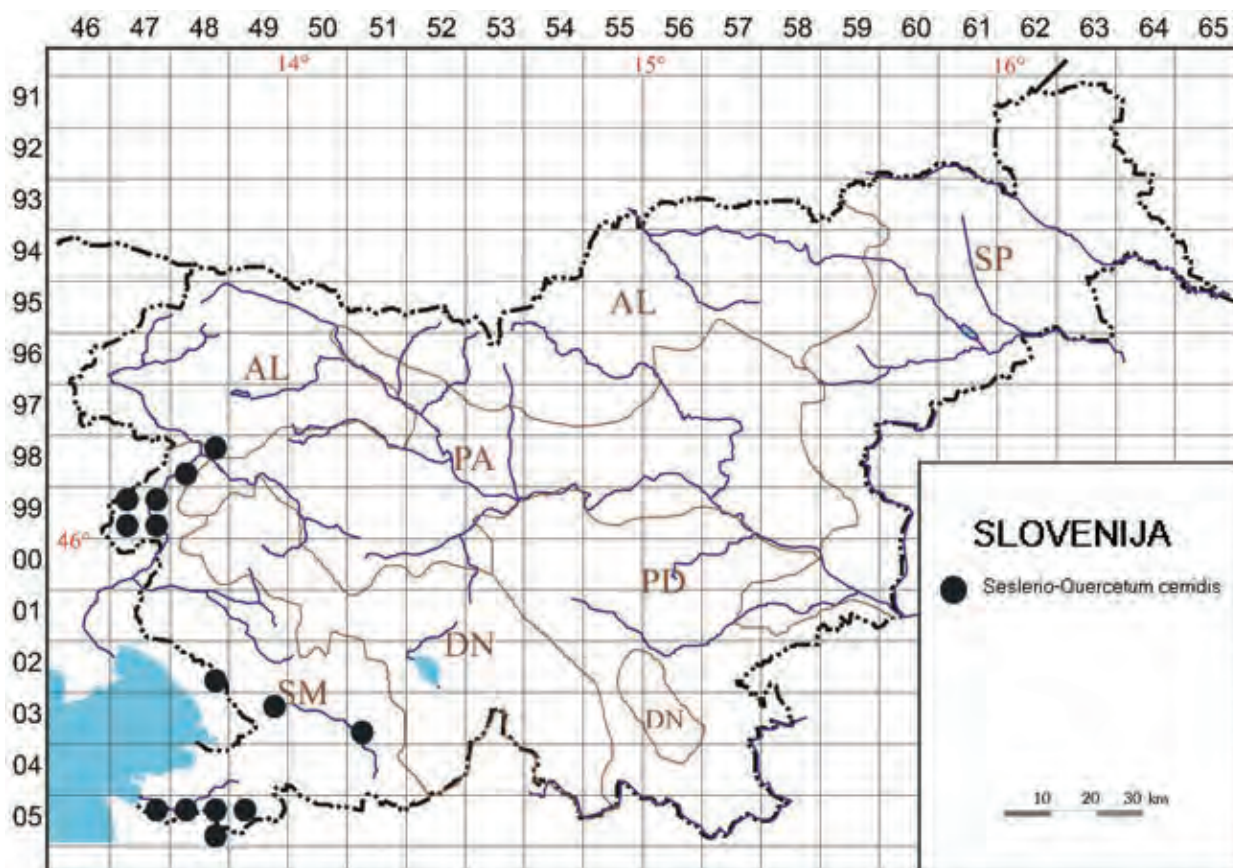


Figure 2: Localities of researched *Quercus cerris*-dominated stands in Slovenia

Slika 2: Nahajališča popisanih sestojev s prevladujočim cerom (*Quercus cerris*) v Sloveniji

ter species of the order *Quercetalia pubescenti-petraeae*, but many more species of the class *Festuco-Brometea* (Table 2, column 5). The studied stands have several species in common also with the stands of the associations *Hacquetio-Quercetum cerridis* (from Notranjska, Slovenia) and *Paeonio banaticae-Quercetum cerridis* (from Hungary), but these two syntaxa have a distinctly different composition in terms of groups of diagnostic species (Table 2, columns 6–7). In any case, the studied stands cannot be classified into any of the compared associations and are therefore classified into the new association *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis* ass. nov. hoc loco (syn. *Paeonio officinalis-Quercetum cerris* Dakskobler in Milošević Štukl 2012 nom. prov., *Rusco aculeati-Quercetum cerridis* Dakskobler et Sadar in Čarni et al. 2016 nom. prov. – MILOŠEVIĆ ŠTUKL (2012), ČARNI et al. (2016).

Its diagnostic species are *Quercus cerris* as the dominant species of the tree layer, *Ruscus aculeatus* (which occurs also in the stands of associations *Daphno laureolae-Quercetum cerridis* and *Paeonio banaticae-Quercetum cerridis*) and *Sesleria autumnalis* (which occurs also in the stands of the association *Fraxino or-*

ni-Quercetum cerridis). Phytogeographical differential species of the new association are the taxa *Helleborus multifidus* subsp. *istriacus* (syn. *Helleborus odoratus* subsp. *istriacus*) and *Lamium orvala*. The nomenclature type, *holotypus*, of the new association is relevé 10 in Table 1. Based on the analysis of diagnostic species (Table 2, columns 1–3) we classify the new association into the alliance *Carpinion orientalis*, order *Quercetalia pubescenti-petraeae* and class *Querco-Fagetea*.

We distinguish three subassociations. The stands of the subassociation *-asparagetosum acutifolii* (its nomenclature type, *holotypus*, is the same as the nomenclature type of the new association, relevé 10 in Table 1), are distributed mainly in Istria (with only one relevé from the Central Soča Valley), at the elevations between 45 and 300 m, more frequently on shady than on sunny aspects, on gentle to moderately steep slopes. The geological bedrock is flysch, in places admixed with limestone; the soil is eutric, rarely rendzina. Turkey oak in these stands rejuvenates successfully and keeps for several generations. It is not easily discernible what the original structure of these Istrian woods was and what their edifying tree species used

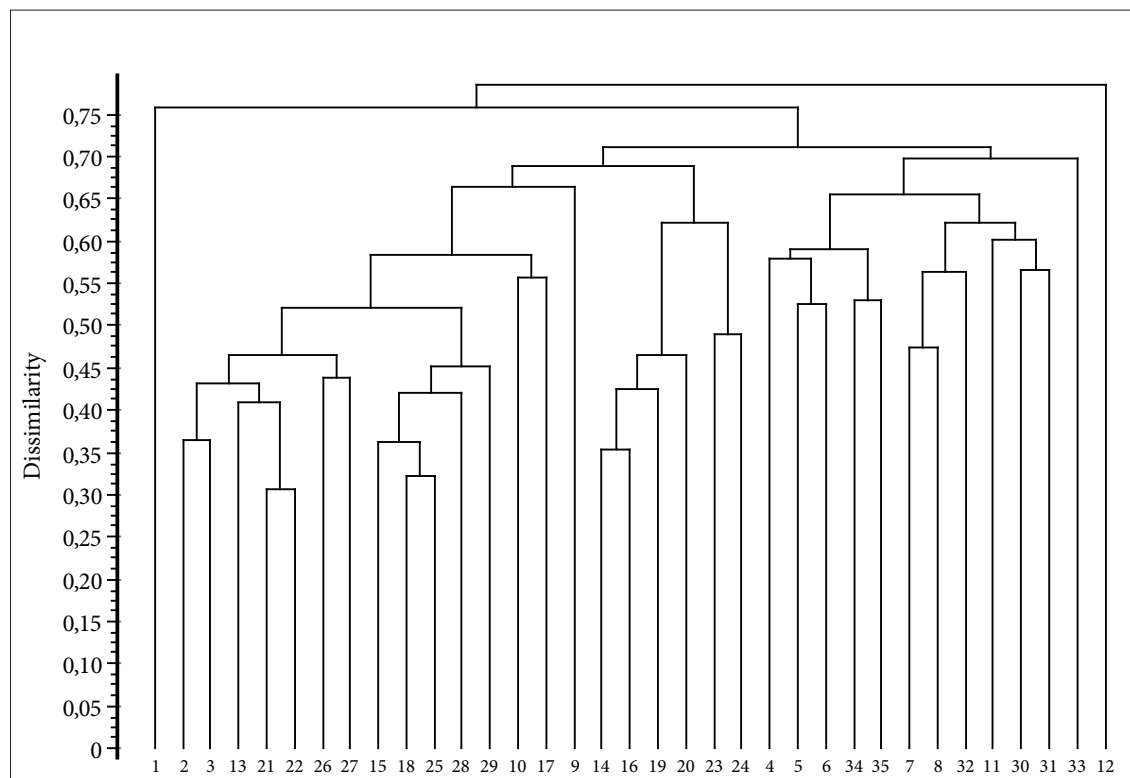


Figure 3: Dendrogram of relevés with dominant *Quercus cerris* from western and southwestern Slovenia (UPGMA, 1 – similarity ratio)

Slika 3: Dendrogram cerovih sestojev iz zahodne in jugozahodne Slovenije (UPGMA, komplement Wishartovega koeficienta podobnosti)

to be. It is possible that other oaks and especially oriental hornbeam (*Carpinus orientalis*) were better represented in them, even though the latter, similarly as Turkey oak, occurs in Slovenian Istria primarily as a pioneer tree species. At present, individual trees of pubescent oak (*Quercus pubescens*), sessile oak (*Q. petraea*) and hop hornbeam (*Ostrya carpinifolia*), rarely service tree (*Sorbus domestica*) and common hornbeam (*Carpinus betulus*) occur in the upper tree layer, while oriental hornbeam, wild service tree (*Sorbus torminalis*), service tree and flowering ash (*Fraxinus ornus*) frequently occur in the lower tree layer, rarely also hop hornbeam and common hornbeam. Frequent in the lower shrub layer is *Lonicera caprifolium*, while

Ruscus aculeatus completely dominates in this or in the herb layer, occasionally accompanied with *Sesleria autumnalis*. The differential species of the subassociation are *Asparagus acutifolius*, *Helleborus multifidus* subsp. *istriacus* (*H. odorus* subsp. *istriacus*) and *Carpinus orientalis*. In any case, the stands of this subassociation are, at least in Slovenia, the most authentic image of *Quercus cerris* woods and it is very unlikely for *Quercus cerris* to be naturally replaced (superseded) here by any other tree species, so it would be reasonable to promote it also through forest management practice.

The stands of the subassociation *-hieracietosum sabaudi* were also found in Istria, although at slightly

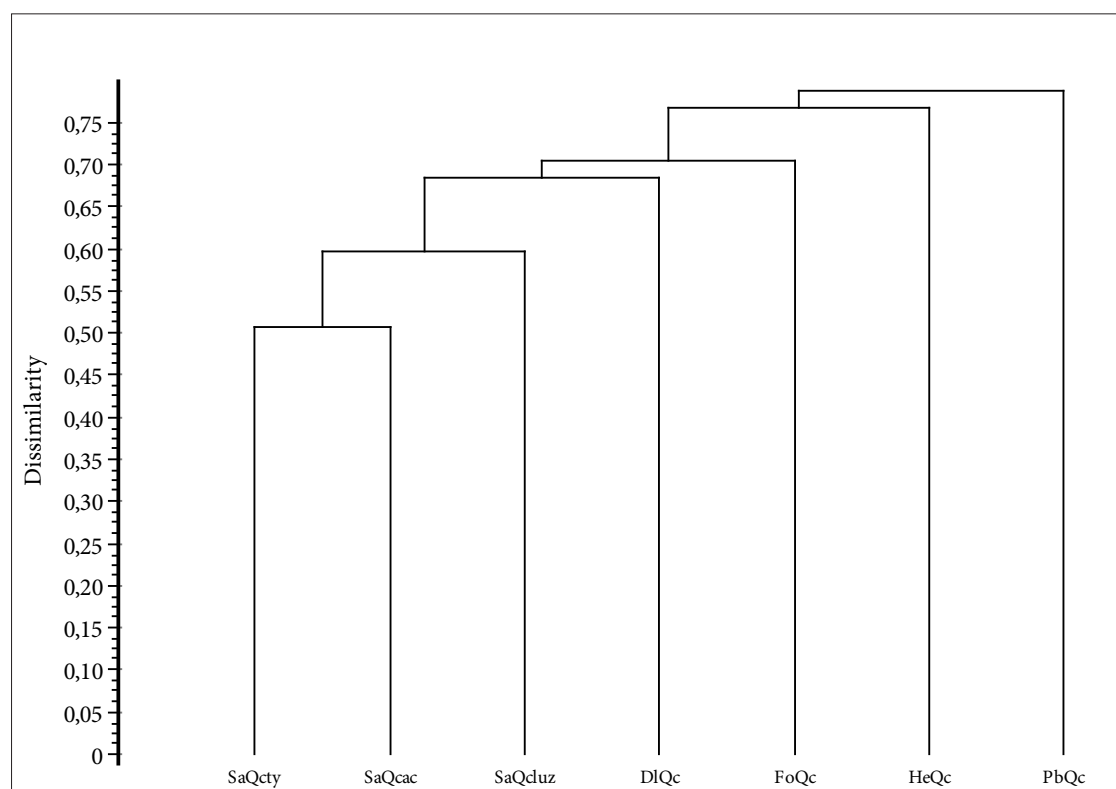


Figure 4: Dendrogram of syntaxa with dominant *Quercus cerris* from Slovenia, Central Italy, Hungary and Bosnia and Herzegovina (UPGMA, 1- similarity ratio)

Slika 4: Dendrogram cerovih združb iz Slovenije, srednje Italije, Bosne in Hercegovine in Madžarske (UPGMA, komplement Wishartovega koeficienta podobnosti)

SaQcty *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis asparagetosum acutifolii*, this article, Table 1, relevés 1–15;

SaQcac *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis campanuletosum rapunculoidis*, this article, Table 1, relevés 22–33;

SaQcluz *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis hieracietosum sabaudi*, this article, Table 1, relevés 16–21;

DIQc *Dapno laureoli-Quercetum cerridis* Tefftani et Biondi 1993 (inc. *Quercus cerris* and *Carpinus orientalis* comm.), Italy, Umbria (CATORCI, RAPONI & ORSOMANDO 2013, Table 7)

FsQc *Fraxino orni-Quercetum cerridis* Stefanović 1960, Bosnia and Herzegovina (STUPAR et al. 2015, Table 4, column 2)

HeQc *Hacquetio epipactidis-Quercetum cerridis*, Slovenia, Notranjska, MARINČEK & ŠILC 1999 (MARINČEK & ŠILC 1999: 71–75).

PbQc *Paeonio banaticae-Quercetum cerridis* Kevy 2007, Mecsek, Hungary (Kevy 2007, Table 1)

higher elevations, at 55 to 400 m, on flysch and eutric brown soils with transitions to dystric brown soils, on gentle, mainly sunny slopes. The composition of the tree layer is similar as in the previously described sub-association, except that these stands very rarely comprise hop hornbeam (*Ostrya carpinifolia*); also rare is oriental hornbeam (*Carpinus orientalis*), whereas service tree (*Sorbus domestica*) and sweet chestnut (*Castanea sativa*) occur more frequently. *Ruscus aculeatus* has considerably smaller medium coverage in the lower shrub layer or herb layer than in the stands of the previously described subassociation, which in most of the relevés is not the case for *Sesleria autumnalis*. The differential species of the subassociation are *Hieracium sabaudum*, *Genista tinctoria*, *Knautia drymea* subsp. *tergestina* and *Castanea sativa*, and the species with higher frequency include *Serratula tinctoria*, *Betonica officinalis*, *Carex montana*, *Festuca heterophylla* and *Lathyrus niger*. Composition by groups of diagnostic species with a comparatively higher proportion of species of the order *Quercetalia roboris* (Table 2, column 3) also indicates stands on slightly more acid soil. The nomenclature type, *holotypus*, of the new subassociation is relevé 21 in Table 1. These Turkey oak stands might be syndynamically connected, as a long-term degradation stage, with submontane beech stands from the associations *Ornithogalo-Fagetum* or *Castaneo-Fagetum sylvaticae*, which have persisted in this area only on shady slopes.

The stands of the subassociation *-campanuletosum rapunculoidis* were recorded in the hills of Goriška Brda, in the Central Soča Valley between Most na Soči and Solkan. One relevé was made in the Karst. The elevation of the relevés ranges from 130 to 600 m; the geological bedrock is mixed, limestone and flysch or

limestone admixed with marlstone and chert; the soil is rendzina, Eutric or Chromic Cambisols. Moderate to very steep slopes on sunny and occasionally also shady aspects prevail. The most common in the tree layer, in addition to Turkey oak, is hop hornbeam (*Ostrya carpinifolia*), in places also common hornbeam (*Carpinus betulus*), but we did not observe oriental hornbeam (*Carpinus orientalis*) and service tree (*Sorbus domestica*). Sessile oak (*Quercus petraea*) and wild service tree (*Sorbus torminalis*) are also quite rare. *Sesleria autumnalis* dominates in the herb layer and *Ruscus aculeatus* occurs with individual specimens. The differential species of the subassociation are *Campanula rapunculoides*, *Asparagus tenuifolius*, *Helleborus odorus*, *Sorbus aria*, *Tilia cordata* and *Acer pseudoplatanus*, in part also several other species (*Vinca minor*, *Cyclamen purpurascens*, *Anemone trifolia*, *Lamium orvala*, *Campanula persicifolia*, *Arabis turrata*, *Convallaria majalis*). Distinctly higher than in previously listed subassociations is the proportion of diagnostic species of the alliance *Tilio-Acerion* and order *Fagetalia sylvaticae* (Table 2, column 2). The entire species composition implies a syndynamic connection with beech forests from the associations *Ornithogalo-Fagetum* and *Seslerio autumnalis-Fagetum* that occur in this area. The nomenclature type, *holotypus*, of the subassociation *-campanuletosum rapunculoidis* is relevé 24 in Table 1. At present, relevés 34 and 35 in Table 1 cannot be classified into any of the three listed subassociations, although they comprise some of the diagnostic species of the subassociation *-campanuletosum rapunculoidis*. With their entire species composition they slightly stand out, but are still treated within the association *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis*.

4 CONCLUSIONS

Quercus cerris is a relatively common tree species in Slovenia, especially in its hilly and submontane belts, in the southwestern and southeastern Slovenia, on warm sites with nutrient-rich soil. Most of its stands are pioneer, occurring on sessile oak, pubescent oak, hop hornbeam and oriental hornbeam and (or) beech sites. Nevertheless, these can be long-term stages where *Quercus cerris* rejuvenates itself and keeps for several generations. In the sub-Mediterranean part of Slovenia we therefore described a new association, *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis* (syn. *Paenion officinalis-Quercetum cerris* nom. prov., *Rusco aculeati-Quercetum cerridis* nom. prov.), whose diagnostic species are

Quercus cerris, *Ruscus aculeatus*, *Sesleria autumnalis*, and the taxa *Helleborus multifidus* subsp. *istriacus* (syn. *H. odorus* subsp. *istriacus*) and *Lamium orvala* are its geographical differential species. We distinguish a more thermophilous subassociation *-asparagetosum acutifolii*, which is distributed primarily in Istria, a more acidophilous subassociation *-hieracietosum sabaudi* and the subassociation on mixed, limestone-flysch (or marlstone) bedrock (in particular in the Central Soča Valley and partly in the Karst) *-campanuletosum rapunculoidis*. As areas covered by sub-Mediterranean *Quercus cerris* woods are not insignificant we propose they be treated as a special type, littoral

Quercus cerris woods (41.7423), in the framework of the habitat typology (JOGAN et al. 2004), and in the framework of typology of forest sites (KUTNAR et al. 2012) as a new forest site in the group of thermophilous deciduous forests on calcareous and mixed bedrock: littoral *Quercus cerris* woods on flysch and limestone. Their current economic role is not significant as they are mainly used for firewood, but its sites are suitable also for growing quality wood of minority tree species, especially *Sorbus domestica* and *S. torminalis*. They are also important as biotopes as they are sites of several

protected plants (ANON. 2004): *Ruscus aculeatus*, *R. hypoglossum*, *Helleborus odoratus*, *Helleborus multifidus* subsp. *istriacus*, *Orchis purpurea*, *Orchis mascula* subsp. *speciosa*, *Erythronium dens-canis*, *Galanthus nivalis*, *Hemerocallis lilioasphodelus*, *Lilium martagon*, *L. bulbiferum*, *Iris graminea*, *Primula auricula*, *Neottia nida-avis*, *Epipactis helleborine*, *Cephalanthera longifolia*, *Platanthera chlorantha*, *P. bifolia*, *Cyclamen purpurascens*, *Paeonia officinalis*, *Dianthus hyssopifolius*, and several Red List species (ANON. 2002): *Pyrus spinosa* (*Pyrus amygdaliformis*), *Melica picta*, *Veratrum nigrum*.

5 POVZETEK

5.1 Uvod

Cer (*Quercus cerris*) je jugovzhodnoevropska-jugozahodnoazijska vrsta, značilnica zveze *Carpinion orientalis* (AESCHIMANN et al. 2004a: 224). V Sloveniji je cer razmeroma pogost v njenem zahodnem, južnem in vzhodnem delu, zelo redek je le v alpskem fitogeografskem območju (slika 1, KOTAR 1999). Pogosto raste družno z ostalimi hrasti (*Q. petraea*, *Q. pubescens*), črnim in kraškim gabrom (*Ostrya carpinifolia*, *Carpinus orientalis*), malim jesenom (*Fraxinus ornus*), ponekod tudi z bukvijo (*Fagus sylvatica*), belim gabrom (*Carpinus betulus*) in drugimi listavci, navadno na prisojnih pobočjih gričevnega in podgorskega, redkeje tudi spodnjega gorskega pasu do nadmorske višine okoli 1000 m, na apnenčasti, lapornati in flišni podlagi, na razmeroma globokih in rodovitnih tleh. Je svetloljubna in pionirska drevesna vrsta, ki se uveljavi na nekdanjih pašnikih, na degradiranih gozdnih površinah, posekah in v večjih sestojnih odprtinah. Cer je naravno primešan v združbah gradna, puhastega hrasta in (ali) kraškega gabra v submediteranskem fitogeografskem območju in v gričevnem, podgorskem in spodnjem gorskem pasu v notranjosti države (na primer v sestojih asociacij *Seslerio autumnalis-Ostryetum*, *Amelanchiero ovalis-Ostryetum*, *Aristolochio-Quercetum pubescentis*, *Seslerio autumnalis-Quercetum petraeae*, *Seslerio autumnalis-Quercetum pubescentis*, *Querco-Carpinetum orientalis*, *Querco pubescenti-Ostryetum carpinifoliae*, *Serratulo tinctoriae-Quercetum petraeae*, sin. *Lathyro nigri-Quercetum petraeae*, *Melampyro vulgati-Quercetum petraeae*), ponekod tudi v nekaterih bukovih in belogabrovih združbah (na primer *Castaneo-Fagetum sylvaticae*, *Seslerio autumnalis-Fagetum*, *Ornithogalo pyrenaici-Fagetum*, *Lamio orvalae-Fagetum*, *Ornithogalo pyrenaici-Carpinetum betuli*, *Asaro-Carpinetum betuli*, *Asperulo-*

-Carpinetum betuli), v združbah plemenitih listavcev (*Veratro nigri-Fraxinetum*, *Saxifrago petraeae-Tilietum*, *Paeonio officinalis-Tilietum*), v pionirskih logih črne jelše (*Lamio orvalae-Alnetum glutinosae*) – vir podatkovna baza FloVegSi, T. SELIŠKAR, VREŠ & A. SELIŠKAR (2003) in ZUPANČIČ (1999). Kot asociacija *Hacquetio-Quercetum cerridis* so opisani njegovi pionirski sestoji na rastiščih podgorskega bukova iz asociacije *Hacquetio-Fagetum* na Notranjskem (MARINČEK & ŠILC 1999). Na Hrvaškem in v Bosni in Hercegovini poleg asociacije *Quercetum frainetto-cerridis*, ki je conalna združba precejšnjega dela Balkanskega polotoka na prehodu med gozdom in stepo in sestoji iz Slovenije z njo niso primerljivi, poznajo tudi asociacijo *Fraxino orni-Quercetum cerridis* (VUKELIĆ 2012, STUPAR et al. 2015, 2016). Tudi na Madžarskem je opisana cerova združba, asociacija *Paeonio banaticae-Quercetum cerridis* (KEVEY 2007). V Avstriji cerove sestojce uvrščajo predvsem v asociacijo *Chamaecytisus supini-Quercetum cerridis* Starlinger 2007, ki jo njen avtor (STARLINGER 2007a,b) označuje kot subilirski kisloljubni cerov gozd. Njegovi sestoji so razširjeni v gričevnem in podgorskem pasu vzhodnega dela države, v glavnem na uravninah in položnih pobočjih, na silikatni ali mešani karbonatno-silikatni podlagi. V drevesni plasti teh sestojev sta enakovredno zastopana cer in gradna, ponekod rasteta tudi dob (*Quercus robur*) in rdeči bor (*Pinus sylvestris*). Pogoste vrste grmovne plasti so *Ligustrum vulgare*, *Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea*, *Rosa* spp., *Rubus* spp. Pogoste in diagnostične vrste v zeliščni plasti so *Serratula tinctoria*, *Clinopodium vulgare*, *Poa nemoralis*, *Convallaria majalis*, *Chamaecytisus supinus*, *Betonica officinalis*, *Lathyrus niger* in *Tanacetum corymbosum*. Po celotni vrstni sestavi in ekoloških razmerah je podobnost teh cerovo-gradnovih sestojev s preučeni cerovimi sestoji iz zahodne in jugozahodne Slovenije majhna. Submediteranske

cerove gozdove iz srednje Italije PIGNATTI (1998) uvršča predvsem v asociacijo *Rubio-Quercetum cerridis* (E. et S. Pignattii 1968) Bas Pedroli et al. 1988. Kljub nekaterim podobnostim v ekoloških razmerah s sestoji iz zahodne in jugozahodne Slovenije (višinski pas uspevanja 200 m do 600 m, geološka podlaga fliš, laporovec, tudi apnenec) uspevajo v precej toplejšem in bolj suhem, skoraj mediteranskem podnebju.

Ker cerovi sestoji ponekod v Istri, Brkinih, na Krasu, Goriških Brdih in tudi v Srednjem Posočju poraščajo precejšnje površine, smo jih fitocenološko preučili, popise uredili v preglednico in jih poskušali uvrstiti v sintaksonomski sistem.

5.2 Metode

Fitocenološke popise cerovih sestojev smo naredili po srednjeevropski metodi (BRAUN-BLANQUET 1964). Skupno smo naredili 35 popisov in jih vnesli v bazo FloVegSi (T. SELIŠKAR, VREŠ & A. SELIŠKAR 2003). S pomočjo te podatkovne baze smo izdelali tudi slike 1 in 2. Kombinirane ocene zastiranja in pogostnosti smo pretvorili v ordinalne vrednosti od 1 do 9 (van der MAAREL 1979). Numerične primerjave smo opravili s programom SYN-TAX 2000 (PODANI 2001). Popise smo v analitsko preglednico (tabela 1) uredili na podlagi hierarhične klasifikacije. Upoštevali smo rezultate metode kopičenja na podlagi povezovanja (netehtanih) srednjih razdalj "(Unweighted) average linkage" – UPGMA, kjer smo uporabljali Wishartov koeficient podobnosti (similarity ratio). V drugem koraku smo izdelali sintezno tabelo, v katero smo poleg treh oblik preučevane združbe uvrstili še podobne cerove združbe iz Italije, Madžarske in Bosne in Hercegovine in jih prav tako primerjali s hierarhično klasifikacijo in isto metodo, UPGMA. Fitocenološke skupine (= skupine diagnostičnih vrst) smo ob upoštevanju številnih avtorjev oblikovali po lastnih merilih. Nomenklturni viri za imena praprotnic in semenk so MARTINČIČ & al. (2007), za imena mahov MARTINČIČ (2003, 2011), za imena sintaksonov pa ŠILC & ČARNI (2012) in STUPAR et al. (2015, 2016), razen za ime zveze *Carpinion orientalis* Horvat 1958 in razreda *Querco-Fagetea* Braun-Blanquet et Vlieger in Vlieger 1937.

V raziskavo smo zajeli cerove sestoje v Posočju, Goriških Brdih, na Krasu, v Brkinih in Istri (slika 2). Prevladujoča geološka podlaga je fliš, ponekod s primesjo apnenca in (ali) laporovca, redkeje, na Krasu, čisti apnenec ali, v okolici Mosta na Soči, apnenec z rožencem (BUSER 2009). Prevladujejo evtrična rjava tla, redkejša tipa sta rendzina ali rjava pokarbonatna

tla (VIDIĆ et al. 2016). OGRIN (1996, 1999) uvršča območja, kjer smo preučevali te sestoje, v submediteransko podnebje v zaledju, s srednjo temperature najhladnejšega meseca med 0 °C in 4 °C in srednjo temperature najtoplejšega meseca med 20 °C in 22 °C; povprečna letna višina padavin je med 1200 mm (na jugu) in 2000 mm (na severu). Nekaj sestojev smo popisali tudi v območju submediteranskega podnebja, ki ima povprečno temperature najhladnejšega meseca več kot 4 °C in povprečno temperaturo najtoplejšega meseca več kot 22 °C, povprečna letna višina padavin je med 1000 mm in 1200 mm.

5.3 Razultati in razprava

35 fitocenoloških popisov cerovih sestojev iz zahodne in jugozahodne Slovenije (slika 2) na flišnati in mešani flišnato-apnenčasti geološki podlagi se je po floristični podobnosti združevalo v tri skupine, dva popisa pa sta bila povsem drugačna od ostalih (slika 3). Vrsto sestavo teh treh skupin popisov smo primerjali z vrstno sestavo cerovih združb iz notranjosti Slovenije, iz Bosne in Hercegovine, Italije in Madžarske. Izdelali smo sintezno preglednico (Dodatek 1), v katero smo uvrstili naslednje sintaksone:

SaQc *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis asparagetosum acutifolii*, ta članek, preglednica 1, popisi 1–15;

SaQcac *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis campanuletosum rapunculoidis*, ta članek, preglednica 1, popisi 22–33;

SaQcluz *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis hieracietosum sabaudi*, ta članek, preglednica 1, popisi 16–21;

DIQc *Dapno laureoli-Quercetum cerridis* Tefftani et Biondi 1993 (vključno *Quercus cerris* in *Carpinus orientalis* združba), Italija, Umbrija (CATORCI, RAPONI & ORSOMANDO 2013, preglednica 7)

FsQc *Fraxino orni-Quercetum cerridis* Stefanović 1960, Bosna in Hercegovina (STUPAR et al. 2015, preglednica 4, stolpec 2)

HeQc *Hacquetio epipactidis-Quercetum cerridis*, Slovenija, Notranjska, Marinček et Šilc 1999 (MARINČEK & ŠILC 1999: 71–75).

PbQc *Paeonio banaticae-Quercetum cerridis* Kevey 2007, Mecsek, Madžarska (KEVEY 2007, preglednica 1)

Primerjali smo jih s hierarhično klasifikacijo in pri tem za vsako vrsto upoštevali samo eno sestojno plast. Primerjane sintaksone smo analizirali tudi po sestavi

diagnostičnih vrst (fitocenoloških skupinah) – preglednica 2. Rezultati (slika 4, preglednica 2), kažejo, da se cerove združbe iz zahodne in jugozahodne Slovenije združujejo ločeno od ostalih primerjanih združb. Največjo podobnost in največ skupnih vrste smo ugotovili s sestoji asociacije *Daphno laureolae-Quercetum cerridis* iz srednje Italije, toda je v njih bistveno več vrst značilnic razreda *Quercetalia ilicis* in precej manj vrst reda *Fagetalia sylvaticae* (preglednica 2, stolpec 4). Sestoji asociacije *Fraxino orni-Quercetum cerridis* iz Bosne in Hercegovine imajo primerjalno manj značilnic reda *Quercetalia pubescenti-petraeae*, precej več pa vrst razreda *Festuco-Brometea* (preglednica 2, stolpec 5). Nekatere skupne vrste imajo preučeni sestoji tudi s sestoji asociacij *Hacquetio-Quercetum cerridis* iz Notranjske in *Paeonio banaticae-Quercetum cerridis* iz Madžarske, vendar je v teh dveh sintaksonih bistveno drugačna sestava po skupinah diagnostičnih vrst (preglednica 2, stolpca 6–7). Vsekakor preučeni sestoji ne moremo uvrstiti v nobeno od primerjanih asociacij, zato jih uvrščamo v novo asociacijo *Sesleria autumnalis-Quercetum cerridis* ass. nov. hoc loco. (sin. *Paeonio officinalis-Quercetum cerris* Dakskobler in Milošević Štukl 2012 nom. prov., *Rusco aculeati-Quercetum cerridis* Dakskobler et Sadar in Čarni et al. 2016 nom. prov. – MILOŠEVIĆ ŠTUKL (2012), ČARNI et al. 2016).

Njene diagnostične vrste so *Quercus cerris* kot dominantna vrsta drevesne plasti, *Ruscus aculeatus* (ta se sicer pojavlja tudi v sestojih asociacij *Daphno laureolae-Quercetum cerridis* in *Paeonio banaticae-Quercetum cerridis*) in *Sesleria autumnalis* (ki uspeva tudi v sestojih asociacije *Fraxino orni-Quercetum cerridis*). Fitogeografski razlikovalnici nove asociacije sta taksona *Helleborus multifidus* subsp. *istriacus* (sin. *Helleborus odoratus* subsp. *istriacus*) in *Lamium orvala*. Nomenklaturni tip, *holotypus*, nove asociacije je popis št. 10 v preglednici 1. Novo asociacijo na podlagi analize diagnostičnih vrst (preglednica 2, stolpci 1–3) uvrščamo v zvezo *Carpinion orientalis*, red *Quercetalia pubescenti-petraeae* in v razred *Querco-Fagetea*.

Razlikujemo tri subasociacije. Sestoji subasociacije *-asparagetosum acutifolii*, njen nomenklaturni tip, *holotypus*, je isti kot nomenklaturni tip nove asociacije, popis št. 10 v preglednici 1, so razširjeni predvsem v Istri (le en popis je iz Srednjega Posočja), na nadmorski višini od 45 m do 300 m, pogostejše na osojnih kot na prisojnih legah, na položnih do zmerno strmih pobočjih. Geološka podlaga je fliš, le ponekod s primesjo apnenca, tla pa so evtrična, redkeje rendzina. Cer se v teh sestojih dobro pomlajuje in se ohranja več generacij. Kakšna je bila prvotna podoba in katera je bila nekoč nosilna drevesna vrsta v teh gozdovih v

Istri, je težko sklepati. Morda so v njih imeli večji delež tudi drugi hrasti in predvsem kraški gaber (*Carpinus orientalis*), čeprav je tudi ta v Slovenski Istri podobno kot cer predvsem pionirska drevesna vrsta. Zdaj sta v zgornji drevesni plasti posamično primešani puhasti hrast, graden in črni gaber, redkeje tudi skorš (*Sorbus domestica*) in beli gaber (*Carpinus betulus*), v spodnji drevesni plasti pa so pogosti kraški gaber, brek (*Sorbus torminalis*), skorš, mali jesen, redkeje črni in beli gaber. V spodnji grmovni plasti je pogost kovačnik (*Lonicera caprifolium*), v tej oz. v zeliščni plasti pa povsem prevladuje bodeča lobodika (*Ruscus aculeatus*), ponekod tudi jesenska vilovina (*Sesleria autumnalis*). Razlikovalnice subasociacije so *Asparagus acutifolius*, *Helleborus multifidus* subsp. *istriacus* (*H. odoratus* subsp. *istriacus*) in *Carpinus orientalis*. Vsekakor so sestoji te subasociacije vsaj v Sloveniji najbolj verodostojna podoba cerovega gozda, kjer je majhna verjetnost, da bi ga po naravni poti kmalu nadomestila (izpodrinila) katera druga drevesna vrsta in ga je torej smiselno pospeševati tudi z načinom gospodarjenja.

Sestoji subasociacije *-hieracietosum sabaudi* smo prav tako našli v Istri, a na nekoliko večji nadmorski višini, 75 m do 400 m, na flišu in evtričnih rjavih tleh s prehodi v distrična rjava tla, na položnih, v glavnem prisojnih pobočjih. Sestava drevesne plasti je podobna kot v prej opisani subasociaciji, s tem da je v teh sestojih zelo redek črni gaber, precej redkejši tudi kraški gaber, bolj pogosta pa sta skorš in pravi kostanj. Vrsta *Ruscus aculeatus* ima v spodnji grmovni oz. zeliščni plasti precej manjše srednje zastiranje kot v sestojih prej opisane subasociacije, to pa v večini popisov ne velja za vrsto *Sesleria autumnalis*. Razlikovalnice subasociacije so vrste *Hieracium sabaudum*, *Genista tinctoria*, *Knautia drymea* subsp. *tergestina* in *Castanea sativa*, vrste z večjo pogostnostjo pa so tudi *Serratula tinctoria*, *Betonica officinalis*, *Carex montana*, *Festuca heterophylla* in *Lathyrus niger*. Na sestoji na nekoliko zakisanih tleh kaže tudi sestava po skupinah diagnostičnih vrst s primerjalno večjim deležem vrst reda *Quercetalia roboris* (preglednica 2, stolpec 3). Nomenklaturni tip, *holotypus*, nove subasociacije je popis št. 21 v preglednici 1. Morda so ti cerovi sestoji sindinamsko, kot dolgotrajen degradaciji stadij, povezani s podgorskim bukovjem iz asociacij *Ornithogalo-Fagetum* ali *Castaneo-Fagetum sylvaticae*, ki je zdaj v tem območju ohranjeno le na osojnih pobočjih.

Sestoji subasociacije *-campanuletosum rapunculoidis* smo popisali v Goriških Brdih, v Srednjem Posočju med Mostom na Soči in Solkanom, en popis je s Krasa. Nadmorska višina popisov je od 130 m do 600 m, geološka podlaga je mešana, apnenec in fliš ali

apnenec s primesjo laporovca in roženca, tla so rendzina, evtrična ali rjava pokarbonatna. Prevladujejo zmerno do zelo strma pobočja na prisojnih in ponekod tudi osjnih legah. V drevesni plasti je poleg cera najbolj pogost črni gaber, ponekod tudi beli gaber, nismo pa našli kraškega gabra in skorša, redkejša sta tudi graden (*Quercus petraea*) in brek. V zeliščni plasti je dominantna vrsta *Sesleria autumnalis*, vrsta *Ruscus aculeatus* je primešana posamično. Razlikovalnice subasociacije so vrste *Campanula rapunculoides*, *Asparagus tenuifolius*, *Helleborus odoratus*, *Sorbus aria*, *Tilia cordata* in *Acer pseudoplatanus*, deloma še nekatere druge vrste (*Vinca minor*, *Anemone trifolia*, *Lamium orvala*, *Cyclamen purpurascens*, *Campanula persicifolia*, *Arabis turrita*, *Convallaria majalis*). Očitno večji kot v prej naštetih subasociacijah je delež diagnostičnih vrst zveze *Tilio-Acerion* in reda *Fagetalia sylvaticae* (tabela 2, stolpec 2). Iz celotne vrstne sestave upravičeno sklepamo na sindinamsko povezavo s tukajšnjimi bukovimi gozdovi iz asociacij *Ornithogalo-Fagetum* in *Sesleria autumnalis-Fagetum*. Nomenklturni tip, *holotypus*, subasociacije *-campanuletosum rapunculoidis* je popis št. 24 v tabeli 1. Popisov 34 in 35 v tabeli 1 za zdaj ne moremo uvrstiti v nobeno od treh naštetih subasociacij, čeprav v njih uspevajo nekatere diagnostične vrste subasociacije *-campanuletosum rapunculoidis*. Po svoji celotni vrstni sestavi nekoliko odstopata, a ju za zdaj še vedno obravnavamo v okviru asociacije *Sesleria autumnalis-Quercetum cerridis*.

5.4 Zaključki

Cer je v Sloveniji razmeroma pogosta drevesna vrsta, predvsem v gričevnem in podgorskem pasu, v jugozahodni in jugovzhodni Sloveniji, na toplih rastiščih s hranljivimi tlemi. Večinoma so njegovi sestoji pionirski, nastali na rastiščih gradna, puhastega hrasta, belega in kraškega gabra in (ali) bukve. Kljub

temu so to lahko dolgotrajni stadiji, kjer se cer obnavlja in ohranja več generacij. Zato smo v submediteranskem delu Slovenije opisali novo asociacijo *Sesleria autumnalis-Quercetum cerridis* (sin. *Paeonia officinalis-Quercetum cerris* nom. prov., *Ruscus aculeatus-Quercetum cerridis* nom. prov.), katere diagnostične vrste so *Quercus cerris*, *Ruscus aculeatus*, *Sesleria autumnalis*, geografski razlikovalnici pa taksona *Heleborus multifidus* subsp. *istriacus* (sin. *H. odoratus* subsp. *istriacus*) in *Lamium orvala*. Razlikujemo bolj toploljubno subasociacijo *-asparagetosum acutifolii*, ki je razširjena predvsem v Istri, bolj kisloljubno subasociacijo *-hieracietosum sabaudi* in subasociacijo *-campanuletosum rapunculoidis* na mešani, apnenčasti-flišni (lapornati podlagi), predvsem v Srednjem Posočju, deloma tudi na Krasu. Ker površine submediteranskega cerovja niso tako majhne, predlagamo, da jih v okviru habitatne tipologije (JOGAN et al. 2004) obravnavamo kot poseben tip primorsko cerovje (41.7423), in v okviru tipologije gozdnih rastiščnih tipov (KUTNAR et al. 2012) kot nov gozdni rastiščni tip v skupini toploljubnih listnatih gozdov na karbonatnih in mešanih kamninah: primorsko cerovje na flišu in apnencu. Njihova gospodarska vloga za zdaj ni velika, saj v njih v glavnem pridobivajo drva, vendar so ta rastišča primerna tudi za vzgojo kakovostnega lesa manjšinskih drevesnih vrst, še posebej skorša in breka (*Sorbus domestica*, *S. torminalis*). Imajo tudi biotopsko vlogo kot rastišča nekaterih zavarovanih rastlin (ANON. 2004): *Ruscus aculeatus*, *R. hypoglossum*, *Helleborus odoratus*, *Helleborus multifidus* subsp. *istriacus*, *Orchis purpurea*, *Orchis mascula* subsp. *speciosa*, *Erythronium dens-caninus*, *Galanthus nivalis*, *Hemerocallis lilioasphodelus*, *Lilium martagon*, *L. bulbiferum*, *Iris graminea*, *Primula auricula*, *Neottia nidus-avis*, *Epipactis helleborine*, *Cephalanthera longifolia*, *Platanthera chlorantha*, *P. bifolia*, *Cyclamen purpurascens*, *Paeonia officinalis*, *Dianthus hyssopifolius* in nekaterih vrst iz rdečega seznama (ANON. 2002): *Pyrus spinosa* (*Pyrus amygdaliformis*), *Melica picta*, *Veratrum nigrum*.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors owe special thanks to Prof. Dr. Jean-Paul Theurillat for his nomenclatural advices. Academician Dr. Mitja Zupančič helped us with valuable improvements and corrections. We also acknowledge the fi-

nancial support from the Slovenian Research Agency (research core funding No. P1-0236). English translation by Andreja Šalamon Verbič.

REFERENCES – LITERATURA

- AESCHIMANN, D., K. LAUBER, D. M. MOSER & J.-P. THEURILLAT, 2004: *Flora alpina. Bd. 1: Lycopodiaceae-Apiaceae*. Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1964: *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. 3. Auf., Springer Verlag, Wien–New York.
- BUSER, S., 2009: *Geološka karta Slovenije 1: 250.000. Geological map of Slovenia 1: 250,000*. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- ANONYMOUS, 2002: *Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam*. Uradni list RS 82/2002.
- ANONYMOUS, 2004: *Uredba o zavarovanih prosto živečih rastlinskih vrstah*. Uradni list RS 46/2004.
- CATORCI, A., M. RAPONI & E. ORSOMANDO, 2013: *Aspetti corologici e fitosociologici di Carpinus orientalis Miller in Umbria*. Fitosociologia 40 (1): 39–48.
- ČARNI, A. R. BRUS, I. DAKSKOBLER, N. JUVAN MASTNAK, L. KUTNAR, A. MARINŠEK, D. ROŽENBERGAR, T. NAGEL & U. ŠILC, 2016: *Načrtovanje in gozdnogojitveno ukrepanje v razmerah navzočnosti tujerodnih invazivnih drevesnih vrst*. Zaključno poročilo v okviru ciljnega raziskovalnega projekta (V4-1431). Biološki inštitut ZRC SAZU, Ljubljana. (Elaborat 151 pp. + 2 prilogi).
- JOGAN, N., M. KALIGARIČ, I. LESKOVAR, A. SELIŠKAR & J. DOBRAVEC, 2004: *Habitatni tipi Slovenije HTS 2004*. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.
- KEVEY, B., 2007: *A new forest association in Hungary: thermophilous dry oakwood on rubble (Paeonio banaticae-Quercetum cerridis Kevey ass. nova)*. Hacquetia (Ljubljana) 6 (1): 5–59.
- KOTAR, M., 1999: *Cer (Quercus cerris L.)*. In: Kotar, M. & R. Brus: *Naše drevesne vrste*. Slovenska matica, Ljubljana: pp. 68–89.
- KUTNAR, L., Ž. VESELIČ, I. DAKSKOBLER & D. ROBIČ, 2012: *Tipologija gozdnih rastišč Slovenije na podlagi ekoloških in vegetacijskih razmer za potrebe usmerjanja razvoja gozdov*. Gozdarski vestnik (Ljubljana) 70 (4): 195–214.
- MAAREL van der, E., 1979: *Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity*. Vegetatio (Den Haag) 39 (2): 97–114.
- MARINČEK, L. & U. ŠILC, 1999: *Association Hacquetio epipactidis-Quercetum cerris in the Lož Valley in Slovenia*. Wiss. Mitt. Niederösterreich. Landesmuseum (St. Pölten) 12: 63–76.
- MARTINČIČ, A., 2003: *Seznam listnatih mahov (Bryopsida) Slovenije*. Hacquetia (Ljubljana) 2 (1): 91–166.
- MARTINČIČ, A., 2011: *Seznam jetrenjakov (Marchanthiophyta) in rogovnjakov (Anthocerotophyta) Slovenije. Annotated Checklist of Slovenian Liverworts (Marchanthiophyta) and Hornworts (Anthocerotophyta)*. Scopolia (Ljubljana) 72: 1–38.
- MARTINČIČ, A., T. WRABER, N. JOGAN, A. PODOBNIK, B. TURK, B. VREŠ, V. RAVNIK, B. FRAJMAN, S. STRGULC KRAJŠEK, B. TRČAK, T. BAČIČ, M. A. FISCHER, K. ELER & B. SURINA, 2007: *Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk*. Četrta, dopolnjena in spremenjena izdaja. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana.
- MILOŠEVIĆ ŠTUKL, D., 2012: *Produksijska sposobnost termofilnih listavcev na Primorskem*. Diplomsko naloga, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Ljubljana. (Diplomska naloga, 49 pp.)
- OGRIN, D., 1996: *Podnebni tipi v Sloveniji*. Geografski vestnik (Ljubljana) 68: 39–56.
- OGRIN, D., 1998: *Podnebje*. In: Fridl, J., D. Kladnik, M. Orožen Adamič & D. Perko: *Geografski atlas Slovenije. Država v prostoru in času*. Državna založba Slovenije, Ljubljana, pp. 110–111.
- PIGNATTI, S., 1998: *I boschi d'Italia. Sinologia e biodiversità*. UTET, Torino.
- PODANI, J., 2001: *SYN-TAX 2000. Computer Programs for Data Analysis in Ecology and Systematics*. User's Manual, Budapest.
- STARLINGER, F., 2007a: *Quercion pubescenti-petraeae Br.-Bl. 1932*. In: Willner, W. & Grabherr, G. (eds.): *Die Wälder und Gebüsche Österreichs. Ein Bestimmungswerk mit Tabellen*. 1. Textband. Spektrum Akademischer Verlag in Elsevier, Heidelberg, pp. 96–109.
- STARLINGER, F., 2007b: *Tab. 14: Quercion pubescenti-petraeae*. In: Willner, W. & Grabherr, G. (eds.): *Die Wälder und Gebüsche Österreichs. Ein Bestimmungswerk mit Tabellen*. 2. Tabellenband. Spektrum Akademischer Verlag in Elsevier, Heidelberg, pp. 74–85.
- STUPAR, V., Đ. MILANOVIĆ, J. BRUJIĆ, A. ČARNI, 2015: *Formalized classification and nomenclatural revision of thermophilous deciduous forests (Quercetalia pubescentis) of Bosnia and Herzegovina*. Tuexenia (Göttingen) 35: 85–130.

- STUPAR, V., J. BRUJIĆ, Ž. ŠKVORC & A. ČARNI, 2016: *Vegetation types of thermophilous deciduous forests (Quercetea pubescentis) in the Western Balkans*. Phytocoenologia (Stuttgart) 46 (1): 49–68.
- SELIŠKAR, T., B. VREŠ & A. SELIŠKAR, 2003: *FloVegSi 2.0. Računalniški program za urejanje in analizo bioloških podatkov*. Biološki inštitut ZRC SAZU, Ljubljana.
- ŠILC, U. & A. ČARNI, 2012: *Conspectus of vegetation syntaxa in Slovenia*. Hacquetia (Ljubljana) 11 (1): 113–164.
- VIDIĆ, N. J., T. PRUS, H. GRČMAN, M. ZUPAN, A. LISEC, T. KRALJ, B. VRŠČAJ, J. RUPREHT, M. ŠPORAR, M. SUHADOLC, R. MIHELIČ, R. & F. LOBNIK, 2015: *Tla Slovenije s pedološko karto v merilu 1: 250 000. Soils of Slovenia with soil map 1: 250 000*. European Union & University of Ljubljana, Luxemburg, Ljubljana.
- VUKELIĆ, J., 2012: *Šumska vegetacija Hrvatske*. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Državni zavod za zaštitu prirode. Zagreb.
- ZUPANČIČ, M., 1999: *Novosti o gozdno-grmišni vegetaciji slovenskega submediterana*. Razprave 4. razreda SAZU (Ljubljana) 40 (8): 195–313.

Figures 5–8: Photo: I. Dakskobler / Slike 5–8: Foto: I. Dakskobler



Figure 5: Stand of the association *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis* in the Brkini Hills
Slika 5: Sestoj asociacije *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis* v Brkinih



Figure 6: Stand of the subassociation *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis asparagatosum acutifolii* in Istria
Slika 6: Sestoj subasociacije *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis asparagatosum acutifolii* v Istri



Figure 7: Stand of the subassociation *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis hieracietosum sabaudi* in Istria
Slika 7: Sestoj subasociacije *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis hieracietosum sabaudi* v Istri



Figure 8: Pioneer stand of the subassociation *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis campanuletosum rapunculoidis*, the Central Soča Valley

Slika 8: Pionirski sestoj subasociacije *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis campanuletosum rapunculoidis* v srednji Soški dolini



Figure 9: *Melica picta*, a rare species in the pioneer stand of the subassociation *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis campanuletosum rapunculoidis*, the Central Soča Valley

Slika 9: *Malica picta*, redka vrsta v pionirskem sestoju subasociacije *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis campanuletosum rapunculoidis* v srednji Soški dolini

Table 1 (Preglednica 1): *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis* ass. nov.

Authors of the relevés (Avtorja popisov): Igor Dakskobler, Zvone Sadar

Number of relevé (Zaporedna številka popisa)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35				
	241672	241673	259490	259499	259500	259507	259508	259492	259495	259506	259509	259510	254410	259494	247716	259491	259493	259496	259498	259501	259502	242357	242964	243103	264361	264362	246055	246056	261273	258360	261039	261234	263511	211278	259384				
	245	250	220	230	230	140	125	185	180	140	75	90	45	180	270	75	75	350	405	400	370	381	180	435	595	575	460	375	130	320	200	270	445	350	630				
	NW	NW	SW	NNE	NE	N	N	SSW	S	NNW	NW	NW	NE	SW	S	SSW	SSW	SSW	SE	SE	SE	S	SW	NNW	S	NEE	SW	SW	SEE	NNE	NE	SW	E	SSW					
	20	10	30	25	25	20	25	20	15	15	20	15	10	5	10	15	5	3	3	15	15	35	25	20	20	25	35	30	35	10	35	20	15	35	10				
	FA	F	AF	F	F	F	F	F	L	F	AL	FA	FA	F	FA	F	F	F	F	F	F	AL	F	L	L	AL	AR	AR	ALR	A	AF	AL	AF	A	AL				
	Re	Re	Re	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Re	Re	Cc	Eu	Eu	Eu	Eu	Re	Eu				
	5	0	10	0	0	0	0	5	0	0	5	5	5	5	0	20	0	0	0	0	0	20	5	30	60	5	10	5	10	15	20	5	10	40	0				
	Cover in % (Zastiranje v %):																																						
	Upper tree layer (Zgornja drevesna plast)	E3b	80	80	70	80	80	70	80	80	80	80	90	70	70	80	80	70	80	90	80	90	70	70	70	90	80	70	80	70	80	70	80	70	75				
Lower tree layer (Spodnja drevesna plast)	E3a	.	80	30	20	20	20	20	20	20	20	10	30	30	20	5	20	10	10	10	10	10	30	20	10	20	20	10	10	20	20	10	30	.					
Shrub layer (Grmovna plast)	E2	40	40	30	80	30	10	30	60	60	80	90	70	30	30	40	40	60	30	40	10	40	50	50	20	30	20	30	30	20	30	30	20	30	20				
Herb layer (Zeliščna plast)	E1	80	80	50	0	90	75	30	40	30	20	30	30	30	20	90	90	80	90	70	60	70	50	70	40	80	80	70	80	80	90	80	70	100					
Moss layer (Mahovna plast)	E0	.	.	5	30	5	.	.	.	.	.	1	20	.	5	.	.	.	.	.	.	5	5	5	30	5	5	5	5	5	10	5	5	20	.				
Maximum diameter of trees (Največji prsni premer dreves)	cm	40	40	45	45	40	40	50	50	40	40	40	35	60	40	40	35	40	35	40	40	40	35	40	40	40	30	30	30	40	45	30	40	30	45				
Maximum height of trees (Največja drevesna višina)	m	24	22	27	30	22	25	30	30	25	26	26	22	30	25	22	22	26	25	27	30	27	22	26	25	24	16	17	18	26	25	15	22	20	20				
Number of species (Število vrst)	m	41	36	44	41	33	38	37	33	27	34	29	31	45	28	45	46	42	27	38	33	45	54	66	67	50	53	42	61	57	29	52	43	62	78	57			
Relevé area (Velikost popisne ploskve)	m ²	200	200	400	400	400	400	400	400	400	400	400	200	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	200	200	200	400	400	200	400	400	400	400			
Date of taking relevé (Datum popisa)	1/10/2012	1/10/2012	5/8/2015	5/26/2015	5/26/2015	4/29/2015	4/29/2015	5/8/2015	5/8/2015	4/29/2015	4/29/2015	4/29/2015	4/14/2014	5/8/2015	3/22/2013	5/8/2015	5/8/2015	5/8/2015	5/26/2015	5/26/2015	5/26/2015	3/1/2012	4/18/2002	4..5.2012	5/18/2016	5/18/2016	4/25/2012	4/25/2012	5/6/2016	9/16/2015	4/22/2016	4/29/2016	5/3/2016	5/10/2001	5/11/2015				
Locality (Nahajališče)	Dragonja-Brič	Dragonja-Brič	Istra-Kamršnjik	Istra-Bukovica-Vrja	Istra-Bukovica-Vrja	Istra-Korte-Čared	Istre-Korte-Branski bošk	Istra-Jurinciči	Istra-Korte-Suje	Istra-Sv. Peter-Bezjak	Istra-Sv. Peter-Bezjak	Istra-Sv. Peter-Bezjak	Istra-Rokavci	Ložice-Trebež	Istra-Piševac	Istra-Buže	Istra-Koštabonske poljane	Istra-Sirči-Gošča	Istra-Malinska	Istra-Malinska	Istra-Malinska	Plave-Zamedvejski potok	Kožbanjšček	Plave-Zamedvejski potok	Vrtiče-Boškar	Vrtiče-Boškar	Modrič-Senica	Modrič-Senica	Podeslo-Kopovišče	Volnik-Žekanc	Plave-Štrmec	Plave-Na Vrhu	Plave-Na Vrhu	Škocjanske jame	Šembiže-Reber				

FOLIA BIOLOGICA ET GEOLOGICA 58/2 – 2017 | 25

[illegible]

FOLIA BIOLOGICA ET GEOLOGICA 58/2 – 2017 | 27

[illegible]

[illegible]

Number of relevé (Zaporedna številka popisa)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	Pr. Fr.			
	<i>Anomodon viticulosus</i>	E0	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	+	8	23
	<i>Schistidium apocarpum</i>	E0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	7	20	
	<i>Ctenidium molluscum</i>	E0	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	6	17	
	<i>Hypnum cupressiforme</i>	E0	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	6	17	
	<i>Arrichium undulatum</i>	E0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	14	
	<i>Homalothecium lutescens</i>	E0	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	+	5	14		
	<i>Homalothecium sericeum</i>	E0	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	11	
	<i>Fissidens dubius</i>	E0	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	9	
	<i>Neckera complanata</i>	E0	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	3	9	
	<i>Tortella tortuosa</i>	E0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	9
	<i>Plagiomnium undulatum</i>	E0	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	6
	<i>Anomodon attenuatus</i>	E0	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	6
	<i>Thamnobryum alopecurum</i>	E0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	6
	<i>Eurhynchium striatum</i>	E0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	2	6	
	<i>Polytrichum formosum</i>	E0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	2	6
	<i>Neckera crispa</i>	E0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	2	6		
	<i>Porella platyphylla</i>	E0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	3	
	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	E0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	3	
	<i>Thuidium tamariscinum</i>	E0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	3	

Legend - Legenda

Pr. Presence (number of relevés in which the species is presented) - število popisov, v katerih se pojavlja vrsta

Fr. Frequency in % - frekvenca v %

A Limestone - apnenec

F Flysh - fliš

L Marl - laporovec

R Chert - roženec

Re Rendzina - rendzina

Eu - Eutric brown soil - evtrična rjava tla

Cc Chromic Cambisols - rjava pokarbonatna tla

CU *Calluno-Ulicetea*

Table 2: Groups of diagnostic species in some of *Quercus cerris* dominating communities in Slovenia, Italy, Hungary and Bosnia and Herzegovina (relative frequencies)**Preglednica 2: Skupine diagnostičnih vrst v nekaterih cerovih združbah v Sloveniji, Italiji, na Madžarskem in v Bosni in Hercegovini (relativne frekvence)**

Successive number (Zaporedna številka)	1	2	3	4	5	6	7
Number of relevés (Število popisov)	15	12	6	6	87	8	25
Sign for syntaxa	SaQcQy	SaQcac	SaQcluz	DIQc	FoQc	HeQc	PbQc
Author (Avtor)	IDZS	IDZS	IDZS	AC	ST	LMUŠ	BK
<i>Carpinion orientalis</i>	6	2	5	9	5	0	0
<i>Quercetia ilicis</i>	4	1	3	13	0	0	0
<i>Quercetalia pubescenti-petraeae</i>	34	23	34	31	25	18	22
<i>Aceri tatarici-Quercion</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercion farnetto</i>	0	0	0	0	0	0	4
<i>Quercetalia roboris-petraeae (inc. Calluno-Ulicetea)</i>	2	4	14	2	6	5	4
<i>Erythronio-Carpinion</i>	4	4	3	0	0	2	1
<i>Aremonio-Fagion</i>	0	3	0	1	7	3	0
<i>Tilio-Acerion</i>	2	8	0	0	0	2	5
<i>Alnion incanae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fagetalia sylvaticae</i>	10	15	4	3	6	12	9
<i>Querco-Fagetea</i>	16	17	11	17	17	13	22
<i>Rhamno-Prunetea</i>	8	6	11	16	7	8	7
<i>Trifolio-Geranietea</i>	3	6	4	1	6	8	8
<i>Epilobietea angustifolii, Filipendulo-Convolvuletea</i>	1	0	0	0	0	1	5
<i>Erico-Pinetea</i>	0	0	0	0	0	4	0
<i>Vaccinio-Piceetea</i>	0	1	0	0	0	2	0
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	2	0	3	1	5	5	3
<i>Festucetalia valesiaca</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Festuco-Brometea</i>	1	2	5	0	15	7	2
<i>Asplenietea trichomanis</i>	0	2	0	0	0	0	0
<i>Galio-Urticetea, Stellarietea mediae</i>	0	0	0	0	0	0	6
Mosses and lichens (Mahovi in lišaji)	5	5	0	0	0	9	0
Total (Skupaj)	100	100	100	100	100	100	100

Legend - Legenda

SaQcQy *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis asparagetosum acutifolii*, this article, Table 1, relevés 1–15;SaQcac *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis campanuletosum rapunculoidis*, this article, Table 1, relevés 22–33;SaQcluz *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis hieracietosum sabaudi*, this article, Table 1, relevés 16–21;DIQc *Dapno laureoli-Quercetum cerridis* Tefftani et Biondi 1993 (inc. *Quercus cerris* and *Carpinus orientalis* comm.), Italy, Umbria (Catorci, Raponi & Orsomando 2013, Table 7)FsQc *Fraxino orni-Quercetum cerridis* Stefanović 1960, Bosnia and Herzegovina (Stupar et al. 2015, Table 4, Column 2)HeQc *Hacquetio epipactidis-Quercetum cerridis*, Slovenija, Notranjska, Marinček et Šilc 1999 (Marinček & Šilc 1999: 71–75).PbQc *Paeonio banaticae-Quercetum cerridis* Kevey 2007, Mecsek, Madžarska (Kevey 2007, Table 1)

Appendix 1: Synthetic table of some *Quercus cerris* dominating communities in Slovenia, Italy, Hungary and Bosnia and Herzegovina

Dodatek 1: Sintezna tabela nekaterih cerovih združbah v Sloveniji, Italiji, na Madžarskem in v Bosni in Hercegovini

Successive number (Zaporedna številka)		1	2	3	4	5	6	7
Number of relevés (Število popisov)		15	12	6	6	87	8	25
Sign for syntaxa		SaQcty	SaQcac	SaQcluz	DIQc	FoQc	HeQc	PbQc
CO	<i>Carpinion orientalis</i>							
	<i>Sesleria autumnalis</i>	E1	80	100	83	.	48	.
	<i>Helleborus multifidus</i> subsp. <i>istriacus</i>	E1	80	8	17	.	.	.
	<i>Carpinus orientalis</i>	E3a	53	.	.	100	.	.
	<i>Carpinus orientalis</i>	E2b	53	.	17	.	29	.
	<i>Carpinus orientalis</i>	E2a	.	.	50	.	.	.
	<i>Carpinus orientalis</i>	E1	7	.	.	.	.	.
	<i>Coronilla emerus</i> subsp. <i>emeroides</i>	E2a	7	8	.	50	.	.
	<i>Rubia peregrina</i>	E1	7	.	17	67	.	.
	<i>Aristolochia lutea</i>	E1	.	33	.	.	.	.
	<i>Mercurialis ovata</i>	E1	.	8	.	.	38	.
	<i>Knautia drymeia</i> subsp. <i>tergestina</i>	E1	.	.	67	.	.	.
	<i>Cyclamen repandum</i>	E1	.	.	.	67	.	.
	<i>Acer monspessulanum</i>	E3a	.	.	.	17	.	.
	<i>Cercis siliquastrum</i>	E1	.	.	.	17	.	.
	<i>Helleborus multifidus</i> subsp. <i>multifidus</i>	E1	.	.	.	.	54	.
QI	<i>Quercetea ilicis</i>							
	<i>Ruscus aculeatus</i>	E2a	100	92	83	100	.	28
	<i>Asparagus acutifolius</i>	E2a	87	.	50	100	.	.
	<i>Osyris alba</i>	E1	.	.	17	.	.	.
	<i>Rosa sempervirens</i>	E2a	.	.	17	50	.	.
	<i>Quercus ilex</i>	E1	.	.	.	100	.	.
	<i>Phyllirea latifolia</i>	E1	.	.	.	50	.	.
	<i>Smilax aspera</i>	E1	.	.	.	17	.	.
	<i>Erica arborea</i>	E1	.	.	.	17	.	.
	<i>Viburnum tinus</i>	E1	.	.	.	17	.	.
QP	<i>Quercetalia pubescenti-petraeae</i>							
	<i>Quercus cerris</i>	E3b	100	100	100	100	100	100
	<i>Quercus cerris</i>	E3a	.	.	83	.	25	36
	<i>Quercus cerris</i>	E2b	.	.	17	.	63	8
	<i>Quercus cerris</i>	E2a	.	.	17	.	.	76
	<i>Quercus cerris</i>	E1	80	33	100	.	25	100
	<i>Fraxinus ornus</i>	E3	87	100	50	83	84	100
	<i>Fraxinus ornus</i>	E2b	87	67	100	.	13	84
	<i>Fraxinus ornus</i>	E2a	73	83	83	.	88	88
	<i>Fraxinus ornus</i>	E1	67	92	33	.	13	100
	<i>Melittis melissophyllum</i>	E1	73	92	83	.	45	100
	<i>Cornus mas</i>	E3a	.	8	17	.	.	.
	<i>Cornus mas</i>	E2b	80	100	17	50	47	96
	<i>Cornus mas</i>	E2a	.	.	.	.	.	72
	<i>Cornus mas</i>	E1	.	.	.	.	.	96
	<i>Ostrya carpinifolia</i>	E3b	47	75	.	.	.	.
	<i>Ostrya carpinifolia</i>	E3a	80	83	17	50	100	.
	<i>Ostrya carpinifolia</i>	E2b	7	17	.	.	75	.
	<i>Tamus communis</i>	E1	87	58	50	100	40	100
	<i>Sorbus torminalis</i>	E3b	33	.	.	.	.	.
	<i>Sorbus torminalis</i>	E3a	87	8	50	83	.	52
	<i>Sorbus torminalis</i>	E2b	40	8	100	.	54	32
	<i>Sorbus torminalis</i>	E2a	33	8	50	.	.	16
	<i>Sorbus torminalis</i>	E1	40	8	83	.	.	60
	<i>Carex flacca</i>	E1	47	25	100	33	25	100
	<i>Lathyrus niger</i>	E1	27	50	100	.	77	13
	<i>Quercus pubescens</i>	E3b	47	50	17	83	38	20
	<i>Quercus pubescens</i>	E3a	7	17	33	.	.	12
	<i>Quercus pubescens</i>	E2a	.	.	.	.	.	4
	<i>Quercus pubescens</i>	E1	13	8	17	.	.	20

Successive number (Zaporedna številka)		1	2	3	4	5	6	7
<i>Tanacetum corymbosum</i>	E1	47	33	17	.	43	.	88
<i>Sorbus domestica</i>	E3b	40	.	.	.	.	.	.
<i>Sorbus domestica</i>	E3a	40	8	67	100	.	.	4
<i>Sorbus domestica</i>	E2b	20	.	50	.	.	.	.
<i>Sorbus domestica</i>	E2a	7	.	83	.	.	.	12
<i>Sorbus domestica</i>	E1	13	.	50	.	.	.	12
<i>Buglossoides purpureocaerulea</i>	E1	20	8	17	83	52	100	100
<i>Cotinus coggygria</i>	E3a	7	.	.	.	.	.	.
<i>Cotinus coggygria</i>	E2	27	.	17	.	.	.	.
<i>Viola alba</i> s. lat.	E1	33	8	.	50	.	.	76
<i>Arum italicum</i>	E1	13	.	.	33	.	.	.
<i>Lathyrus venetus</i>	E1	7	8	.	.	.	.	16
<i>Hypericum montanum</i>	E1	7	.	.	.	.	.	4
<i>Orchis purpurea</i>	E1	7	.	.	.	.	.	.
<i>Orchis mascula</i> subsp. <i>speciosa</i>	E1	7	.	.	.	.	.	.
<i>Asparagus tenuifolius</i>	E1	.	75	.	.	.	63	.
<i>Sorbus aria</i>	E3b	.	17	.	.	.	.	.
<i>Sorbus aria</i>	E3a	.	17	.	.	.	.	.
<i>Sorbus aria</i>	E2b	.	33	.	.	.	88	.
<i>Sorbus aria</i>	E2a	.	.	.	.	.	.	.
<i>Arabis turrita</i>	E1	.	25	.	.	.	.	32
<i>Campanula persicifolia</i>	E1	.	25	.	.	.	.	80
<i>Convallaria majalis</i>	E1	.	25	.	.	.	88	24
<i>Euonymus verrucosa</i>	E2a	.	25	.	.	.	88	32
<i>Calamintha sylvatica</i>	E1	.	25	.	.	.	.	72
<i>Betonica serotina</i>	E1	.	8	17	.	.	.	.
<i>Sorbus graeca</i>	E2b	.	8	.	.	.	.	.
<i>Cnidium silaifolium</i>	E1	.	8	.	.	.	.	.
<i>Melica picta</i>	E1	.	8	.	.	.	.	.
<i>Potentilla alba</i>	E1	.	.	17	.	.	88	.
<i>Pyrus spinosa</i>	E2a	.	.	17	.	.	.	.
<i>Pyrus spinosa</i>	E2b	.	.	17	.	.	.	.
<i>Acer obtusatum</i>	E3	.	.	.	50	.	.	.
<i>Pyracantha coccinea</i>	E2	.	.	.	50	.	.	.
<i>Laburnum anagyroides</i>	E2	.	.	.	33	.	.	.
<i>Silene viridiflora</i>	E1	.	.	.	17	21	.	68
<i>Anemone apennina</i>	E1	.	.	.	17	.	.	.
<i>Cytisus sessilifolius</i> (<i>Cytisophyllum sessilifolium</i>)	E2	.	.	.	17	.	.	.
<i>Heleborus foetidus</i>	E1	.	.	.	17	.	.	.
<i>Potentilla micrantha</i>	E1	.	.	.	.	52	.	72
<i>Viola cyanea</i>	E1	.	.	.	.	.	.	4
<i>Inula conyza</i>	E1	.	.	.	.	.	.	60
<i>Laser trilobum</i>	E1	.	.	.	.	.	.	56
<i>Vicia pisiformis</i>	E1	.	.	.	.	.	.	32
<i>Colutae arborescens</i>	E2	.	.	.	.	.	.	28
<i>Hesperis sylvestris</i>	E1	.	.	.	.	.	.	24
<i>Piptatherum virescens</i>	E1	.	.	.	.	.	.	8
<i>Cephalanthera rubra</i>	E1	.	.	.	.	.	.	4
<i>Gagea pratensis</i>	E1	.	.	.	.	.	.	4
<i>Carex michelii</i>	E1	.	.	.	.	.	.	8
AtQ Aceri tatarici-Quercion								
<i>Acer tataricum</i>	E3	.	.	.	.	7	.	.
<i>Scutellaria altissima</i>	E1	.	.	.	.	.	.	36
<i>Doronicum hungaricum</i>	E1	.	.	.	.	.	.	4
Qfr Quercion farnetto								
<i>Paeonia banatica</i>	E1	.	.	.	.	.	.	92
<i>Tilia tomentosa</i>	E3b	.	.	.	.	.	.	56
<i>Tilia tomentosa</i>	E3a	.	.	.	.	.	.	60
<i>Tilia tomentosa</i>	E2b	.	.	.	.	.	.	36
<i>Tilia tomentosa</i>	E2a	.	.	.	.	.	.	64
<i>Tilia tomentosa</i>	E1	.	.	.	.	.	.	84
<i>Genista ovata</i> subsp. <i>nervata</i>	E1	.	.	.	.	.	.	16

Successive number (Zaporedna številka)		1	2	3	4	5	6	7	
QR	<i>Quercetalia roboris-petraeae</i> (inc. <i>Calluno-Ulicetea</i>)								
	<i>Serratula tinctoria</i>	E1	33	67	67	.	31	50	4
	<i>Quercus petraea</i>	E3b	33	33	50	33	24	.	92
	<i>Quercus petraea</i>	E3a	.	.	17	.	.	.	16
	<i>Quercus petraea</i>	E2b	.	8	17	.	.	.	4
	<i>Quercus petraea</i>	E2a	.	.	17	.	.	.	68
	<i>Quercus petraea</i>	E1	13	8	33	.	.	.	96
	<i>Castanea sativa</i>	E3b	.	17	17	.	.	.	.
	<i>Castanea sativa</i>	E3a	.	.	17	.	.	.	.
	<i>Castanea sativa</i>	E2b	.	8	33	.	.	.	.
	<i>Castanea sativa</i>	E2a	.	8	17	.	.	.	.
	<i>Castanea sativa</i>	E1	13	17	17	.	.	.	.
	<i>Hieracium racemosum</i>	E1	7	25	50	.	.	.	.
	<i>Pteridium aquilinum</i>	E1	7	.	17	.	21	63	.
	<i>Betonica officinalis</i>	E1	.	50	50	17	56	100	4
	<i>Carex pallescens</i>	E1	.	8	.	.	.	.	.
	<i>Hieracium sabaudum</i>	E1	.	.	83	.	25	.	28
	<i>Festuca ovina</i> agg.	E1	.	.	33	.	.	.	.
	<i>Genista germanica</i>	E1	.	.	33	.	.	.	.
	<i>Potentilla erecta</i>	E1	.	.	33	.	.	63	.
	<i>Hieracium vulgatum</i>	E1	.	.	33	.	.	.	.
	<i>Genista pilosa</i>	E1	.	.	17	.	.	.	.
	<i>Rubus hirtus</i>	E2a	.	.	17	.	.	.	15
	<i>Hypochoeris radicata</i>	E1	.	.	17	.	.	.	.
	<i>Frangula alnus</i>	E2a	.	.	17	.	.	50	.
	<i>Lembotropis nigricans</i>	E2a	.	.	17	.	.	.	.
	<i>Chamaespartium sagittale</i>	E1	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Luzula foersteri</i>	E1	.	.	.	17	.	.	8
	<i>Veronica officinalis</i>	E1	.	.	.	.	17	.	12
	<i>Chamaecytisus supinus</i>	E1	.	.	.	.	.	50	8
	<i>Lathyrus linifolius</i> (L. montanus)	E1	.	.	.	.	.	13	.
EC	<i>Erythronio-Carpinion</i>								
	<i>Lonicera caprifolium</i>	E2a	93	17	100	.	.	63	.
	<i>Primula vulgaris</i>	E1	53	75	17	.	.	100	12
	<i>Ornithogalum pyrenaicum</i>	E1	20	.	.	.	.	13	.
	<i>Crocus vernus</i> subsp. vernus	E1	7	25	.	.	.	.	.
	<i>Erythronium dens-canis</i>	E1	7	17	.	.	.	.	.
	<i>Helleborus odorus</i>	E1	.	75	.	.	8	.	100
	<i>Galanthus nivalis</i>	E1	.	17	.	.	.	.	.
	<i>Lonicera caprifolium</i>	E2b	.	.	17	33	.	.	.
AF	<i>Aremonio-Fagion</i>								
	<i>Cyclamen purpurascens</i>	E1	20	42	.	.	.	.	.
	<i>Lamium orvala</i>	E1	7	42	.	.	.	.	.
	<i>Hacquetia epipactis</i>	E1	7	.	.	.	88	.	.
	<i>Daphne laureola</i>	E2a	7	.	.	50	.	.	.
	<i>Anemone trifolia</i>	E1	.	33	.	.	.	.	.
	<i>Ruscus hypoglossum</i>	E1	.	17	.	.	.	.	.
	<i>Hemerocallis lilioasphodelus</i>	E1	.	8	.	.	.	.	.
	<i>Dentaria enneaphyllos</i>	E1	.	8	.	.	.	.	.
	<i>Epimedium alpinum</i>	E1	.	8	.	.	.	.	.
	<i>Euphorbia carniolica</i>	E1	.	8	.	.	.	.	.
	<i>Omphalodes verna</i>	E1	.	.	.	.	100	.	.
	<i>Helleborus niger</i>	E1	.	.	.	.	.	100	.
	<i>Aremonia agrimonoides</i>	E1	.	.	.	.	.	100	.
	<i>Knautia drymeia</i> subsp. drymeia	E1	.	.	.	.	.	38	8
	<i>Geranium nodosum</i>	E1	.	.	.	.	.	13	.
TA	<i>Tilio-Acerion</i>								
	<i>Acer pseudoplatanus</i>	E3b	.	25	.	.	.	.	.
	<i>Acer pseudoplatanus</i>	E3a	.	17	.	17	.	.	4
	<i>Acer pseudoplatanus</i>	E2b	.	42	.	.	.	50	.
	<i>Acer pseudoplatanus</i>	E2a	.	33	.	.	.	.	16
	<i>Acer pseudoplatanus</i>	E1	13	67	.	.	.	.	16

Successive number (Zaporedna številka)		1	2	3	4	5	6	7
<i>Juglans regia</i>	E3a	7	.	.	.	.	.	.
<i>Juglans regia</i>	E2a	20	8	.	.	.	.	.
<i>Arum maculatum</i>	E1	27	.	.	.	.	.	84
<i>Tilia cordata</i>	E3b	7	25	.	.	.	.	4
<i>Tilia cordata</i>	E3a	7	25	.	.	.	.	.
<i>Tilia cordata</i>	E2b	.	42	.	.	.	.	.
<i>Tilia cordata</i>	E2a	.	33	.	.	.	.	4
<i>Tilia cordata</i>	E1	.	8	.	.	.	.	8
<i>Acer platanoides</i>	E3a	.	8	.	.	.	.	4
<i>Acer platanoides</i>	E2	.	.	.	.	.	.	44
<i>Acer platanoides</i>	E1	.	25	.	.	.	.	44
<i>Tilia platyphyllos</i>	E3b	.	17	.	.	.	.	.
<i>Tilia platyphyllos</i>	E3a	.	8	.	.	.	.	.
<i>Tilia platyphyllos</i>	E2b	.	8	.	.	.	25	.
<i>Tilia platyphyllos</i>	E2a	.	.	.	.	.	13	.
<i>Phyllitis scolopendrium</i>	E1	.	17	.	.	.	.	.
<i>Ulmus glabra</i>	E3a	.	8	.	.	.	38	4
<i>Ulmus glabra</i>	E2b	.	17	.	.	.	13	8
<i>Ulmus glabra</i>	E2a	.	17	.	.	.	.	28
<i>Ulmus glabra</i>	E1	.	17	.	.	.	25	32
<i>Polystichum aculeatum</i>	E1	.	17	.	.	.	.	.
<i>Staphylea pinnata</i>	E2a	.	8	.	.	.	.	8
<i>Staphylea pinnata</i>	E2b	.	8	.	.	.	.	20
<i>Geranium robertianum</i>	E1	.	8	.	.	.	.	84
<i>Dryopteris affinis</i>	E1	.	8	.	.	.	.	.
<i>Asperula taurina</i>	E1	.	.	.	.	.	.	32
<i>Aconitum lycoctonum s. lat.</i>	E1	.	.	.	.	.	.	4
<i>Scrophularia vernalis</i>	E1	.	.	.	.	.	.	4
<i>Hesperis candida</i>	E1	.	.	.	.	.	.	4
AI <i>Alnion incanae</i>								
<i>Rumex sanguineus</i>	E1	.	.	.	.	.	.	28
<i>Festuca gigantea</i>	E1	.	.	.	.	.	.	4
FS <i>Fagetalia sylvaticae</i>								
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	E1	60	17	.	.	.	13	36
<i>Carex sylvatica</i>	E1	47	8	.	.	.	.	.
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	E1	40	50	33	67	32	13	88
<i>Symphytum tuberosum (inc. subsp. angustifolium)</i>	E1	40	50	17	.	51	38	68
<i>Mercurialis perennis</i>	E1	27	33	.	.	.	25	44
<i>Carpinus betulus</i>	E3b	27	17	.	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	E3a	20	42	17	.	28	63	24
<i>Carpinus betulus</i>	E2b	7	8	.	.	.	.	12
<i>Carpinus betulus</i>	E2a	.	25	17	.	.	.	56
<i>Carpinus betulus</i>	E1	.	8	.	.	.	13	68
<i>Euphorbia dulcis</i>	E1	20	42	.	.	.	88	.
<i>Pulmonaria officinalis</i>	E1	20	33	.	.	.	.	24
<i>Viola reichenbachiana</i>	E1	20	17	.	17	.	50	12
<i>Galium laevigatum</i>	E1	13	58	17	.	.	13	.
<i>Lathyrus vernus</i>	E1	13	33	.	.	.	13	32
<i>Prunus avium</i>	E3b	13	17	.	.	.	.	8
<i>Prunus avium</i>	E3a	7	42	17	.	.	.	.
<i>Prunus avium</i>	E2b	7	25	33	.	41	25	20
<i>Prunus avium</i>	E2a	.	17	17	.	.	.	.
<i>Prunus avium</i>	E1	13	8	.	.	.	.	24
<i>Fagus sylvatica</i>	E3b	13	17	17	.	.	38	4
<i>Fagus sylvatica</i>	E3a	.	8	17	.	.	13	.
<i>Fagus sylvatica</i>	E2b	.	17	.	.	.	50	.
<i>Fagus sylvatica</i>	E2a	.	.	17	.	.	.	20
<i>Fagus sylvatica</i>	E1	.	.	.	.	.	.	24
<i>Salvia glutinosa</i>	E1	7	50	.	.	.	63	4
<i>Daphne mezereum</i>	E2a	7	42	.	.	.	88	.
<i>Galeobdolon flavidum</i>	E1	7	17	.	.	.	.	.
<i>Dentaria bulbifera</i>	E1	7	8	.	.	.	.	40

Successive number (Zaporedna številka)		1	2	3	4	5	6	7
	<i>Sanicula europaea</i>	E1	7	8	.	.	13	.
	<i>Heracleum sphondylium</i>	E1	7	8	.	.	.	12
	<i>Allium ursinum</i>	E1	7	.	.	.	.	8
	<i>Galeobdolon montanum</i>	E1	7	.	.	.	.	.
	<i>Asarum europaeum subsp. caucasicum</i>	E1	.	50	.	.	63	.
	<i>Melica nutans</i>	E1	.	25	.	.	100	.
	<i>Lilium martagon</i>	E1	.	25	.	.	.	24
	<i>Mycelis muralis</i>	E1	.	25	.	.	.	8
	<i>Polygonatum multiflorum</i>	E1	.	25	.	.	25	48
	<i>Senecio ovatus</i>	E1	.	25	.	.	.	.
	<i>Sambucus nigra</i>	E2	.	17	.	.	.	12
	<i>Fraxinus excelsior</i>	E3a	.	.	.	.	.	4
	<i>Fraxinus excelsior</i>	E2a	.	17	.	.	.	8
	<i>Fraxinus excelsior</i>	E1	.	8	.	.	.	12
	<i>Circaea lutetiana</i>	E1	.	8	.	.	.	8
	<i>Laburnum alpinum</i>	E2b	.	8	.	.	.	.
	<i>Prenanthes purpurea</i>	E1	.	8	.	.	.	.
	<i>Cephalanthera damasonium</i>	E1	.	.	.	17	25	8
	<i>Campanula trachelium</i>	E1	.	.	.	.	25	16
	<i>Neottia nidus-avis</i>	E1	.	.	.	.	25	.
	<i>Phyteuma spicatum</i>	E1	.	.	.	.	13	.
	<i>Phyteuma ovatum</i>	E1	.	.	.	.	13	.
	<i>Lonicera alpigena</i>	E1	.	.	.	.	25	.
	<i>Epipactis helleborine</i>	E1	.	.	.	.	.	28
	<i>Corydalis cava</i>	E1	.	.	.	.	.	52
	<i>Cardamine impatiens</i>	E1	.	.	.	.	.	32
	<i>Galium odoratum</i>	E1	.	.	.	.	.	20
	<i>Festuca drymeia</i>	E1	.	.	.	.	.	8
	<i>Myosotis sylvatica</i>	E1	.	.	.	.	.	4
	<i>Scrophularia nodosa</i>	E1	.	.	.	.	.	4
QF	Quercus-Fagetea							
	<i>Hedera helix</i>	E3a	93	92	.	100	13	4
	<i>Hedera helix</i>	E2	.	.	.	.	.	36
	<i>Hedera helix</i>	E1	93	67	33	.	13	32
	<i>Crataegus laevigata</i>	E2b	73	25	17	.	88	24
	<i>Crataegus laevigata</i>	E2a	20	8	17	.	.	16
	<i>Crataegus laevigata</i>	E1	7	.	.	.	.	24
	<i>Carex digitata</i>	E1	60	58	.	.	88	4
	<i>Acer campestre</i>	E3b	7	25	.	.	.	4
	<i>Acer campestre</i>	E3a	53	58	.	100	52	72
	<i>Acer campestre</i>	E2b	33	50	17	.	38	48
	<i>Acer campestre</i>	E2a	13	67	17	.	.	88
	<i>Acer campestre</i>	E1	47	25	.	.	38	96
	<i>Platanthera chlorantha</i>	E1	33	.	.	.	25	.
	<i>Carex montana</i>	E1	27	50	100	.	32	100
	<i>Cephalanthera longifolia</i>	E1	27	8	33	.	.	.
	<i>Ulmus minor</i>	E3b	.	8	.	.	.	.
	<i>Ulmus minor</i>	E3a	7	8	.	33	.	4
	<i>Ulmus minor</i>	E2b	7	.	.	.	.	.
	<i>Ulmus minor</i>	E2a	27	.	.	.	.	16
	<i>Ulmus minor</i>	E1	.	8	.	.	.	16
	<i>Anemone nemorosa</i>	E1	20	17	.	.	.	.
	<i>Corylus avellana</i>	E2b	13	33	17	17	33	8
	<i>Corylus avellana</i>	E2a	7	17	17	.	50	12
	<i>Clematis vitalba</i>	E3a	13	8	.	.	.	12
	<i>Clematis vitalba</i>	E2b	.	8	.	.	.	12
	<i>Clematis vitalba</i>	E2a	7	50	.	50	75	84
	<i>Clematis vitalba</i>	E1	7	.	.	.	.	84
	<i>Hepatica nobilis</i>	E1	7	33	.	50	13	20
	<i>Viola riviniana</i>	E1	7	8	50	.	.	.
	<i>Pyrus pyraeaster</i>	E3a	7	.	.	.	13	52
	<i>Pyrus pyraeaster</i>	E2b	.	17	17	.	.	88

Successive number (Zaporedna številka)		1	2	3	4	5	6	7
<i>Pyrus pyraeaster</i>	E2a	7	50	33	17	53	75	80
<i>Pyrus pyraeaster</i>	E1	.	.	17	.	.	.	96
<i>Platanthera bifolia</i>	E1	7	.	17	.	.	13	4
<i>Scilla bifolia</i>	E1	7	.	.	.	.	.	.
<i>Aegopodium podagraria</i>	E1	7	.	.	.	.	.	.
<i>Rosa arvensis</i>	E2a	.	67	33	50	70	100	92
<i>Veratrum nigrum</i>	E1	.	42	.	.	.	13	.
<i>Vinca minor</i>	E1	.	42	.	.	.	.	.
<i>Festuca heterophylla</i>	E1	.	25	83	.	79	.	.
<i>Cruciata glabra</i>	E1	.	25	.	50	66	63	.
<i>Listera ovata</i>	E1	.	25	.	.	.	13	.
<i>Malus sylvestris</i>	E3a	.	25	.	33	39	.	.
<i>Malus sylvestris</i>	E2b	.	17	.	.	.	.	8
<i>Malus sylvestris</i>	E1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Melica uniflora</i>	E1	.	17	.	17	.	.	100
<i>Lonicera xylosteum</i>	E2a	.	8	.	50	.	100	.
<i>Euphorbia angulata</i>	E1	.	8	.	.	.	.	.
<i>Dactylis polygama</i>	E1	.	.	33	.	.	.	100
<i>Geum urbanum</i>	E1	.	.	.	17	26	.	100
<i>Carex pilosa</i>	E1	.	.	.	.	.	13	4
<i>Poa nemoralis</i>	E1	.	.	.	.	.	.	92
<i>Stellaria holostea</i>	E1	.	.	.	.	.	.	92
<i>Carex pairae</i>	E1	.	.	.	.	.	.	88
<i>Ranunculus ficaria</i>	E1	.	.	.	.	.	.	76
<i>Glechoma hirsuta</i>	E1	.	.	.	.	.	.	64
<i>Anemone ranunculoides</i>	E1	.	.	.	.	.	.	56
<i>Festuca heterophylla</i>	E1	.	.	.	.	.	.	48
<i>Galiium schultesii</i>	E1	.	.	.	.	.	.	44
<i>Melittis carpatica</i>	E1	.	.	.	.	.	.	44
<i>Viola odorata</i>	E1	.	.	.	.	.	.	36
<i>Lactuca quercuina</i> subsp. <i>sagittata</i>	E1	.	.	.	.	.	.	32
<i>Moehringia trinervia</i>	E1	.	.	.	.	.	.	28
<i>Corydalis pumila</i>	E1	.	.	.	.	.	.	16
<i>Gagea lutea</i>	E1	.	.	.	.	.	.	16
<i>Carex divulsa</i>	E1	.	.	.	.	.	.	12
<i>Polygonatum latifolium</i>	E1	.	.	.	.	.	.	4
RP Rhamno-Prunetea								
<i>Ligustrum vulgare</i>	E2b	7	17	33	.	.	.	72
<i>Ligustrum vulgare</i>	E2a	87	42	100	100	37	100	72
<i>Ligustrum vulgare</i>	E1	.	17	.	.	.	.	80
<i>Crataegus monogyna</i>	E3b	7	.	.	.	.	.	.
<i>Crataegus monogyna</i>	E3a	13	17	17	.	.	.	.
<i>Crataegus monogyna</i>	E2b	47	58	67	100	86	100	88
<i>Crataegus monogyna</i>	E2a	47	25	67	.	.	.	80
<i>Rubus ulmifolius</i>	E2	47	33	50	.	.	.	.
<i>Prunus spinosa</i>	E2b	7	.	.	83	.	.	20
<i>Prunus spinosa</i>	E2a	27	17	50	.	48	88	64
<i>Cornus sanguinea</i>	E3a	.	.	17	.	.	13	.
<i>Cornus sanguinea</i>	E2b	33	8	17	50	.	25	4
<i>Cornus sanguinea</i>	E2a	20	8	17	.	.	.	4
<i>Juniperus communis</i>	E3a	.	8	.	.	.	.	.
<i>Juniperus communis</i>	E2b	7	8	50	83	9	13	.
<i>Juniperus communis</i>	E2a	13	.	67	.	.	.	.
<i>Rubus fruticosus</i> agg.	E2a	7	33	.	.	.	.	44
<i>Euonymus europaea</i>	E2a	13	17	.	67	.	38	52
<i>Viburnum lantana</i>	E2	.	25	.	.	.	88	.
<i>Prunus insititia</i>	E2a	7	.	.	.	.	.	.
<i>Mespilus germanica</i>	E2b	.	8	.	.	.	.	.
<i>Rhamnus catharticus</i>	E1	.	8	.	.	.	75	8
<i>Berberis vulgaris</i>	E2a	.	8	.	.	.	100	.
<i>Rosa glauca</i>	E2a	.	8	.	.	.	.	.
<i>Malus domestica</i>	E3a	.	.	.	.	.	.	.

Successive number (Zaporedna številka)		1	2	3	4	5	6	7
	<i>Rosa canina</i>	E2b	.	.	17	.	.	68
	<i>Prunus domestica</i>	E2	.	.	33	.	.	.
	<i>Paliurus spina-christi</i>	E2	.	.	17	.	.	.
	<i>Rubus</i> sp.	E2	.	.	.	.	13	.
TG	Trifolio-Geranietea							
	<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	E1	40	83	50	.	39	100
	<i>Viola hirta</i>	E1	40	8	.	34	.	4
	<i>Anthericum ramosum</i>	E1	13	8	17	.	38	40
	<i>Iris graminea</i>	E1	13	50	.	.	.	4
	<i>Clinopodium vulgare</i>	E1	7	.	33	67	100	88
	<i>Calamintha einseleana</i>	E1	7	.	.	.	.	.
	<i>Campanula rapunculoides</i>	E1	.	75	.	.	.	100
	<i>Ferulago campestris</i> (F. galbanifera)	E1	.	8	.	.	.	.
	<i>Lilium bulbiferum</i>	E1	.	8	.	.	50	.
	<i>Valeriana wallrothii</i> (V. collina)	E1	.	8	.	.	.	.
	<i>Hieracium bifidum</i>	E1	.	8	.	.	.	.
	<i>Silene nutans</i>	E1	.	25	.	.	50	.
	<i>Thalictrum minus</i>	E1	.	17	.	.	50	.
	<i>Peucedanum cervaria</i>	E1	.	17	.	.	13	.
	<i>Dictamnus albus</i>	E1	.	17	.	.	.	.
	<i>Digitalis grandiflora</i>	E1	.	17	.	.	.	16
	<i>Fragaria moschata</i>	E1	.	8	33	.	63	.
	<i>Geranium sanguineum</i>	E1	.	.	33	.	75	4
	<i>Lathyrus latifolius</i>	E1	.	.	17	.	.	.
	<i>Rosa gallica</i>	E1	.	.	17	.	.	8
	<i>Trifolium medium</i>	E1	.	.	17	.	.	.
	<i>Astragalus glycyphyllos</i>	E1	.	.	.	33	.	64
	<i>Lathyrus sylvestris</i>	E1	.	.	.	17	.	.
	<i>Hypericum perforatum</i>	E1	.	.	.	9	.	.
	<i>Polygonatum odoratum</i>	E1	.	.	.	.	50	36
	<i>Thesium bavarum</i>	E1	.	.	.	.	13	.
	<i>Verbascum austriacum</i>	E1	.	.	.	.	.	80
	<i>Torilis japonica</i>	E1	.	.	.	.	.	64
	<i>Laserpitium latifolium</i>	E1	.	.	.	.	.	56
	<i>Coronilla varia</i>	E1	.	.	.	.	.	52
	<i>Trifolium alpestre</i>	E1	.	.	.	.	.	20
	<i>Vicia casubica</i>	E1	.	.	.	.	.	20
	<i>Thlaspi perfoliatum</i>	E1	.	.	.	.	.	20
	<i>Hypericum perforatum</i>	E1	.	.	.	.	.	16
	<i>Campanula bononiensis</i>	E1	.	.	.	.	.	8
	<i>Origanum vulgare</i>	E1	.	.	.	.	.	8
	<i>Vicia dumetorum</i>	E1	.	.	.	.	.	4
	<i>Trifolium rubens</i>	E1	.	.	.	.	.	4
	<i>Turitis glabra</i>	E1	.	.	.	.	.	4
EA	Epilobietea angustifolii, Filipendulo-Convolutea							
	<i>Fragaria vesca</i>	E1	7	42	33	.	22	100
	<i>Eupatorium cannabinum</i>	E1	.	8	.	.	.	.
	<i>Fallopia dumetorum</i>	E1	.	.	.	.	.	96
	<i>Lapsana communis</i>	E1	.	.	.	.	.	92
	<i>Veronica hederifolia</i>	E1	.	.	.	.	.	92
	<i>Bromus ramosus</i> agg.	E1	.	.	.	.	.	64
	<i>Galeopsis pubescens</i>	E1	.	.	.	.	.	56
	<i>Lysimachia punctata</i>	E1	.	.	.	.	.	28
	<i>Hypericum hirsutum</i>	E1	.	.	.	.	.	24
	<i>Physalis alkekengi</i>	E1	.	.	.	.	.	16
	<i>Stachys alpina</i>	E1	.	.	.	.	.	4
	<i>Lunaria annua</i>	E1	.	.	.	.	.	4
	<i>Atropa bella-donna</i>	E1	.	.	.	.	.	4
EP	Erico-Pinetea							
	<i>Molinia caerulea</i> subsp. <i>arundinacea</i>	E1	7	8	33	.	.	75
	<i>Chamaecytisus hirsutus</i>	E1	.	17	.	17	26	.
	<i>Carex alba</i>	E1	.	8	.	.	63	.

Successive number (Zaporedna številka)		1	2	3	4	5	6	7
	<i>Calamagrostis varia</i>	E1	.	8	.	.	.	.
	<i>Peucedanum austriacum</i>	E1	.	.	.	.	38	.
	<i>Chamaecytisus purpureus</i>	E1	.	.	.	.	.	.
	<i>Cotoneaster tomentosus</i>	E1	.	.	.	.	13	.
	<i>Polygala chamaebuxus</i>	E1	.	.	.	.	75	.
	<i>Aster amellus</i>	E1	.	.	.	.	25	.
	<i>Cirsium erisithales</i>	E1	.	.	.	.	13	.
	<i>Epipactis atrorubens</i>	E1	.	.	.	.	13	.
	<i>Aquilegia nigricans</i>	E1	.	.	.	.	13	.
VP	Vaccinio-Piceetea							
	<i>Aposeris foetida</i>	E1	7	25	.	.	100	.
	<i>Hieracium murorum</i>	E1	.	17	.	.	.	.
	<i>Solidago virgaurea</i>	E1	.	17	17	.	38	4
	<i>Abies alba</i>	E1	.	17	.	.	.	.
	<i>Abies alba</i>	E2a	.	8	.	.	.	.
	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	E1	.	8	.	.	.	.
	<i>Avenella flexuosa</i>	E1	.	.	17	.	.	.
	<i>Picea abies</i>	E2b	.	.	.	.	38	.
	<i>Luzula luzuloides</i>	E1	.	.	.	.	.	4
MA	Molinio-Arrhenatheretea							
	<i>Ajuga reptans</i>	E1	53	.	50	.	63	32
	<i>Colchicum autumnale</i>	E1	20	8	.	.	.	4
	<i>Veronica chamaedrys</i>	E1	.	25	.	47	.	64
	<i>Taraxacum officinale</i>	E1	.	8	.	.	13	.
	<i>Dactylis glomerata</i>	E1	.	.	33	64	50	.
	<i>Succisa pratensis</i>	E1	.	.	33	.	.	.
	<i>Centaurea jacea</i>	E1	.	.	17	.	13	.
	<i>Holcus sp.</i>	E1	.	.	17	.	.	.
	<i>Prunella vulgaris</i>	E1	.	.	.	17	14	4
	<i>Oenanthe pimpinelloides</i>	E1	.	.	.	17	.	.
	<i>Lychnis coronaria</i>	E1	.	.	.	2	.	.
	<i>Galium mollugo</i>	E1	.	.	.	.	88	68
	<i>Lathyrus pratensis</i>	E1	.	.	.	.	50	.
	<i>Vicia cracca</i>	E1	..	.	.	.	38	.
	<i>Knautia arvensis</i>	E1	.	.	.	.	25	.
	<i>Lotus corniculatus</i>	E1	.	.	.	.	25	4
	<i>Ranunculus nemorosus</i>	E1	.	.	.	.	13	.
	<i>Muscari botryoides</i>	E1	.	.	.	.	.	48
	<i>Poa pratensis</i>	E1	.	.	.	.	.	12
	<i>Valeriana officinalis</i>	E1	.	.	.	.	.	12
	<i>Ornithogallum umbelatum</i>	E1	.	.	.	.	.	12
	<i>Vicia sepium</i>	E1	.	.	.	.	.	4
FV	Festucetalia valesiacae							
	<i>Erysimum odoratum</i>	E1	.	.	.	.	.	32
	<i>Allium oleraceum</i>	E1	.	.	.	.	.	20
	<i>Geranium columbinum</i>	E1	.	.	.	.	.	8
	<i>Muscari tenuiflorum</i>	E1	.	.	.	.	.	4
	<i>Veronica teucrium</i>	E1	.	.	.	.	.	4
FB	Festuco-Brometea							
	<i>Allium carinatum subsp. carinatum</i>	E1	20	8	.	.	13	.
	<i>Brachypodium pinnatum</i> agg. (inc. <i>B. rupestre</i>)	E1	13	58	83	59	88	60
	<i>Euphorbia cyparissias</i>	E1	7	.	.	18	100	76
	<i>Centaureum erythraea</i>	E1	7	.	.	.	.	.
	<i>Filipendula vulgaris</i>	E1	.	17	33	55	75	.
	<i>Carex humilis</i>	E1	.	17	.	.	13	.
	<i>Genista tinctoria</i>	E1	.	.	83	21	.	.
	<i>Bromopsis condensata</i>	E1	.	.	17	.	.	.
	<i>Bromopsis erecta</i>	E1	.	.	17	29	25	.
	<i>Ranunculus bulbosus</i>	E1	.	.	.	33	.	.
	<i>Teucrium chamaedrys</i>	E1	.	.	.	49	63	44
	<i>Thymus pulegioides</i>	E1	.	.	.	20	.	.
	<i>Carex caryophylla</i>	E1	.	.	.	29	.	.

Successive number (Zaporedna številka)		1	2	3	4	5	6	7
	<i>Galium lucidum</i>	E1	.	.	.	32	.	.
	<i>Verbascum nigrum</i>	E1	.	.	.	29	.	.
	<i>Dorycnium germanicum</i>	E1	.	.	.	24	.	.
	<i>Pimpinella saxifraga</i>	E1	.	.	.	24	38	.
	<i>Hieracium pilosella</i>	E1	.	.	.	3	.	.
	<i>Euphorbia verrucosa</i>	E1	.	.	.	.	25	.
	<i>Peucedanum oreoselinum</i>	E1	.	.	.	.	25	.
	<i>Dianthus hyssopifolius</i> (<i>D. monspessulanus</i>)	E1	.	.	.	.	13	.
	<i>Inula hirta</i>	E1	.	.	.	.	13	.
	<i>Trifolium montanum</i>	E1	.	.	.	.	13	.
	<i>Salvia pratensis</i>	E1	.	.	.	.	13	.
	<i>Sanguisorba minor</i>	E1	.	.	.	.	13	.
	<i>Orchis simia</i>	E1	.	.	.	.	8	.
	<i>Silene vulgaris</i> subsp. <i>vulgaris</i>	E1	.	.	.	.	.	44
	<i>Ajuga genevensis</i>	E1	.	.	.	.	.	16
AT	<i>Asplenietea trichomanis</i>							
	<i>Asplenium trichomanes</i>	E1	13	42	.	.	.	12
	<i>Asplenium ruta-muraria</i>	E1	13	8	.	.	.	.
	<i>Polypodium vulgare</i>	E1	.	25	.	.	.	.
	<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>	E1	.	17	.	.	.	.
	<i>Sedum maximum</i>	E1	.	8	.	.	.	64
	<i>Ceterach javorkeanum</i>	E1	.	8	.	.	.	.
	<i>Hieracium pospichalii</i>	E1	.	8	.	.	.	.
	<i>Phyteuma scheuchzeri</i> subsp. <i>columnae</i>	E1	.	8	.	.	.	.
	<i>Cardaminopsis arenosa</i>	E1	.	.	.	.	.	.
	<i>Moehringia muscosa</i>	E1	.	.	.	.	.	.
	<i>Primula auricula</i>	E1	.	.	.	.	.	.
	<i>Ceterach officinarum</i>	E1	.	.	.	.	.	.
	<i>Polypodium interjectum</i>	E1	.	.	.	.	.	.
	<i>Saxifraga crustata</i>	E1	.	.	.	.	.	.
GU	<i>Galio-Urticetea, Stellarietea mediae</i>							
	<i>Cruciata laevipes</i>	E1	.	.	.	33	.	8
	<i>Alliaria petiolata</i>	E1	.	.	.	.	.	96
	<i>Galium aparine</i>	E1	.	.	.	.	.	92
	<i>Lamium maculatum</i>	E1	.	.	.	.	.	84
	<i>Chaerophyllum temulum</i>	E1	.	.	.	.	.	76
	<i>Urtica dioica</i>	E1	.	.	.	.	.	60
	<i>Vicia hirsuta</i>	E1	.	.	.	.	.	52
	<i>Anthriscus cerefolium</i> subsp. <i>trichosperma</i>	E1	.	.	.	.	.	40
	<i>Stellaria media</i>	E1	.	.	.	.	.	28
	<i>Viola arvensis</i>	E1	.	.	.	.	.	24
	<i>Lactuca seriola</i>	E1	.	.	.	.	.	20
	<i>Chelidonium majus</i>	E1	.	.	.	.	.	20
	<i>Bromus sterilis</i>	E1	.	.	.	.	.	16
	<i>Lamium purpureum</i>	E1	.	.	.	.	.	12
O	Other species (Druge vrste)							
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	E3b	7	.	.	.	.	.
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	E3a	13	.	.	.	.	.
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	E2b	7	.	.	.	.	.
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	E2a	13	.	.	.	.	.
ML	Mosses and lichens (Mahovi in lišaji)							
	<i>Fissidens taxifolius</i>	E0	60	8	.	.	.	.
	<i>Isoetecium alopecuroides</i>	E0	27	50	.	.	50	.
	<i>Homalothecium sericeum</i>	E0	20	8	.	.	38	.
	<i>Ctenidium molluscum</i>	E0	20	17	.	.	100	.
	<i>Anomodon viticulosus</i>	E0	13	33	.	.	.	.
	<i>Hypnum cupressiforme</i>	E0	13	.	50	.	59	.
	<i>Neckera complanata</i>	E0	13	.	.	.	.	.
	<i>Plagiomnium undulatum</i>	E0	13	.	.	.	.	.
	<i>Thamnobryum alopecurum</i>	E0	13	.	.	.	.	.
	<i>Schistidium apocarpum</i>	E0	7	50	.	.	63	.
	<i>Atrichum undulatum</i>	E0	7	33	.	.	.	.

Successive number (Zaporedna številka)		1	2	3	4	5	6	7
<i>Homalothecium lutescens</i>	E0	7	17	.	.	.	75	.
<i>Fissidens dubius</i>	E0	7	17	.	.	.	.	.
<i>Anomodon attenuatus</i>	E0	7	8	.	.	.	.	.
<i>Eurhynchium striatum</i>	E0	7	.	.	.	.	.	.
<i>Porella platyphylla</i>	E0	7	.	.	.	.	25	.
<i>Tortella tortuosa</i>	E0	.	25	.	.	.	88	.
<i>Polytrichum formosum</i>	E0	.	17	.	.	.	.	.
<i>Neckera crispa</i>	E0	.	8	.	.	.	50	.
<i>Cladonia pyxidata</i>	E0	.	.	.	.	.	75	.
<i>Scleropodium purum</i>	E0	.	.	.	.	.	63	.
<i>Bryum capillare</i>	E0	.	.	.	.	.	13	.
<i>Cladonia rangiferina</i>	E0	.	.	.	.	.	13	.
<i>Mnium cuspidatum</i>	E0	.	.	.	.	.	13	.

Legend - Legenda

SaQcty *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis asparagetosum acutifolii*, this article, Table 1, relevés 1–15;

SaQcac *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis campanuletosum rapunculoidis*, this article, Table 1, relevés 22–33;

SaQcluz *Seslerio autumnalis-Quercetum cerridis hieracietosum sabaudi*, this article, Table 1, relevés 16–21;

DIQc *Dapno laureoli-Quercetum cerridis* Tefftani et Biondi 1993 (inc. *Quercus cerris* and *Carpinus orientalis* comm.), Italy, Umbria (Catorci, Raponi & Orsomando 2013, Table 7)

FsQc *Fraxino orni-Quercetum cerridis* Stefanovič 1960, Bosnia and Herzegovina (Stupar et al. 2015, Table 4, Column 2)

HeQc *Hacquetio epipactidis-Quercetum cerridis*, Slovenija, Notranjska, Marinček et Šilc 1999 (Marinček & Šilc 1999: 71–75).

PbQc *Paeonio banaticae-Quercetum cerridis* Kevey 2007, Mecsek, Madžarska (Kevey 2007, Table 1)

FAGOPYRIN AND RUTIN CONCENTRATION IN SEEDS OF COMMON BUCKWHEAT PLANTS TREATED WITH Se AND I

VSEBNOST FAGOPIRINA IN RUTINA V SEMENIH NAVADNE AJDE TRETIRANE S SELENOM IN JODOM

Mateja GERM¹, Zlata LUTHAR¹, Eva TAVČAR BENKOVIČ², Meiliang ZHOU³, Aleksandra GOLOB¹ & Nina KACJAN MARŠIČ^{1,*}

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0027>

ABSTRACT

Fagopyrin and rutin concentration in seeds of common buckwheat plants treated with Se and I

Very little data about impact of simultaneous addition of selenium and iodine on plants exists. Plants of common buckwheat *Fagopyrum esculentum* Moench. were grown outdoors and were foliarly treated at the beginning of the flowering with different forms of Se (selenite, selenate) and I (iodide, iodate) and their combinations. Plants were harvested and seeds were collected and grounded, and the concentrations of fagopyrin and rutin were determined. Nor Se, nor I, alone or their combination had an influence on the concentration of fagopyrin. Selenium, iodine and their combination affected the amount of rutin in common buckwheat grain.

Key words: fagopyrin, rutin, common buckwheat, seeds, Se, I

IZVLEČEK

Vsebnost fagopirina in rutina v semenih navadne ajde tretirane s selenom in jodom

Zelo malo je znanega o sočasnem vplivu elementov selen in joda na rastline. Rastline navadne ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench.) gojene na prostem, smo v začetku cvetenja tretirali z raztopinami selen (selenit, selenat) in joda (jodit, jodat) ter njihovimi kombinacijami. Zrnje tretiranih rastlin je bilo zmleto in izmerili smo koncentracije fagopirina in rutina. Na koncentracijo fagopirina v zrnju ni vplivalo niti tretiranje rastlin s selenom niti z jodom, pa tudi ne kombinacija obeh elementov. Na koncentracijo rutina v zrnju pa so značilno vplivala tako posamična tretiranja z raztopinami obeh elementov kot tudi kombinirano tretiranje.

Ključne besede: fagopirin, rutin, navadna ajda, semena, selen, jod

¹ Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, 1000 Ljubljana, Slovenia,

² Faculty of Pharmacy, University of Ljubljana, 1000 Ljubljana, Slovenia

³ Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 100081, China.

* Corresponding author: nina.kacjan.marsic@bf.uni-lj.si

1 INTRODUCTION

Se and I are essential elements for proper function of human thyroid (ZIMMERMANN & KÖHRLE 2002, WHITE & BROADLEY 2009). Essentiality of Se and I for plants is still under debate. However, it has been evidenced that Se has many positive effects on plants, capable of accumulating this element (GOLOB et al. 2016). Recently there were some reports about combined effects of Se and I on plants (ZHU et al. 2004, SMOLEŃ et al. 2014, 2016, GERM et al. 2015, OSMIĆ et al. 2017, JERŠE et al. 2017). However, according to our knowledge, the effect of Se and I on buckwheat grain has not been studied. Common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) is a very important alternative crop in Europe due to possibility of its ecological cultivation, furthermore, its use in the diet has many positive effects on health and nutritional status of consumers (SKRABANJA et al. 1998, 2000, 2001, KREFT et al. 2002, BONAFACCIA et al. 2003, KREFT 2016). Buckwheat grain contain high amounts of rutin. The role of rutin is scavenging free radicals and anti-fungal activity (SUZUKI et al. 2015). Besides flavonoids, buckwheat also contains trace elements, like Zn, Cu, Mn and Se (CUDERMAN & STIBILJ 2010). Buckwheat has many favourable medicinal properties for humans, because of its antioxidative (HOLASOVÁ

et al. 2002, KREFT 2016), anti-inflammatory and anti-carcinogenic effects and it can also increase the strength of blood vessels (BROZMANOVÁ et al. 2010). LI & ZHANG (2001) reported about significant health benefits of buckwheat for individuals with diabetes, obesity and constipation. Common buckwheat originates from Southwest China and it has been gradually spread to other continents (KREFT 1995). Buckwheat contains fagopyrins, phototoxic naphthodianthrones, similar to hypericin (BROCKMANN et al. 1952). The highest levels of fagopyrins were determined in flowers and leaves (STOJILKOVSKI et al. 2013). KREFT et al. (2013) evidenced that levels of fagopyrins increase gradually in sprout growth, especially in the light. Many researchers (TAVČAR BENKOVIĆ et al. 2014, TAVČAR BENKOVIĆ & KREFT 2015) reported that buckwheat sprouts contain fagopyrins that can cause photosensitization manifested as a skin irritation after exposure to sunlight. Phototoxic effects caused by fagopyrins are known as fagopyrism (WENDER et al. 1943). THEURER et al. (1997) reported that fagopyrin was less phototoxic than hypericin. Aim of our research was to find out if the simultaneous addition of Se and I affected the amount of fagopyrins and rutin in the common buckwheat seeds.

2 MATERIAL AND METHODS

Common buckwheat was sown on raised bed in the middle of July. At the beginning of flowering (28 days after sowing) plants were foliarly treated with solutions of sodium selenite (10 mg Se(IV)/L), sodium selenate (10 mg Se(VI)/L), potassium iodide (1000 mg I(-I)/L), potassium iodate (1000 mg I(V)/L), and combinations: 10 mg Se(IV)/L+1000 mg I(-I)/L; 10 mg Se(IV) /L+1000 mg I(V)/L, 10 mg Se(VI) /L+1000 mg I(-I)/L and 10 mg Se(VI)/L+1000 mg I(V)/L. After the ripening, we collected grains from the plants and measured the amount of fagopyrins and rutin.

Sample of seeds was homogenized using a mill (Kika® Werke M20, Germany). Fagopyrins were extracted with acetone/water (HPLC grade, Sigma-Aldrich). Dry samples (1 g) were suspended in 10 mL acetone/water (9/1) and thoroughly mixed for 1 min. The suspensions were then incubated for 20 h at 37 °C. Samples were mixed for 1 min and centrifuged at 1000 rpm for 5 min at 25 °C. Aliquots of the clear supernatants were dispensed into 2 mL plastic test tubes (TPP, Transdingen, Switzerland), and filtered through membrane

filters (Millex-GN filters; pore size = 0.2 µm, Millipore). The 1 mL of filtrate extracts was pipetted into glass vial and exposed 1 h to daylight and then were transferred and analyzed by HPLC. The HPLC system (Shimadzu Prominence) consisted of a system controller (CBM-20A), a column oven (CPO-20AC) and a solvent delivery pump with a degasser (DGU-20A5) connected to a refrigerated autosampler (SIL-20AC) with a photodiode array (PDA) detector (SPD-M20A) that monitored the wavelengths 190–800 nm and a fluorescence detector (LC-20AD XR, excitation wavelength = 330 nm and emission wavelength = 590 nm). The responses of the detectors were recorded using LC Solution software version 1.24 SP1. The chromatography was performed at 40 °C and a flow rate of 2 mL/min using a Phenomenex Kinetex® XB-C18 column (10 cm × 4.6 mm I.D., 2.7 µm particle size). The following gradient method using water (solvent A) and acetonitrile (solvent B), both containing 0.1 % trifluoroacetic acid, was utilized: 0.01–0.5 min 0 % B, 0.5–6.0 min 0–51 % B, 6.0–6.01 min 51 % B, 6.01–30 min 51–54 % B. The identity of

fagopyrins was known from previous research (TAVČAR BENKOVIĆ et al. 2014). The total content of fagopyrin was determined relative to the hypericin content, because its spectral characteristics and structure are similar to fagopyrin and fagopyrin as a standard reference compound was not available (HINNEBURG et al. 2005; OZBOLT et al. 2008; STOJILKOVIĆ et al. 2013). All fagopyrin peaks were integrated together (Fig. 1).

Rutin was measured according to the method described by MARKHAM (1989). Briefly: powdered plant material (1 g) was homogenized with extracting solvent (140:50:10 MeOH-H₂O-CH₃COOH, 20 mL) and filtered into volumetric flasks. Volumes were adjusted to 100 mL by addition of additional extracting solvent. To prepare the solutions for analysis, aliquots (2.5 mL) were transferred into 50 mL volumetric flasks and their volumes were made up with water. To each 10 mL of analysis solution, water (2 mL) and AlCl₃ reagent (133 mg crystalline aluminium chloride and 400 mg crystalline sodium acetate dissolved in 100 mL of extracting solvent, 5 mL) were added and absorbances

were recorded at 430 nm against a blank sample (10 mL of analysed solution plus 5 mL of water). The amount of flavonoids was calculated as a rutin equivalent from the calibration curve of rutin standard solutions, and expressed as g rutin/kg plant material.

Statistical analysis

The normal distribution of the data was tested using Shapiro-Wilk tests and homogeneity of variances was assessed using Levene's test. For the statistical analysis of the data the factorial analysis of variance (ANOVA) was used. Dependent variable was compared by two independent variables: selenium (Se) treatment (two groups - Se(IV) and Se(VI), iodine (I) treatment (two groups - I(-I) and I(V)), and their combination Se × I. The level of significance was accepted at $p < 0.05$.

A statistical analysis of the content of fagopyrin relative to different treatments with Se and I was carried out with one-way ANOVA by the Statgraphics XV program.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The amount of fagopyrin ranged from 18.7 µg/gDM in Se(VI) treated plants to 33.9 µg/gDM in I(-I)+Se(VI) treated plants (Fig. 1). In the study of KOČEVAR GLAVIČ et al. 2017, where they measured the amount of fagopyrin in different parts of Tartary buckwheat, they determined 53.70 µg/gDM that was 1.8 fold higher than our results in common buckwheat. According to our knowledge, there are no reports about the effect of Se or I on the amount of fagopyrin in the plants in scientific literature. The amount of fagopyrins in the seeds of common buckwheat, foliarly treated with Se

and I, was not significantly different in control in comparison to treated groups (Fig. 1).

In conclusion, it was evidenced that in the studied material Se or I did not have any effect on the amount of fagopyrins in seeds in foliarly treated common buckwheat. However, in future investigations, the attention should be given on concentration of fagopyrins in the seeds of common buckwheat plants, treated with Se(VI). The fagopyrin concentration in Se(VI) plants is much lower in comparison to the control, but in present experiment, in the case of high variation of the results, it cannot be concluded to be significant.

In the grain from plants, treated with iodate, the addition of selenate and selenite had lowering impact to the amount of rutin (Table 1). In the grain of control plants and grain from plants, treated with iodide, neither treatment with the Se had an effect on the amount of rutin in the grains. If the plants were not sprayed with the solution of Se, iodate enhanced the amount of rutin in the grain, comparing to control. If the plants were treated with the solution of selenate, neither form of iodine affected the amount of rutin in the grain. Grains from plants, treated with iodide in combination with selenite, had higher amount of rutin comparing to grain from control plants and plants, treated with selenite in combination with iodate and with selenate in combination with iodate.

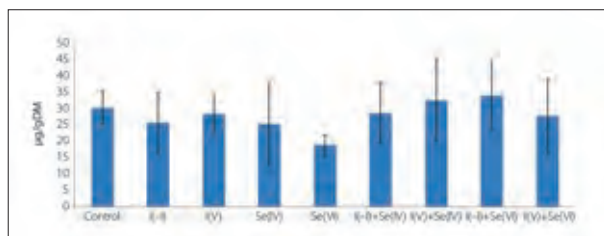


Figure 1: The effect of Se and I on the amount of fagopyrin in the seeds of common buckwheat. Data are given as mean value $\pm$ standard error ($n = 4$ for each treatment).

Slika 1: Vpliv Se in I na koncentracijo fagopirina v zrnju navadne ajde. Podatki so srednje vrednosti $\pm$ standardna napaka ($n = 4$ za vsako tretiranje).

Table 1: Concentration of rutin in grain harvested from plants treated with selenium and iodine**Preglednica 1: Koncentracija rutina v zrnju z rastlin tretiranih s selenom in jodom**

	Rutin (mg g ⁻¹)
<i>Selenium</i>	
0	2.42 ± 0.32 ^b
Se(IV)	5.80 ± 0.32 ^a
Se(VI)	1.91 ± 0.32 ^b
<i>Iodine</i>	
0	1.96 ± 0.32 ^b
I(-I)	5.78 ± 0.78 ^a
I(V)	2.39 ± 0.31 ^b
<i>Se × I</i>	
0+0	1.70 ± 0.17 ^c
Se(IV)+0	2.16 ± 0.36 ^{bc}
Se(VI)+0	2.02 ± 0.31 ^{bc}
0+I(-I)	2.3 ± 0.2 ^{bc}
0+I(V)	3.20 ± 0.3 ^a
Se(IV) + I(-I)	2.6 ± 0.4 ^{ab}
Se(IV) + I(V)	1.5 ± 0.3 ^c
Se(VI) + I(-I)	2.2 ± 0.2 ^{bc}
Se(VI) + I(V)	1.5 ± 0.2 ^c
ANOVA	
<i>Selenium (Se)</i>	***
<i>Iodine (I)</i>	***
<i>Se × I</i>	***

^a Data are given as mean value ± standard error (n = 4 for each treatment). Superscripted letters indicate significant differences between the different treatments (p < 0.05).

^a Navedeni podatki so povprečja ± standardna napaka (n=4 za vsako tretiranje). Različne nadpisane črke označujejo značilnost razlik med tretiranj (p < 0.05).

Buckwheat contains high level of rutin in nearly all organs, including grain, cotyledons, leaves, stems, and flowers. Rutin concentrations, which were detected in our experiment, are somewhat higher in comparison to the results reported by LEE et al. (2016) and DANILA et al. (2007), where rutin and other flavonoids measured in buckwheat grain and flour were analysed by HPLC. Amount of rutin was the highest in the grain, grown on foliarly treated plants with I(V). When Se was added in any form to iodate, the amount of rutin in the grain was reduced. Majority of other treatments did not differ from the control. Fortification of plants with selenite did not affect the amount of rutin content in buckwheat grain compared to control. Similarly, in the study of DONG et al. (2012) they found out, that concentration of rutin, an antioxidant with many interesting pharmacological effects (KREFT et al. 2002), was not significantly affected by selenium in the form of sodium selenite in *Lycium chinense*. On the contrary, in the study of TIAN & WANG (2008) they found out that Se application less than 1.0 mg per kg soil in the form of sodium selenite increases the accumulation and concentration of rutin in all organs of Tartary buckwheat.

POVZETEK

V času začetka cvetenja (28 dni po setvi na odprtem prostoru) so bile rastline tretirane z raztopinami Na selenita (10 mg Se(IV)/L), Na selenata (10 mg Se(VI)/L), K iodida (1000 mg I(-I)/L), K iodata (1000 mg I(V)/L) in s kombinacijami: 10 mg Se(IV)/L+1000 mg I(-I)/L; 10 mg Se(IV)/L+1000 mg I(V)/L, 10 mg Se(VI)/L+1000 mg I(-I)/L in 10 mg Se(VI)/L+1000 mg I(V)/L. Zrela semena so bila pobrana in zmleta. Izmerjene so bile koncentracije fagopirinov in rutina.

Koncentracija fagopirinov je bila od 18,7 µg/gDM v rastlinah, tretiranih s Se(VI), do 33,9 µg/gDM v rastlinah, tretiranih z I-I+Se(VI) (slika 1). Kolikor nam je znano, doslej ni literaturnih podatkov o morebitnem vplivu selena ali joda na vsebnost fagopirinov v rastli-

nah. Pri tem poskusu se niso pokazale značilne razlike v koncentraciji fagopirinov med različno tretiranimi rastlinami, niti v primerjavi z netretirano kontrolo (slika 1)

Pri zrnju z rastlin, tretiranih z iodatom, selenatom in selenitom, je bilo ugotovljeno znižanje vsebnosti rutina (razpredelnica 1). Pri zrnju z rastlin, tretiranih z jodidom, nobeno od tretiranj z raztopinami selena ni pokazalo značilnih razlik v primerjavi z netretirano kontrolo. V primeru rastlin, ki niso bile tretirane z raztopina selena se je pokazal vpliv jodata na povečano vsebnost rutina v primerjavi s kontrolo. Pri rastlinah, tretiranih z raztopino selenata, nobena od oblik joda ni vplivala na koncentracijo rutina v zrnju. Zrnje z rastlin,

tretiranih z raztopinama joda v kombinaciji s selenom, je imelo višjo koncentracijo rutina v primerjavi s kon-

trolo in z rastlinami, ki so bile tretirane s selenitom in jodatom ali s selenatom v kombinaciji z jodatom.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors acknowledge the financial support from the Slovenian Research Agency (research core funding No. P1-0212 "Biology of Plants", and No. P3-0395 "Nutrition and Public Health"). The authors acknowledge the projects (Optimisation of barley and buckwheat processing for sustainable use in high quality functional food, ID L4-7552, The effect of iodine and selenium on growth and quality of crops, ID J4-5524, and Chinese-Slovenian bilateral research project "The

mechanism of mineral elements affecting the biosynthesis of buckwheat secondary metabolites, and quality" ARRS-MS-BI-CN-JR-Prijava/2016/34, item 10, 2016) were financially supported by the Slovenian Research Agency. Research was supported by EUFORINNO 7th FP EU Infrastructure Programme (RegPot No. 315982). Authors are grateful to Prof. Dr. Vekoslava Stibilj for providing the Se and I solutions.

REFERENCES – LITERATURA

- BONAFACCIA, G., M. MAROCCHINI & I. KREFT, 2003: *Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat*. Food Chemistry (Amsterdam) 80(1): 9–15. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00228-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00228-5)
- BROCKMANN, H., E. WEBER & G. PAMPUS, 1952: *Protofagopyrin und Fagopyrin, die photodynamisch wirksamen Farbstoffe des Buchweizens (Fagopyrum esculentum)*. Justus Liebig's Annalen der Chemie (Weinheim) 575(1): 53–83. <https://doi.org/10.1002/jlac.19525750106>
- BROZMANOVÁ, J., D. MÁNIKOVÁ, V. VLČKOVÁ & M. CHOVANEC, 2010: *Selenium: a double-edged sword for defense and offence in cancer*. Archives of Toxicology (Berlin) 84(12): 919–938. <https://doi.org/10.1007/s00204-010-0595-8>
- CUDERMAN, P. & V. STIBILJ, 2010: *Stability of Se species in plant extracts rich in phenolic substances*. Anal Bioanal Chem (Dunaj) 396(4):1433–1439. <https://doi.org/10.1007/s00216-009-3324-5>
- DANILA, A. M., A. KOTANI, H. HAKAMATA & F. KUSU, 2007: *Determination of rutin, catechin, epicatechin, and epicatechingallate in buckwheat Fagopyrum esculentum Moench by micro-high-performance liquid chromatography with electrochemical detection*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 55(4): 1139–1143. <https://doi.org/10.1021/jf062815i>
- DONG, J. Z., Y. WANG, S. H. WANG, L. P. YIN, G. J. XU, C. ZHENG, C. LEI & M. Z. ZHANG, 2012: *Selenium increases chlorogenic acid, chlorophyll and carotenoids of Lycium chinense Leaves*. Sci Food Agric (Hoboken) 93(2): 310–315. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5758>
- EGUCHI, K., T. ANASE & H. OSUGA, 2009. *Development of a high-performance liquid chromatography method to determine the fagopyrin content of Tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum Gaertn.) and common buckwheat (F. esculentum Moench)*. Plant Production Science 12: 475–480.
- GERM, M., N. KACJAN MARŠIČ, J. TURK, M. PIRC, A. GOLOB, A. JERŠE, A. KROFLIČ, H. ŠIRCELJ & V. STIBILJ, 2015: *The effect of different compounds of selenium and iodine on selected biochemical and physiological characteristics in common buckwheat and pumpkin sprouts*. Acta Biologica Slovenica (Ljubljana) 58 (1): 35–44.
- GOLOB, A., M. GERM, I. KREFT, I. ZELNIK, U. KRISTAN & V. STIBILJ, 2016: *Selenium uptake and Se compounds in Se-treated buckwheat*. Acta Botanica Croatica (Zagreb) 75 (1): 17–24. <https://doi.org/10.1515/botcro-2016-0016>
- HINNEBURG, I., S. KEMPE, H.H. RÜTTINGER & R.H.H. NEUBERT 2005. *A CE method for measuring phototoxicity in vitro*. Chromatographia 62: 325–329.
- HOLASOVÁ, M., V. FIDLEROVÁ, H. SMRCINOVÁ, M. ORSAK, J. LACHMAN & S. VAVREINOVÁ, 2002: *Buckwheat - the source of antioxidant activity in functional foods*. Food Research International (Hoboken) 35(2-3): 207–211. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00185-5](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00185-5)

- JERŠE, A., N. KACJAN-MARŠIĆ, H. ŠIRCELJ, M. GERM, A. KROFLIČ & V. STIBILJ, 2017: *Seed soaking in I and Se solutions increases concentrations of both elements and changes morphological and some physiological parameters of pea sprouts*. Plant Physiol. Biochem. (Amsterdam) 118: 285-294. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.06.009>
- KOČEVAR GLAVAČ, N., K. STOJILKOVSKI, S. KREFT, C. H. PARK & I. KREFT, 2017: *Determination of fagopyrins, rutin, and quercetin in Tartary buckwheat products*. LWT - Food Science and Technology (Amsterdam) 79: 423-427. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.068>
- KREFT, I., 1995. Ajda. Ljubljana.
- KREFT, S., B. ŠTRUKELJ, A. GABERŠČIK & I. KREFT, 2002: *Rutin in buckwheat herbs grown at different UV-B radiation levels: comparison of two UV spectrophotometric and an HPLC method*. Journal of Experimental Botany (Oxford) 53(375): 1801-1804. <https://doi.org/10.1093/jxb/erf032>
- KREFT, S., D. JANEŠ & I. KREFT, 2013: *The content of fagopyrin and polyphenols in common and Tartary buckwheat sprouts*. Acta Pharmaceutica (Zagreb) 63(4): 553-560. <https://doi.org/10.2478/acph-2013-0031>
- KREFT, M., 2016: *Buckwheat phenolic metabolites in health and disease*. Nutrition Research Reviews (Cambridge) 29(1): 30-39. <https://doi.org/10.1017/S0954422415000190>
- LEE, L. S., E. J. CHOI, C. H. KIM, J. M. SUNG, Y. B. KIM, D. H. SEO, H. W. CHOI, Y. S. CHOI, J. S. KUM & J. D. PARK, 2016: *Contribution of flavonoids to the antioxidant properties of common and tartary buckwheat*. Journal of Cereal Science (Amsterdam) 68: 181-186. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.07.005>
- LI, S. Q. & Q. H. ZHANG, 2001: *Advances in the development of functional foods from buckwheat*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition (Oxford) 41(6): 451-464. <https://doi.org/10.1080/20014091091887>
- MARKHAM K.R., 1989. Flavones, flavonols and their glycosides. In: Dey P.M., Harborne J.B. (eds.). Methods in Plant Biochemistry 1, pp. 197-235. Academic Press, London, UK.
- OSMIĆ, A., A. GOLOB & M. GERM, 2017: *The effect of selenium and iodine on selected biochemical and morphological characteristics in kohlrabi sprouts (Brassica oleracea L. var. gongylodes L.)*. Acta Biologica Slovenica (Ljubljana) 60(1): 41-51.
- OŽBOLT, L., S. KREFT, I. KREFT, M. GERM & V. STIBILJ, 2008. *Distribution of selenium and phenolics in buckwheat plants grown from seeds soaked in Se solution and under different levels of UV-B radiation*. Food Chemistry 110: 691-696.
- SMOLEŃ, S., I. KOWALSKA & W. SADY, 2014: *Assessment of biofortification with iodine and selenium of lettuce cultivated in the NFT hydroponic system*. Scientia Horticulturae (Amsterdam) 166: 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.11.011>
- SMOLEŃ, S., Ł. SKOCZYLAS, R. RAKOCZY, I. LEDWOŻYW-SMOLEŃ, A. KOPEĆ, E. PIĄTKOWSKA, R. BIEŻANOWSKA-KOPEĆ, M. PYSZ, A. KORONOWICZ, J. KAPUSTA-DUCH & W. SADY, 2015: *Mineral composition of field-grown lettuce (Lactuca sativa L.) depending on the diversified fertilization with iodine and selenium compounds*. Acta Sci. Pol. Cultus (Olsztyn) 14(6): 97-114.
- SMOLEŃ, S., Ł. SKOCZYLAS, I. LEDWOŻYW-SMOLEŃ, R. RAKOCZY, A. KOPEĆ, E. PIĄTKOWSKA, R. BIEŻANOWSKA-KOPEĆ, A. KORONOWICZ & J. KAPUSTA-DUCH, 2016: *Biofortification of Carrot (Daucus carota L.) with Iodine and Selenium in a Field Experiment*. Front. Plant Sci. (Bethesda) 7: 730. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00730>
- STOJILKOVSKI, K., N. KOČEVAR GLAVAČ, S. KREFT & I. KREFT, 2013: *Fagopyrin and flavonoid contents in common, Tartary, and cymosum buckwheat*. Journal of Food Composition and Analysis (Amsterdam) 32(2): 126-130. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.07.005>
- SUZUKI, T., T. MORISHITA, S.-J. KIM, S.-U. PARK, S.-H. WOO, T. NODA & S. TAKIGAWA, 2015: *Physiological Roles of Rutin in the Buckwheat Plant*. Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ (Ibaraki) 49 (1): 37-43. <https://doi.org/10.6090/jarq.49.37>
- SKRABANJA, V., H. N. LAERKE & I. KREFT, 1998: *Effects of hydrothermal processing of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) groats on starch enzymatic availability in vitro and in vivo in rats*. Journal of Cereal Science (Amsterdam) 28: 209-214.
- SKRABANJA, V., H. N. LAERKE & I. KREFT, 2000: *Protein-polyphenol interactions and in vivo digestibility of buckwheat groat proteins*. Pflügers Archiv - European Journal of Applied Physiology (Berlin) 440 (Suppl. 1): R129-R131. <https://doi.org/10.1007/s004240000033>
- SKRABANJA, V., H. G. M. LILJEBERG ELMSTÅHL, I. KREFT & I. M. E. BJÖRCK, 2001: *Nutritional properties of starch in buckwheat products: Studies in Vitro and in Vivo*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 49(1): 490-496. <https://doi.org/10.1021/jf000779w>

- STOJILKOVSKI, K., N. KOČEVAR GLAVAČ, S. KREFT, & I. KREFT, 2013: *Fagopyrin and flavonoid contents in common, Tartary, and cymosum buckwheat*. Journal of Food Composition and Analysis 32: 126-130.
- TAVČAR BENKOVIĆ, E., D. ŽIGON, M. FRIEDRICH, J. PLAVEC & S. KREFT, 2014: *Isolation, analysis and structures of phototoxic fagopyrins from buckwheat*. Food Chem (Amsterdam) 143: 432–439. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.118>
- TAVČAR BENKOVIĆ, E. & S. KREFT, 2015: *Fagopyrins and Protofagopyrins: Detection, Analysis, and Potential Photo-toxicity in Buckwheat*. J. Agric. Food Chem. (Washington) 63(24): 5715–5724. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01163>
- THEURER, C., K. I. GRUETZNER, S. J. FREEMAN & U. KOETTER, 1997: *In vitro phototoxicity of hypericin, fagopyrin rich, and fagopyrin free buckwheat herb extracts*. Pharm. Pharmacol. Lett. (Stuttgart) 7(2/3): 113–115.
- TIAN, X. & Z. WANG, 2008: *Effects of selenium application on content, distribution and accumulation of selenium, flavonoids and rutin in tartary buckwheat*. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer (Weinheim) 14(4): 721-727.
- WENDER, S. H., R. A. GORTNER & O. L. INMAN, 1943: *The isolation of photosensitizing agents from buckwheat*. Journal of the American Chemical Society (Washington) 65(9): 1733-1735. <https://doi.org/10.1021/ja01249a023>
- WHITE, P. J. & M. R. BROADLEY, 2009: *Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine*. New Phytologist (Bethesda) 182(1): 49–84. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02738.x>
- ZHU, Y.-G., Y. HUANG, Y. HU, Y. LIU & P. CHRISTIE, 2004: *Interactions between selenium and iodine uptake by spinach (Spinacia oleracea L.) in solution culture*. Plant and Soil (Cham) 261(1-2): 99–105. <http://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000035539.58054.e1>
- ZIMMERMANN, M. B. & J. KÖHRLE, 2002: *The impact of iron and selenium deficiencies on iodine and thyroid metabolism: biochemistry and relevance to public health*. Thyroid (New Rochelle) 12(10): 867-878. <https://doi.org/10.1089/105072502761016494>

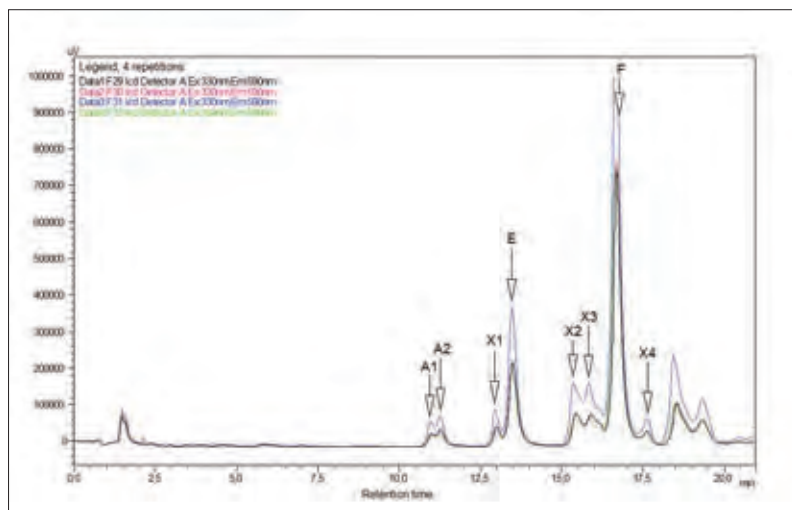


Figure 2: Chromatogram of fagopyrins obtained at HPLC analysis, peaks marked with A1, A2, X1, E, X2, X3, F and X4 show fagopyrins in seeds of common buckwheat

Slika 2: Kromatogram fagopirina s HPLC analizo, vrhovi označeni z oznakami A1, A2, X1, E, X2, X3, F in X4 kažejo fagopirine v zrnih navadne ajde

VPLIVI OBREMENITEV NA ZDRUŽBE MAKROFITOV IN NJIHOV POMEN PRI UPRAVLJANJU Z REČNIMI EKOSISTEMI

IMPACTS OF STRESSORS ON MACROPHYTE COMMUNITIES AND THEIR IMPORTANCE IN RIVER ECOSYSTEM MANAGEMENT

Miha KNEHTL¹ & Mateja GERM^{2,*}

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0028>

IZVLEČEK

Vplivi obremenitev na združbe makrofitov in njihov pomen pri upravljanju z rečnimi ekosistemi

Vse večje zavedanje o ekoloških, gospodarskih in družbenih izgubah, ki so posledica antropogenega spreminjanja vodotokov, je povečalo pritiske za njihovo ohranitev in obnovo. S sprejetjem Vodne direktive smo vpeljali koncept ekološkega stanja voda in s tem ekosistemski pristop njihovega vrednotenja, s ciljem trajnostne rabe vodnih ekosistemov. Ekološko stanje, ki odraža kakovost zgradbe in delovanja vodnih ekosistemov, vrednotimo med drugim tudi na podlagi združb makrofitov, ki so pogosto temeljna skupina mnogih rečnih ekosistemov. Posegi, kot so vnos hranil, spreminjanje hidrološkega režima, gradnja pregrad in nasipov, spreminjanje obrežne vegetacije in izravnavanje struge so le nekatere obremenitve, ki lahko pomembno vplivajo na zgradbo in delovanje združb makrofitov v rekah ter posredno tudi na ostale združbe organizmov in delovanje ekosistema kot celote. Namen tega preglednega članka je povzeti ključne izsledke raziskovalcev, ki ugotavljajo povezave med makrofiti in antropogenimi obremenitvami. Znanje o vplivih posameznih obremenitev in vplivu hkratnega delovanja več obremenitev na združbe makrofitov, je namreč eden ključnih pogojev za pripravo učinkovitih ukrepov za izboljšanje ekološkega stanja in trajnostno upravljanje z rečnimi ekosistemi.

Ključne besede: makrofiti, reke, obremenitve, ekološko stanje, vrednotenje, združbe

ABSTRACT

Impacts of stressors on macrophyte communities and their importance in river ecosystem management

Growing awareness of the ecological, economic and social losses resulting from anthropogenic modification of rivers has increased pressures for their preservation and restoration. By adopting the Water Framework Directive, we introduced the concept of the ecological status of waters, and the ecosystem approach to their evaluation, with the aim of sustainable use of aquatic ecosystems. Ecological status, which reflects the quality of the structure and functioning of aquatic ecosystems, is also evaluated based on macrophyte communities, which are often a fundamental component of many river ecosystems. Interventions such as nutrient intake, modification of hydrological regimes, dam and dike construction, alteration of riparian vegetation and channel realignment are just some of the pressures, which can significantly affect the structure and functioning of macrophyte communities and indirectly also other organisms as well as ecosystems as a whole. The aim of this review article was to summarize the key findings of studies researching the links between macrophytes and anthropogenic pressures. Knowledge about the effects of pressures and pressure combinations on macrophyte communities, is one of the key requirements for introducing effective measures to improve the ecological status and sustainable management of riverine ecosystems.

Key words: macrophytes, rivers, anthropogenic pressures, ecological status, evaluation, communities

¹ Inštitut za vode Republike Slovenije, Dunajska cesta 156, 1000 Ljubljana, Slovenija, miha.knehtl@izvrs.si

^{2,*} Corresponding author: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Večna pot 111, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, mateja.germ@bf.uni-lj.si

1 UVOD

V zadnjih petnajstih letih se je biomonitoring evropskih vodnih ekosistemov občutno spremenil (BIRK in sod. 2012). Razvoj je poganjala Vodna Direktiva (2000/60/EC) Evropske unije, ki je zahtevala razvoj in uvedbo metod vrednotenja za različne tipe ekosistemov (*vrste površinskih voda*: reke, jezera, somornice in obalno morje) in različne skupine organizmov (*biološke elemente kakovosti*: fitoplankton, makrofiti in fitobentos, bentoški nevretenčarji in ribe). Vodna direktiva je spremenila cilje upravljanja od zgolj nadzora onesnaževanja do zagotavljanja celovite integritete ekosistemov (BORJA in sod. 2008). Poslabšanje ali izboljšanje t.i. *ekološkega stanja* je opredeljeno glede na odziv organizmov in ne le kot sprememba okoljskih parametrov. Ta odziv moramo proučevati na nivoju *vodnega telesa* (tj. odseka reke, jezera ali dela obale morja), ki predstavlja klasifikacijsko in upravljavsko enoto po načelih Vodne direktive. Pri vrednotenju ekološkega stanja primerjamo dejanske (opazovane) razmere z referenčnimi in vodno telo glede na rezultat uvrstimo v enega od petih razredov ekološkega stanja: zelo dobro stanje (ni razlik v primerjavi z referenčnim stanjem), dobro stanje (majhne razlike), zmerno stanje (zmerne razlike), slabo in zelo slabo stanje (velike razlike). Dobro ekološko stanje je cilj, ki ga morajo v bližnji prihodnosti doseči vsa vodna telesa površinskih voda v EU (BIRK in sod. 2012). Po Vodni Direktivi so makrofiti eden od bioloških elementov kakovosti, na podlagi katerih določamo ekološko stanje vodnih teles rek (Sl. 1, 2). Razporeditev in številčnost makrofitov je odvisna od kombinacije prisotnih okoljskih dejavnikov. Na podlagi tega dejstva lahko določimo vrste, ki so zanesljivi indikatorji sprememb v ekosistemi in jih uporabimo kot orodje za oceno ekološkega stanja (FENNESSY in sod. 1998, MACK in sod. 2000a, AZNAR in sod. 2002).

Združbe makrofitov so pogosto temeljna skupina mnogih rečnih ekosistemov (FRANKLIN in sod. 2008). V veliki meri lahko prispevajo k fizični in biološki raznolikosti ekosistemov in pomembno so-vplivajo na njihovo delovanje (MAINSTONE & PARR 2002, HATTON-ELLIS in sod. 2003, LACOUL & FREEDMAN 2006).

Poznavanje ključnih procesov in dejavnikov, ki kontrolirajo in uravnavajo dinamiko makrofitov, je zato bistvenega pomena za razumevanje zgradbe in delovanja celotne združbe organizmov, ki ekosistem sestavljajo (FRANKLIN in sod. 2008).

Uporaba makrofitov kot bioindikatorjev ima več prednosti. Zaradi njihove ne-mobilnosti predstavljajo odziv na lokalne okoljske spremembe (SZOSZKIEWICZ in sod. 2006). Zlasti trajnice lahko odražajo več letne okoljske spremembe in kumulativne učinke več zaporednih motenj (TREMPE & KOHLER 1995). Poleg tega so makrofiti relativno široko razširjeni in se splošno smatrajo kot enostavno taksonomsko določljivi (SZOSZKIEWICZ in sod. 2006). Prednost je tudi njihova velikost in relativna nezahtevnost vzorčenja. Njihovo številčnost lahko preprosto izrazimo s pokritostjo, ki jo lahko v nekaterih primerih določimo z uporabo tehnik daljinskega zaznavanja (BRABEC & SZOSZKIEWICZ 2006). Zaradi večjih dejavnikov pa je uporaba makrofitov kot bioindikatorjev v vodotokih lahko tudi težavna (SZOSZKIEWICZ in sod. 2006). Naravna raznolikost združb makrofitov različnih rečnih sistemov otežuje primerjavo med različnimi rečnimi tipi (WERLE 1982, WIEGLEB 1988). Prav tako je porazdelitev makrofitov dinamična, njihova rastišča se lahko krčijo ali širijo v navidezno konstantnih razmerah (VEIT in sod. 2003). Mnogo vrst je prisotnih zunaj njihovega ekološkega optimuma in so lahko je strpne na različne stopnje obremenitev (SZOSZKIEWICZ in sod. 2006). Lokalna fizična, fizikalna in kemijska heterogenost habitatnih tipov omogoča, da makrofiti z različnimi ekološkimi potrebami sobivajo znotraj istega odseka. Po renaturaciji in splošnem izboljšanju okoljskih razmer je ponovna obnova združb makrofitov lahko počasna; v primeru poslabšanja okoljskih razmer (npr. zaradi evtrofikacije), pa lahko preteče veliko časa, da se pojavijo na obremenitev strpne vrste (POTT & REMY 2000). HERING in sod. (2006) izpostavljajo tudi pogosto neenakomerno porazdelitev makrofitov zaradi katere ocenjujejo, da so makrofiti za namene biomonitoring manj primerni.

2 VPLIVI OBREMENITEV NA MAKROFITE

Združbe makrofitov so odvisne od različnih abiotičnih in biotskih dejavnikov (SZOSZKIEWICZ in sod. 2006). Med najpomembnejše abiotične dejavnike štejemo koncentracijo hranil, hitrost toka, hidrološke razmere, nivo vode, substrat, pH in senčenje (O'HARE in sod.

2006, YANG in sod. 2017). Pomembni biotski dejavniki so med-vrstno in znotraj-vrstno tekmovanje, paša, alelopatija, sposobnost širjenja in drugi. Antropogene obremenitve lahko kvalitativno in/ali kvantitativno vplivajo na večino zgoraj naštetih dejavnikov. Prvi za-

pisi o makrofilih v Evropi iz poznega 19. stoletja dajejo sliko vrstno zelo bogate in številčne vodne vegetacije (BAATTRUP-PEDERSEN in sod. 2006). Številne počasi rastoče vrste kot na primer vrste iz rodu dristavcev (*Potamogeton*), so bile takrat zelo pogoste v številnih evropskih nižinskih potokih in rekah (RIIS & SAND-JENSEN 2001), toda zlasti v zadnjih desetletjih je vegetacija doživela velike spremembe (BAATTRUP-PEDERSEN in sod. 2006). Antropogene spremembe hidrološkega režima, strukturne raznolikosti in koncentracije hranil v povezavi s klimatskimi spremembami, so prispevale k splošnem upadu vrstne pestrosti makrofitov in so privedle do homogenizacije združb v številnih rekah po vsem svetu (HATTON-ELLIS in sod. 2003). Spreminjanje hidromorfoloških značilnosti in evtrofikacija je na primer vodila k izginjanju številnih počasi rastočih vrst in na drugi strani porastu številčnosti hitro rastočih vrst z dobrimi zmožnostmi širjenja (CARBIENER in sod. 1990, MESTERS 1995, RIIS & SAND-JENSEN 2001). Te spremembe v združbah makrofitov lahko imajo zaradi njihove ključne vloge znotraj rečnih ekosistemov posledice tudi za ostale organizme (FRANKLIN in sod. 2008). Če želimo ustaviti nadaljnjo degradacijo in podpreti obnovo združb vodnih organizmov, kar je tudi zahteva in cilj Vodne direktive (2000/60/EC), je pomembno, da identificiramo glavne vzroke opaženih sprememb. Za razliko od jezer, za katera je dinamika združb makrofitov dobro raziskana, pa so raziskave rečnih združb makrofitov redke (HILTON in sod. 2006).

Ugotavljanje obremenitev, ki povzročajo spremembe v sestavi in številčnosti združb, je na splošno oteženo kadar obstaja močna povezanost med spremenljivkami obremenitev in naravnih dejavnikov (ALLAN 2004, BEGON in sod. 2006). Prav tako je zaradi hkratnega delovanja več obremenitev s podobnim

vplivom na združbo vpliv posamezne obremenitve težko ugotoviti (ALLAN 2004). Med hkrati delujočimi obremenitvami obstajajo tudi medsebojne interakcije, zaradi katerih lahko imajo njihovi skupni vplivi sinergistične ali antagonistične učinke (FOLT in sod. 1999). Ugotavljanje vplivov posameznih obremenitev na združbe organizmov tako ni dovolj, ugotoviti moramo tudi vplive njihovih različnih kombinacij. Pri tem je potrebno poudariti, da posamezna združba organizmov (npr. makrofiti) ni zadostni pokazatelj kakovosti strukture in delovanja celotnega ekosistema (FLINDERS in sod. 2008), saj se različne združbe organizmov na iste obremenitve in njihove kombinacije različno odzivajo (HEINO 2005, FELD & HERING 2007, URBANIČ 2014). Pri oceni ekološkega stanja moramo tako vedno upoštevati več združb organizmov. Le tako lahko preprečimo, da bi obremenitev, ki v ekosistemu obstaja, ostala neopazena.

Učinki antropogenih obremenitev na združbe makrofitov bodo odvisni od vrste obremenitve, njene frekvence in intenzivnosti ter odpornosti ekosistema na posamezno obremenitev (SAND-JENSEN in sod. 1989, MILNER 1994, UNDERWOOD 1994). Večja kot je frekvenca in intenziteta obremenitve in manjša kot je odpornost ekosistema, večji bo vpliv (MILNER 1994). Pogoste motnje zaradi upravljaljskih aktivnosti bodo vzdrževale združbo na nižjih sukcesijskih ravneh in zmanjšale možnost, da bo sestava makrofitske združbe posledica medvrstnih odnosov (SAND-JENSEN in sod. 1989, BAATTRUP-PEDERSEN & RIIS 1999).

Na združbe makrofitov delujejo številne obremenitve in njihove kombinacije, med katerimi si vsaka zase zasluži pozornost in poglobljen vpogled. Iz praktičnih razlogov se bomo v članku omejili le na pomembnejše med njimi.

3 SPREMEMBE HIDROLOŠKEGA REŽIMA IN HITROSTI TOKA

Hidrološki režim in hitrost toka sta pogosto prepoznavna kot glavna abiotična dejavnika, ki določata značilnosti in dinamiko združb makrofitov v rekah (LARGE & PRACH 1999, MADSEN in sod. 2001). Iz tega razloga jih obravnavamo ločeno od drugih hidromorfoloških obremenitev. Na določenem odseku reke je lahko prisotna le tista vrsta, ki je na dolgi rok zmožna tolerirati celoten razpon pretočnih razmer, ki odsek označujejo (FRANKLIN in sod. 2008). Številčnost in vrstna pestrost makrofitov je praviloma večja v razmerah nizkih do srednjih hitrosti toka ter manjša v razmerah visokih hitrosti (MADSEN in sod. 2001). Hitrost toka ima po-

sreden vpliv na fotosintezo preko vpliva na razpoložljivost raztopljenih snovi.

Raziskave so pokazale, da sta stopnja fotosinteze in stopnja privzema hranil pri rečnih makrofilih pozitivno povezana z nizkimi hitrostmi toka (0 - 0,1 m/s) (MARSHALL & WESTLAKE 1990, MADSEN in sod. 2001). To je posledica dejstva, da je metabolizem pri rastlinah pretežno omejen s hitrostjo prenosa ogljika do površin listov (WESTLAKE 1967). Na odsekih s hitrim tokom postaja združba omejena na specializirane vrste, ki so sposobne kljubovati višjim hitrostim toka (RIIS & BIGGS 2003). Po ugotovitvah CHAMBERS in sod. (1991) so pri hitrostih,

večjih od 1 m/s, makrofiti bolj redko prisotni ali pa v takih razmerah sploh ne uspevajo. Takšne hitrosti namreč povzročajo mehanske poškodbe rastlinskih tkiv ali izruvanje (RIIS & BIGGS 2003). Zaradi ključne vloge hitrosti toka ima spreminjanje pretočnega režima zaradi npr. regulacij ali odvzemov vode velik vpliv na makrofite (PETTS 1984). Pokritost z makrofiti v reguliranih in nereguliranih vodotokih je lahko podobna, a je raznolikost vrst in njihova številčnost večja ter razporejenost

makrofitov po dnu struge bolj heterogena v nereguliranih vodotokih (BAATTRUP-PEDERSEN & RIIS 1999). Makrofiti tudi sami vplivajo na hitrost toka in povzročajo bistveno drugačne razmere v primerjavi z neporaslimi odseki (STEPHAN & WYCHERA 2000, GREEN 2005) (Sl. 3). Združbe makrofitov omejujejo pretok, povečajo globino, zmanjšajo povprečno hitrost toka in spremenijo dinamiko sedimenta (SAND-JENSEN in sod. 1989, GREEN 2006, GURNELL in sod. 2006, WHARTON in sod. 2006).

4 VPLIVI POVEČANIH KONCENTRACIJ HRANIL

Posledica povečanega antropogenega vnosa hranil v rečne ekosisteme je praviloma njihova povečana produktivnost oz. eutrofikacija. Povišane koncentracije hranil, zlasti fosforja in dušika, povečajo primarno produktivnost alg, makrofitov in bakterij (YANG & SYKES 1998). Vendar vpliv ne ostane omejen le na primarne proizvajalce, temveč na organizme vseh trofičnih ravni (WETZEL 2001), tudi bentoške nevretenčarje in ribe. Eutrofikacija lahko ima znatne ekonomske posledice. Prekomerno razraščanje alg (»cvetenje«) ni lepo na pogled in lahko ima negativni učinek na turizem in ceno bližnjih nepremičnin. Prekomerna rast alg v zadrževalnikih lahko bistveno poviša stroške njihovega čiščenja (HILTON in sod. 2006). Pospešena rast ukoreninjenih rastlin lahko poveča možnost poplav, medtem ko z eutrofikacijo povezana izguba ukoreninjenih rastlin in z njimi povezanih združb organizmov pomeni zmanjšanje biodiverzitete v določenem ekosistemu (MAINSTONE & PARR 2002).

Eutrofikacija praviloma povzroči premik v vrstni sestavi združbe in povečanje biomase (HATTON-ELLIS in sod. 2003) ter tako ustvari razmere, ki so posledica vpliva človeka, a ugodnejše za rast številnih makrofitov (BIRK in sod. 2012). Vendar to ni vedno pravilo. V nekaterih primerih povišana koncentracija hranil nima učinka na rast, ali pa je ta zelo majhen (BRIERLEY in sod. 1989, MADSEN & CEDERGREEN 2002). Privede lahko tudi do degradacije ali celo izgube višji rastlin na račun rasti alg (CRANSTON & DARBY 2002, MAINSTONE & PARR 2002).

V nasprotju z eutrofikacijo v jezerih, je naše razumevanje eutrofikacije v rekah zelo omejeno (HILTON in sod. 2006). Ne obstaja vsesplošni model o poteku eutrofikacije v rekah, ki bi lahko zanesljivo napovedal mnoge učinke na makrofite, o katerih poročajo različni avtorji (HILTON & IRONS 1998, WILBY in sod. 2001, FLYNN in sod. 2002). Učinki eutrofikacije so odvisni od zadrževalnega časa, ki tudi uravnava zmožnost privzema hranil s strani vodnih rastlin (HILTON in

sod. 2006). Ukoreninjeni makrofiti imajo sposobnost privzema hranil iz vodnega stolpca in sedimenta (CHAMBERS in sod. 1991, CARR 1998, CLARKE & WHARTON 2001). Po CARIGNAN (1982), lahko v razmerah, ko so prisotne enake koncentracije fosforja v sedimentu in vodnem stolpcu pričakujemo, da bodo vodne rastline preko koreninskega sistema iz sedimenta pridobile le 27 % vsega fosforja. Ta odstotek pa strmo naraste, ko je koncentracija fosforja v sedimentu višja kot v vodnem stolpcu, kar je tudi običajno. Pri 10 x višji koncentraciji fosforja v sedimentu, bodo rastline iz tega vira pridobile do 72 % fosforja in do 100 % pri 100 x višji koncentraciji. V realnih razmerah makrofiti torej večino svojih potreb po fosforju zadovoljijo preko koreninskega sistema iz vode v intersticiju sedimenta. Čeprav so lahko za makrofite nerazpoložljive oblike fosforja v sedimentu s procesi razgradnje pretvorjene v biološko razpoložljive oblike, bo v rekah s kratkim zadrževalnim časom najverjetneje za nastanek večjih količin biorazpoložljivih oblik na voljo premalo časa (HILTON in sod. 2006). V rekah z dolgim zadrževalnim časom je časa za procese razgradnje več, toda nastali biološko razpoložljiv fosfor bo najhitreje sprejel fitoplankton neposredno iz vodnega stolpca, kar bo imelo negativni učinek na rast makrofitov (HAM in sod. 1981, WILBY in sod. 1998, HOUSE in sod. 2001). V rekah s kratkim zadrževalnim časom, kjer fitoplankton nikoli ne doseže velike gostote populacij, bo do negativnega učinka na makrofite prišlo pri precej višjih koncentracijah hranil kot v rekah z dolgim zadrževalnim časom in jezerih (HILTON in sod. 2006).

V primeru globokih, zajezenih rek z dolgim zadrževalnim časom in spodnjih odsekih velikih rek, bo najverjetneje prišlo do premika k prevladi fitoplanktona in učinki eutrofikacije bodo primerljivi s tistimi v jezerih (REYNOLDS in sod. 1998). V rekah s kratkim zadrževalnim časom pa lahko pričakujemo, da bo v procesu vse večje eutrofikacije, opazna sukcesija ma-

profritov od vrst s potopljenimi listi, do vrst, ki imajo liste pretežno v zgornjem delu vodnega stolpca, ter vrst z plavajočimi listi, ki jih končno nasledijo emergentne vrste (HILTON in sod. 2006).

Čeprav so za pojav (hiper) evτροφikacije potrebne povišane koncentracije hranil, je za doseganje maksimalnega ravnega potenciala makrofritov pomembno tudi, da so vsi ostali, za rast potrebni dejavniki v presešku (CARR 1998). Na rečnem odseku, ki je osenčen (v gozdu), ravnati potencial pogosto ne bo dosežen zaradi pomanjkanja svetlobe, zato odsek ne bo kazal znakov

(hiper) evτροφikacije. Iz tega sledi, da pri nizki do srednji produktivnosti, hranila najverjetneje omejujejo rast biomase makrofritov, v bolj produktivnih sistemih pa najverjetneje ne.

V raziskavi BAATTRUP-PEDERSEN in sod. (2015), so ugotovili, da je naraščanje koncentracije anorganskih hranil pozitivno povezana s številčnostjo vrst makrofritov z apikalnim meristemom. Za evropske nižinske reke se je namreč izkazalo, da se številčnost vrst s to značilnostjo povečuje skladno z intenziteto kmetijstva na prispevnem območju.

5 VPLIVI HIDROMORFOLOŠKIH OBREMENITEV

Hidromorfološke (HM) spremembe so se izkazale za vsaj tako pomembno obremenitev evropskih rečnih sistemov, kot jo predstavlja onesnaženje s hranili. V preteklosti je bila večina pozornosti usmerjena na negativne učinke povezane z vnosom hranil, vendar je danes opažen postopen premik in povečana osredotočenost k HM spremembam kot obremenitvam, pomembnim za nedoseganje dobrega ekološkega stanja rek (EEA 2012). Onesnaženje s hranili vpliva na združbe organizmov, a ima zelo malo neposrednih učinkov na druge dejavnike vodotokov (MOSSELMAN in sod. 2015). Posegi v hidromorfologijo vplivajo primarno na HM procese, ki nato kot obremenitev delujejo na združbe organizmov (GARCIA DE JÁLON in sod. 2013). HM obremenitve delujejo torej posredno preko vpliva na hidromorfološke procese (MOSSELMAN in sod. 2015). Ne predstavljajo ene same obremenitve kot velja za evτροφikacijo, ampak gre za različne obremenitve z različnimi posledicami. Za uvedbo učinkovitih ukrepov za izboljšanje stanja rek je pomembno poznavanje in razumevanje vplivov vsake posamezne hidromorfološke obremenitve, kakor tudi vplive njihovih različnih kombinacij na združbe organizmov (MOSSELMAN in sod. 2015).

Kljub temu, da je pomen HM sprememb kot ključnih obremenitev splošno spoznan, je zmožnost ocenjevanja stopnje njihovega vpliva na združbe organizmov še vedno omejena (FELD in sod. 2014). Eden od razlogov je, da velika prostorska in časovna raznolikost, ki označuje habitate vodotokov, otežuje ocenjevanje HM vplivov na ravni, ki so za združbe organizmov relevantni (BAATTRUP-PEDERSEN in sod. 2015). Na ravni odseka se združbe odzovejo na lokalne hidromorfološke značilnosti (npr. interakcijo med tokom in obliko struge), poleg tega pa so združbe organizmov tudi odraz dejavnikov, ki delujejo na višjih prostorskih ravneh in lahko prekrivajo vplive lokalnih dejavnikov na vrstno

sestavo združbe (POFF 1997, KAIL & WOLTER 2013).

Kot alternativa ali dopolnilo k uporabi vrstne sestave združbe pri ugotavljanju vplivov obremenitev, se pogosto uporabljajo tudi funkcionalne značilnosti združbe (BAATTRUP-PEDERSEN in sod. 2015). Funkcionalne značilnosti omogočajo vpogled v mehanizme, ki delujejo v ozadju odzivov na naravne in antropogene spremembe (MORETTI & LEGG 2009). Funkcionalne značilnosti, ki se pogosto uporabljajo za ugotavljanje odzivov makrofritov na okoljske dejavnike, so povezane z življenjsko obliko, obliko in hitrostjo rasti, fotosintezni potmi, morfologijo listov in kemijo (VIOLLE in sod. 2007).

V raziskavi BAATTRUP-PEDERSEN in sod. (2015) so ugotovili, da mnoge heterofilne vrste makrofritov bolje uspevajo v hidromorfološko nespremenjenem okolju. Ugotovili so namreč pozitivno povezavo med pojavom heterofilije in naravno obliko struge (prisotnost naravnih meandrov ali naravno izravnana oblika struge), naravnim prečnim presekom struge in odsotnostjo antropogenega odstranjevanja makrofritov. Istočasno so v raziskavi ugotovili negativno povezavo med pojavom heterofilije in hidromorfološko spremenjenostjo (izravnava struge, kanaliziranje prečnega preseka struge, odstranjevanje makrofritov). Združbe makrofritov, ki so redno izpostavljene heterogenim okoljskim razmeram, kažejo najvišjo stopnjo heterofilije (COOK & JOHNSON 1968). Večji delež heterofilnih vrst v hidromorfološko nespremenjenih odsekih je tako najverjetneje povezan s prisotnostjo raznolikih habitatov v primerjavi z antropogeno spremenjenimi odseki. V naravnih sinusoidnih in meandrirajočih rekah obstaja velika variabilnost v globinah in vrsti substrata (PEDERSEN in sod. 2006), ki se še poveča v poletnih mesecih, ko se hitrost toka upočasni (BAATTRUP-PEDERSEN in sod. 2015). Na zunanjih robovih meandrov tok odnaša sediment, ki se v obdobjih nizkega vodostaja dolvodno nalaga na no-

tranjih robovih meandrov v obliki prodišč, kjer je tok upočasnen. Notranji robovi meandrov so primerni habitat za heterofilne vrste makrofitov, ki v zimskem in spomladnem času v razmerah hitrega toka, povečajo privzem hranil z razvojem potopljenih listov; kasneje, v poletnih mesecih, ko se sediment odlaga, pa te vrste razvijejo plavajoče ali zračne liste (SCULTHORPE 1967).

LORENZ (2015) je v svoji raziskavi lahko v splošnem dobro ločil med vplivi naravnih in antropogenih dejavnikov na funkcionalne značilnosti makrofitov. Med vplivi naravnih dejavnikov je ugotovil prevladujoč vpliv velikosti prispevne površine in naklona. Večjemu naklonu dajejo prednost helofiti in hemikriptofiti, ki se pogosto pojavljajo ob izravnanih strugah brez senčenja. Na morfološko degradiranih odsekih z majhno raznolikostjo tokov in substrata je prevladovala življenjska oblika geofiti. Evtrofikacija, v največji meri posledica spremembe rabe tal, je pokazala podoben vpliv kot HM obremenitve.

Raziskave makrofitov v rekah so praviloma osredotočene na majhne prebrodljive reke zlasti zaradi praktičnih težav, ki se pojavijo pri raziskavah makrofitov v večjih rečnih sistemih (FRANKLIN in sod. 2008). Dimenzije struge, hitrost toka, globina in neprosojnost velikih rek zahtevajo povsem drugačen metodološki pristop, zaradi česar je znanje o ekologiji makrofitov v velikih rekah še vedno omejeno.

Naravne poplavne ravnice so med biotsko najbolj raznolikimi in produktivnimi ekosistemi na svetu (TOCKNER in sod. 2000). V Evropi je velika večina površin poplavnih ravnic izginila zaradi številnih človekovih aktivnosti, kot so izravnavanje struge in gradnja nasipov (TOCKNER & STANFORD 2002). Ta težnja se še vedno nadaljuje in je razlog, da so bolj ali manj naravne, velike reke postale zelo redke (KERUZORE in sod. 2013). Naravne rečne poplavne ravnice predstavljajo mozaik habitatov, ki jih ustvarjajo procesi sedimentacije in lateralne nestabilnosti bregov v povezavi z dinamičnim pretočnim režimom. Omejena hidrološka povezanost zatokov z glavno strugo, ki daje zatokom nekatere lastnosti stoječih voda, igra ključno vlogo pri zagotavljanju zatočišč ter habitatov za razmnoževanje in razvoj juvenilnih osebkov številnih rečnih organizmov (NUNN in sod. 2007, GRZYBKOWSKA in sod. 2017).

Pojavnost in porazdelitev makrofitov na poplavnih ravnicah ima močno lateralno dimenzijo. V raziskavi KERUZORE in sod. (2013) so ugotovili veliko razliko med združbo makrofitov glavne struge in zatokov, ki je posledica specifičnosti okoljskih dejavnikov in njihovih interakcij znotraj omenjenih habitatov. V zatokih je vrstni sestav združbe makrofitov primarno pod vplivom intenzitete hidrološke povezanosti zatokov z glavno strugo in sekundarno od globine, pri

čemer je vrstna pestrost s porastom hidrološke povezanosti oz. intenziteto moten negativno korelirana (KERUZORE in sod. 2013, ROBACH in sod. 1997). KERUZORE in sod. (2013) so ugotovili, da zatoki močno prispevajo k skupni vrstni pestrosti poplavne ravnice in da izguba lateralne povezanosti in od nje odvisnih habitatov zaradi človekovih aktivnosti znatno zmanjša biodiverzitetu v sistemih velikih rek s poplavno ravnico (WARD & TOCKNER 2001). Produktivnost rečnega sistema je v največji meri podprta s strani zatokov (BORNETTE in sod. 1998), kjer je rast rastlinske biomase do 150 X večja kot v glavni strugi (ROBERTSON in sod. 2001, KERUZORE in sod. 2013). V isti raziskavi so na območju poplavne ravnice zatoki skozi celotno rastno sezono proizvedli kar 89 % celotne biomase vodnih rastlin.

Tudi iz tega razloga je koncept rečnega kontinuuma (River Continuum Concept, RCC) neprimeren za velike reke z naravnimi poplavnimi ravnici, saj vrednoti le glavno strugo in zanemara pomen biološke proizvodnje v lateralnih habitatih (THORP in sod. 2006). Raziskave, osredotočene na lateralno povezanost velikih rek, so pokazale, da so lateralni habitat v velikih rekah gonilni element strukturnih in funkcionalnih procesov kot je proizvodnja in kroženje hranil (HEIN in sod. 2003, PREINER in sod. 2007). Lateralna povezanost v povezavi z nizko hitrostjo toka, večjo prosojnostjo vodnega stolpca in vnosi hranil iz glavne struge (PREINER in sod. 2007), ustvarja ugodne razmere za primarno proizvodnjo višjih rastlin. Raziskava KERUZORE in sod. (2013) je pokazala, da makrofiti v glavni strugi predstavljajo le manjši del celotne pestrosti makrofitov, ki je prisotna v rečnem sistemu kot celoti (vključno s habitatom poplavne ravnice). Zlasti slabo zastopani so hidrofiti. Človekove aktivnosti, kot so regulacija pretoka, izsuševanje mokrišč, poljedelstvo, gradbeni posegi in druge, močno poslabšajo interakcije med glavno strugo in drugimi vodnimi habitatom poplavnih ravnic (WARD in sod. 2002, JANAUER in sod. 2008).

Pomemben dejavnik, ki vpliva na združbe makrofitov, je tudi vrsta substrata (BARKO & SMART 1986), pri čemer je pomembna zlasti njegova stabilnost, saj le stabilen substrat omogoča ukoreninjenje (FRANKLIN in sod. 2008). Nekatere vrste substrata so za makrofite na splošno neprimerni. Živa skala je na primer nepropustna za koreninski sistem makrofitov, in tudi prodniki z grobo površino ali glina nudijo le malo možnosti za ukoreninjenje. Pesek je na drugi strani reven s hranili, organski substrati pa so lahko anaerobni in/ali bogati s strupenimi sulfidi, železom, manganom in drugimi elementi in spojinami (DAY in sod. 1988, KEDDY 2000). Na lokalno ravnovesje organskih in anorganskih spojin sedimenta vpliva več dejavnikov, predvsem geomorfologija, raba tal, hidrologija in po-

kritost z vegetacijo, tako na lokalni ravni kot na ravni prispevne površine (LOUGHEED in sod. 2001, LACOUL & FREEDMAN 2006). Na kakovost in dinamiko omenjenih dejavnikov vplivajo številne antropogene obremenitve kot so gradnja jezov, izravnnavanje struge, spreminjanje hidrološkega režima in odvzem substrata. Motnje znotraj prispevnega območja zaradi kmetijstva, gozdarstva, urbanizacije in drugih aktivnosti, lahko povečajo erozijo in povzročijo prekomerno sedimenta-

cijo rečnih habitatov. Spremembe pretočnega režima zaradi gradnje hidroelektrarn lahko povzročajo izpiranje substrata ob povečanju pretoka oziroma nalaganje substrata ob njegovem zmanjšanju. Ker različne vrste makrofitov uspevajo na različnih substratih, tovrstne antropogene spremembe v kakovosti in količini substrata povzročajo premike v vrstni sestavi makrofitov in posledično tudi višjih trofičnih nivojev (LACOUL & FREEDMAN 2006).

6 VPLIVI ODSTRANJEVANJA MAKROFITOV – KOŠNJE

V več raziskavah so ugotavljali vpliv košnje makrofitov na vrstno sestavo združb (BAATTRUP-PEDERSEN & RIIS 1999, BAATTRUP-PEDERSEN in sod. 2003, 2004, PEDERSEN in sod. 2006). V raziskavi BAATTRUP-PEDERSEN in sod. (2015) so na primer ugotovili močno negativno povezavo med odstranjevanjem makrofitov in heterofilijo, kar jasno kaže na prispevek upravljaljskih posegov k homogenizaciji habitatov. Tovrstni upravljaljski posegi imajo praviloma namen znižati vodostaj in vzdrževati kanalizirano obliko prečnega preseka struge z odstranitvijo usedlin bodisi na posreden način preko odstranitve biomase in posledične povečanosti hitrosti toka, ali neposredno s poglobljanjem dna (BAATTRUP-PEDERSEN in sod. 2015). V zgoraj omenjeni raziskavi je bilo ugotovljeno, da košnja v svojem vplivu na makrofite presega evtrofikacijo. Ugotovljena je bila pozitivna povezava med košnjo in abundanco tistih vrst makrofitov, ki prezimijo v obliki podzemnih struktur kot so gomolji in korenike. Upravljaljski posegi, kot je košnja makrofitov, lahko podaljšajo

rastno sezono zaradi povečanja količine svetlobe, ki doseže dno vodotoka (HAM in sod. 1981). Poletna košnja makrofitov lahko poveča poletno biomaso naslednje sezone zaradi povečanja biomase, ki prezimi in iz katere lahko nastopi ponovna rast (BAATTRUP-PEDERSEN in sod. 2015). V skladu s to ugotovitvijo lahko imajo vodotoki v upravljanju tudi večjo pozno poletno biomaso, v primerjavi z neupravljanimi vodotoki, ki doživijo visoko stopnjo naravne osutosti proti koncu rastne sezone.

V odsekih z intenzivno košnjo makrofitov, je bila ugotovljena večja abundanca vrst, ki rastejo iz bazalnega meristema in manjša abundanca teh vrst v odsekih, kjer se košnja ne izvaja; obratno je bilo ugotovljeno za vrste, ki rastejo iz apikalnega meristema (enim in več) (BAATTRUP-PEDERSEN in sod. 2015). Položaj rastnega meristema določa potencial za ponovno rast po košnji; vrste z bazalnim meristemom lahko pričnejo s ponovno rastjo takoj po košnji, medtem ko vrste z apikalnim meristemom nekoliko kasneje.

7 VPLIVI INVAZIVNIH VRST

Zaradi velike ekološke škode, ki jo povzročajo, so tuje invazivne vrste eden najhitreje rastočih okoljskih problemov zadnjega časa (ENSERINK 1999, KOLAR & LODGE 2000, PIMENTEL in sod. 2000, PALUMBI 2001). Invazivni makrofiti so tujerodne vrste, ki v novem okolju vzpostavijo stabilne populacije in se uspešno širijo ter s tem izpodrivajo avtohtone vrste, degradirajo habitate in povzročajo ekonomsko škodo (RICHARDSON in sod. 2000, KERCHER & ZEDLER 2004). Vse populacije tujerodnih vrst makrofitov v novih habitatih ne postanejo dovolj številčne, da bi jih šteli za resno invazivne – v mnogih primerih imajo le malo vpliva na avtohtone vrste (FARNSWORTH & ELLIS 2001, HOULAHAN & FINDLAY 2004). Globalno gledano le majhen

delež tujerodnih vrst postane tudi resno invazivnih (HOULAHAN & FINDLAY 2004). V splošnem je uspeh tujerodnih makrofitov odvisen od prisotnosti relativno nezasedene niše, ki jo lahko izkoriščajo, ali od njihove tekmovalne uspešnosti v prilaščanju virov in strpnosti na obremenitve zlasti tistih, povezanih s kulturno evtrofikacijo (CORBIN & D'ANTONIO 2004). Naravni rastlinojedci ali bolezniki invazivke praviloma ogrožajo le v manjši meri ali sploh ne (MACK in sod. 2000b). Motnje zaradi antropogenih posegov lahko omogočijo invazivnim vrstam uspevanje v relativno zrelih združbah (LUGO 1994, NAGASAKA in sod. 2002). V celinskih vodah Slovenije so do danes poznane tri vrste tujerodnih makrofitov.

SUMMARY

Studying and understand the spatial and temporal patterns in biodiversity is a key issue for environmental protection and conservation biology (MAGURRAN 1988). Currently, a negative tendency of the state of river communities can be observed worldwide, indicating their intensive use and exploitation of their habitats. The diversity and dynamics of natural river-scapes, has been changed in many ways due to intensive land use practices, water abstraction, impoundments and other interventions related to urbanization, transport, logging or agriculture (SAUNDERS in sod. 2002). With the Water Framework Directive an ecosystem approach to the evaluation of aquatic ecosystems was adopted, and the concept of the ecological status was introduced. The ecological status of rivers is also determined based on macrophyte communities as bioindicators (biological quality elements). Knowledge of key processes and factors that control and regulate the dynamics of macrophytes is therefore essential for sustainable management of river ecosystems. Macrophyte communities are subject to various biotic and abiotic factors, which can be qualitatively and/or quantitatively affected by various anthropogenic pressures. Hydrological regime and flow velocity are commonly recognized as the most important abiotic factors determining the characteristics and dynamics of river macrophytes. Their anthropogenic alterations due to regulations or abstractions have therefore a major impact on the structure and functioning of macrophyte communities. Increased anthropogenic inputs of nutrients into river ecosystems generally cause an increase in

their productivity or eutrophication. Elevated concentrations of phosphorus and nitrogen increase primary production of algae, macrophytes and bacteria. These impacts do not remain limited to primary producers only, but affect organisms on all trophic levels. The effects of eutrophication are also dependent on the retention time, which controls the ability of nutrient uptake by aquatic plants. Lately, a focus shift towards hydromorphological alterations as key stressors for not achieving a good ecological status of rivers is becoming evident. Biodiversity of macrophytes is generally encouraged in hydromorphologically diverse sections of rivers, which is associated with the presence of diverse habitat conditions. Anthropogenic pressures often reduce hydromorphological diversity and lead to the homogenization of both habitats and communities. Natural floodplains are among the most biologically diverse and productive ecosystems in the world, but also one of the most threatened by human activities such as construction of dams and levees or channel realignment. Due to the increasing global flow of humans and goods, invasive species are becoming an increasingly urgent problem with their damaging impact on native species, causing ecological and economic damage. For all these reasons, it is important to improve our ability to foresee the responses of river communities to induced changes (WARD & STANFORD 1995). The goal of ecosystem management should be to restore the anthropogenically changed properties of river ecosystems to the desired level of quality, and to protect those properties that still exhibit the desired state.

POVZETEK

Raziskovanje in razumevanje prostorskih in časovnih vzorcev v biodiverziteti je ena osrednjih tem ekologije in varstvene biologije (MAGURRAN 1988). Trenutno je po vsem svetu zaslediti negativno težnjo v stanju združb rečnih organizmov, ki nakazuje na njihovo intenzivno izkoriščanje oziroma na intenzivno izkoriščanje njihovih habitatov. Pestrost naravne in dinamične rečne pokrajine je bila v mnogih primerih spremenjena zaradi intenzivne rabe tal, odvzema vode, zajezitev in številnih drugih posegov v porečje zaradi urbanizacije, transporta, sečnje gozdov in kmetijstva (SAUNDERS in sod. 2002). S sprejetjem Vodne direktive smo prevzeli ekosistemski pristop k vrednotenju vodnih ekosistemov ter koncept ekološkega stanja, ki je usmerjen v zagotavljanje celovite integritete ekosistemov. Ekološko

stanje rek med drugimi določamo tudi na podlagi združb makrofitov kot bioindikatorjev (bioloških elementov kakovosti). Poznavanje ključnih procesov in dejavnikov, ki kontrolirajo in regulirajo dinamiko makrofitov, je zato bistvenega pomena za upravljanje z rečnimi ekosistemi. Združbe makrofitov so odvisne od različnih abiotičnih in biotskih dejavnikov, na katere lahko kvalitativno in/ali kvantitativno vplivajo številne antropogene obremenitve. Hidrološki režim in hitrost toka sta pogosto prepoznana kot glavna abiotična dejavnika, ki določata značilnosti in dinamiko združb makrofitov v rekah. Njuno spreminjanje zaradi npr. regulacij ali odvzemov vode ima zato velik vpliv na zgradbo in delovanje združb makrofitov. Posledica povečanega antropogenega vnosa hranil v rečne ekosisteme je pra-

viloma njihova povečana produktivnost oz. eutrofikacija. Povišane koncentracije hranil, zlasti fosforja in dušika, povečajo primarno produktivnost alg, makrofitov in bakterij. Vendar vpliv ne ostane omejen le na primarne proizvajalce, temveč na organizme vseh trofičnih ravni. Učinki eutrofikacije so odvisni od zadrževalnega časa, ki tudi uravnava zmožnost privzema hranil s strani vodnih rastlin. V zadnjem času se več pozornosti usmerja k hidromorfološkim spremembam kot obremenitvam, pomembnim za nedoseganje dobrega ekološkega stanja rek. Biotska pestrost makrofitov je v splošnem spodbujana v hidromorfološko pestrih odsekih rek, kar je povezano s prisotnostjo raznolikih habitatov. Antropogene obremenitve pogosto zmanjšajo hidromorfološko pestrost in vodijo v homogenizacijo

tako habitatov kot združb. Naravne poplavne ravnice so med biotsko najbolj raznolikimi in produktivnimi ekosistemi na svetu, vendar so tudi eni najbolj ogroženih zaradi številnih človekovih aktivnosti, kot so gradnja jezov in nasipov ter izravnavanje struge. Zaradi vse večje globalne pretočnosti ljudi in materiala pa postajajo vse bolj pereč problem tudi invazivne vrste, ki izpodrivajo avtohtone vrste in povzročajo ekološko in gospodarsko škodo. Zaradi vsega omenjenega je pomembno, da izboljšamo zmožnost napovedi odziva rečnih združb na povzročene spremembe (WARD & STANFORD 1995). Naloga upravljanja ekosistemov pa bi morala biti obnova antropogeno spremenjenih rečnih ekosistemov do zelene ravni kakovosti, oziroma varovanje tistih lastnosti, ki še izkazujejo zeleno stanje.

ZAHVALA

Projekt Mladi raziskovalci (št. raziskovalca: 37414) in Raziskovalni program (št. P1-0212 »Biologija rastlin«) je sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors acknowledge the project (No. of young researcher 37414) and Research core funding (No. P1-0212 »Biology of Plants«), which were financially supported by the Slovenian Research Agency.

LITERATURA – REFERENCES

- ALLAN, J. D., 2004: *Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems*. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics (Palo Alto) 35(1): 257–284. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122>
- AZNAR, J., A. DERVIEUX & P. GRILLAS, 2002: *Association between aquatic vegetation and landscape indicators of human pressure*. Wetlands (Cham) 23(1): 149–160. [http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212\(2003\)023\[0149:ABAVAL\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212(2003)023[0149:ABAVAL]2.0.CO;2)
- BAATTRUP-PEDERSEN, A. & T. RIIS, 1999: *Macrophyte diversity and composition in relation to substratum characteristics in regulated and unregulated Danish streams*. Freshwater Biology (Hoboken) 42(2): 375–385. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.1999.444487.x>
- BAATTRUP-PEDERSEN, A., S. E. LARSEN & T. RIIS, 2003: *Composition and richness of plant communities in small Danish streams – influence of environmental factors and weed cutting*. Hydrobiologia (Berlin) 495: 171–179. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1025442017837>
- BAATTRUP-PEDERSEN, A., N. FRIBERG, M. L. PEDERSEN, J. SKRIVER, B. KRONVANG & S. E. LARSEN, 2004: *Anvendelse af Vandrammedirektivet i danske vandløb. Danmarks Miljøundersøgelser*. Aarhus Universitet. København. (Faglig rapport fra DMU, Vol. 499, pp 145).
- BAATTRUP-PEDERSEN, A., K. SZOSZKIEWICZ, R. NIJBOER, M. O'HARE & T. FERREIRA, 2006: *Macrophyte communities in unimpacted European streams: Variability in assemblage patterns, abundance and diversity*. Hydrobiologia (Berlin) 566(1): 179–196. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-006-0096-1>

- BAATTRUP-PEDERSEN, A., E. GÖTHE & T. RIIS, 2015: *Macrophytes - responses in Denmark. Restoring rivers FOR effective catchment Management*. Deliverable 3.2. Understanding biological responses to degraded hydro-morphology and multiple stresses. www.reformrivers.eu
- BARKO, J. W. & R. M. SMART, 1986: *Sediment-related mechanisms of growth limitation in submersed macrophytes*. Ecology (Hoboken) 67(5): 1328–1340. <http://dx.doi.org/10.2307/1938689>
- BEGON, M., C. R. TOWNSEND & J. L. HARPER, 2006: *Ecology: From individuals to ecosystems*. Oxford.
- BIRK, S., W. BONNE, A. BORJA, S. BRUCET, A. COURRAT & S. POIKANE, 2012: *Three hundred ways to assess Europe's surface waters: An almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive*. Ecological Indicators (Amsterdam) 18: 31–41. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.10.009>
- BORJA, A., S. B. BRICKER, D. M. DAUER, N. T. DEMETRIADIS, J. G. FERREIRA, A. T. FORBES, P. HUTCHINGS, X. JIA, R. KENCHINGTON, J. C. MARQUES & C. ZHU, 2008: *Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide*. Marine Pollution Bulletin (Amsterdam) 56(9): 1519–1537. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.07.005>
- BORNETTE, G., C. AMOROS & N. LAMOUROUX, 1998: *Aquatic plant diversity in riverine wetlands: the role of connectivity*. Freshwater Biology (Hoboken) 39(2): 267–283. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.1998.00273.x>
- BRABEC, K. & K. SZOSZKIEWICZ, 2006: *Macrophytes and diatoms – major results and conclusions from the STAR project*. Hydrobiologia (Berlin) 566: 175–178. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5493-8_12
- BRIERLEY, S. J., D. M. HARPER & P. J. BARHAM, 1989: *Factors affecting the distribution and abundance of aquatic plants in a navigable lowland river; the River Nene, England*. Reg River Res Manage (Chichester) 4(3): 263–274. <http://dx.doi.org/10.1002/rrr.3450040305>
- CARBIENER, R., M. TREMOLIERES, J. L. MERCIER & A. ORTSCHKEIT, 1990: *Aquatic macrophyte communities as bio-indicators of eutrophication in calcareous oligosaprobe stream waters Upper Rhine plain, Alsace*. Vegetatio (Berlin) 86(1): 71–88. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00045135>
- CARIGNAN, R., 1982: *An empirical model to estimate the relative importance of roots in phosphorus uptake by aquatic macrophytes*. Can J Fish Aquat Sci (Ottawa) 39(2): 243–247. <http://dx.doi.org/10.1139/f82-034>
- CARR, G. M., 1998: *Macrophyte growth and sediment phosphorus and nitrogen in a Canadian prairie river*. Freshwater Biology (Oxford) 39(3): 525–536. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.1998.00300.x>
- CHAMBERS, P. A., E. E. PREPAS, H. R. HAMILTON & M. L. BOTHWELL, 1991: *Current Velocity and Its Effect on Aquatic Macrophytes in Flowing Waters*. Ecological Applications (Washington) 1(3): 249–257. <http://dx.doi.org/10.2307/1941754>
- CLARKE, S. J. & G. WHARTON, 2001: *Sediment nutrient characteristics and aquatic macrophytes in lowland English rivers*. Science of the Total Environment (Amsterdam) 266(1–3): 103–112. [http://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00754-3](http://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00754-3)
- COOK, S. A. & M. P. JOHNSON, 1968: *Adaptation to heterogenous environments I. Variation in heterophylly in Ranunculus flammula L.* Evolution (Lawrence) 22(3): 496–516. <http://dx.doi.org/10.2307/2406876>
- CORBIN, J. D. & C. M. D' ANTONIO, 2004: *Competition between native perennial and exotic annual grasses: Implications for a historical invasion*. Ecology (Hoboken) 85(5): 1273–1283. <http://dx.doi.org/10.1890/02-0744>
- CRANSTON, E. & E. J. DARBY, 2002: *Ranunculus in Chalk rivers: phase 2*. Environment Agency. Bristol. (Technical Report, 122 pp.).
- DAY, R. T., P. A. KEDDY, J. MC NEILL & T. CARLETON, 1988: *Fertility and disturbance gradients: a summary model for riverine marsh vegetation*. Ecology (Hoboken) 69(4): 1044–1054. <http://dx.doi.org/10.2307/1941260>
- EEA, 2012: *Water resources in Europe in the context of vulnerability EEA 2012 state of water assessment*. European Environment Agency. Copenhagen. (Report, 96 pp.).
- ENSERINK, M., 1999: *Predicting invasions: biological invaders sweep*. Science (Washington), 285(5435): 1834–1836. <http://dx.doi.org/10.1126/science.285.5435.1834>
- FARNSWORTH, E. J. & D. R. ELLIS, 2001: *Is purple loosestrife (Lythrum salicaria) an invasive threat to freshwater wetlands? Conflicting evidence from several ecological metrics*. Wetlands (Cham) 21(2): 199–209. [http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212\(2001\)021\[0199:IPLLSA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212(2001)021[0199:IPLLSA]2.0.CO;2)
- FELD, C. K. & D. HERING, 2007: *Community structure or function: effects of environmental stress on benthic macro-invertebrates at different spatial scales*. Freshwater Biology (Berlin) 52(7): 1380–1399. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01749.x>
- FELD, C. K., F. DE BELLO & S. DOLEDEC, 2014: *Biodiversity of traits and species both show weak responses to hydro-*

- morphological alteration in lowland river macroinvertebrates*. Freshwater Biology (Berlin) 59(2): 233–248. <http://dx.doi.org/10.1111/fwb.12260>
- FENNESSY, M. S., R. GEHO, B. ELIFRITZ & R. LOPEZ, 1998: *Testing the Floristic Quality Assessment Index as an Indicator of Riparian Wetland Quality, Final Report to US Environmental Protection Agency*. Environmental Protection Agency, Columbus. (Final Report, 133 pp.).
- FLINDERS, C. A., R. J. HORWITZ & T. BELTON, 2008: *Relationship of fish and macroinvertebrate communities in the mid Atlantic uplands: implications for integrated assessments*. Ecological Indicators (Amsterdam) 8(5): 588–598. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.08.004>
- FLYNN, N. J., D. L. SNOOK, A. J. WADE & H. P. JARVIE, 2002: *Macrophyte and periphyton dynamics in a UK Cretaceous chalk stream: the River Kennet, a tributary of the Thames*. Sci Total Environ (Amsterdam) 282–283: 143–157. [http://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00949-4](http://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00949-4)
- FOLT, C., C. CHEN, M. MOORE & J. BURNAFORD, 1999: *Synergism and antagonism among multiple stressors*. Limnology and Oceanography (Hoboken) 44(3): 864–877. http://doi.org/10.4319/lo.1999.44.3_part_2.0864
- FRANKLIN, P., M. DUNBAR & P. WHITEHEAD, 2008: *Flow controls on lowland river macrophytes: A review*. Science of the Total Environment (Amsterdam) 400(1-3): 369–378. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.06.018>
- GARCIA DE JALÓN, D., C. ALONSO, M. GONZÁLEZ DEL TANGO, V. MARTINEZ, A. GURNELL, S. LORENZ, C. WOLTER, M. RINALDI, B. BELLETTI, E. MOSSELMAN, D. HENDRIKS & G. GEERLING, 2013: *REFORM deliverable 1.2 Review on pressure effects on hydromorphological variables and ecologically relevant processes*. www.reformrivers.eu
- GREEN, J. C., 2005: *Comparison of blockage factors in modelling the resistance of channels containing submerged macrophytes*. River Res Appl (Hoboken) 21(6): 671–686. <http://dx.doi.org/10.1002/rra.854>
- GREEN, J. C., 2006: *Effect of macrophyte spatial variability on channel resistance*. Adv Wat Res (Amsterdam) 29(3): 426–438. <http://doi.org/10.1016/j.advwatres.2005.05.010>
- GRZYBKOWSKA, M., L. KUCHARSKI, M. DUKOWSKA, A. M. TAKEDA, J. LIK & J. LESZCZYŃSKA, 2017: *Submersed aquatic macrophytes and associated fauna as an effect of dam operation on a large lowland river*. Ecological engineering (Amsterdam) 99: 256–264. <http://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.023>
- GURNELL, A. M., M. P. VAN OOSTERHOUT, B. DE VLIET & J. M. GOODSON, 2006: *Reach-scale interactions between aquatic plants and physical habitat: River Frome, Dorset*. River Res Appl (Hoboken) 22(6): 667–680. <http://dx.doi.org/10.1002/rra.929>
- HAM, S. F., J. F. WRIGHT & A. D. BERRIE, 1981: *Growth and recession of aquatic macrophytes on an unshaded section of the River Lambourn, England, from 1971 to 1976*. Freshw Biol (Oxford) 11(4): 381–390. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.1981.tb01269.x>
- HATTON-ELLIS, T. W., N. GRIEVE & J. NEWMAN, 2003: *Ecology of watercourses characterised by Ranunculion fluitantis and Callitriche-Batrachion vegetation*. Conserving Natura 2000 rivers ecology series, English Nature (Peterborough) 11: pp. 67. <http://publications.naturalengland.org.uk/publication/81010>
- HEIN, T., C. BARANYI, G. J. HERNDL, W. WANKE & F. SCHIEMER, 2003: *Allochthonous and autochthonous particulate organic matter in floodplains of the River Danube: the importance of hydrological connectivity*. Freshwater Biology (Berlin) 48(2): 220–232. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.00981.x>
- HEINO, J., 2005: *Functional biodiversity of macroinvertebrate assemblages along major ecological gradients of boreal headwater streams*. Freshwater Biology (Berlin) 50(9): 1578–1587. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2005.01418.x>
- HERIG, D., R. K. JOHNSON, S. KRAMM, S. SCHMUTZ, K. SZOSZKIEWICZ & P. F. M. VERDONSCHOT, 2006: *Assessment of European streams with diatoms, macrophytes, macroinvertebrates and fish: a comparative metric-based analysis of organism response to stress*. Freshwater Biol (Berlin) 51(9): 1757–1785. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01610.x>
- HILTON, J. & G. P. IRONS, 1998: *Determining the causes of “apparent eutrophication” effects*. Environment agency R&D. Rotherham. (Technical report P203, 21 pp.).
- HILTON, J., M. O'HARE, M. J. BOWES & J. JONES, 2006: *How green is my river? A new paradigm of eutrophication in rivers*. Science of the Total Environment (Amsterdam) 365(1-3): 66–83. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.02.055>
- HOULAHAN, J. E. & S. C. FINDLAY, 2004: *Effect of invasive plant species on temperate wetland plant diversity*. Conserv Biol (Amsterdam) 18(4): 1132–1138. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00391.x>
- HOUSE, W. A., D. DUPLAT, F. H. DENISON, P. H. HENVILLE, F. H. DAWSON, D. M. COOPER & L. MAY, 2001: *The role of macrophytes in the retention of phosphorus in the River Thame, England*. Chem Ecol (London) 17(4): 271–291. <http://dx.doi.org/10.1080/02757540108035559>

- JANAUER, G. A., E. LANZ, U. SCHMIDT-MUMM, B. SCHMIDT & H. WAIDBACHER, 2008: *Aquatic macrophytes and hydro-electric power station reservoirs in regulated rivers: man-made ecological compensation structures and the "ecological potential"*. *Ecohydrology and Hydrobiology* (Amsterdam) 8(2-4): 149–157. <https://doi.org/10.2478/v10104-009-0011-2>
- KAIL, J. & C. WOLTER, 2013: *Pressures at larger spatial scales strongly influence the ecological status of heavily modified river water bodies in Germany*. *Science of the Total Environment* (Amsterdam) 454-455: 40–50. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.096>
- KEDDY, P. A., 2000: *Wetland Ecology: Principles and Conservation*. Cambridge.
- KERCHER, S. & J. B. ZEDLER, 2004: *Multiple disturbances accelerate invasion of reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) in a mesocosm study*. *Oecologia* (Ithaka) 138(3): 455–464. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-003-1453-7>
- KERUZORÉ, A. A., N. J. WILLBY & D. J. GILVEAR, 2013: *The role of lateral connectivity in the maintenance of macrophyte diversity and production in large rivers*. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* (Hoboken) 23(2): 301–315. <http://dx.doi.org/10.1002/aqc.2288>
- KOLAR, C. S. & D. M. LODGE, 2000: *Freshwater non-indigenous species: interactions with other global changes*. In: Mooney H. A. & R. J. Hobbs (eds.): *Invasive Species in a Changing World*. Edited by Island Press (Washington, DC), pp. 3–30.
- LACOU, P. & B. FREEDMAN, 2006: *Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems*. *Environ Rev* (Ottawa) 14(2): 89–136. <http://dx.doi.org/10.1139/a06-001>
- LARGE, A. R. G. & K. PRACH, 1999: *Plants and water in streams and rivers*. In: Baird A. J. & R. L. Wilby (eds.): *Eco-hydrology: plants and water in terrestrial and aquatic environments*. Routledge (London), pp. 402.
- LORENZ, A., 2015: *Macrophytes - responses in Germany (North Rhine-Westfalia)*. *REstoring rivers FOR effective catchment Management*; Deliverable 3.2. Understanding biological responses to degraded hydromorphology and multiple stresses. www.reformrivers.eu
- LOUGHEED, V. L., B. CROSBIE & P. CHOW-FRASER, 2001: *Primary determinants of macrophyte community structure in 62 marsh across the Great Lakes basin: latitude, land use and water quality effects*. *Can J Fish Aquat Sci* (Ottawa) 58(8): 1603–1612. <http://dx.doi.org/10.1139/cjfas-58-8-1603>
- LUGO, A. E., 1994: *Maintaining an open mind on exotic species*. In: Meffe G. & C. Carroll (eds.): *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Inc. (Sunderland, Mass., USA), pp. 218–220.
- MACK, J. J., M. MICACCHION, L. D. AUGUSTA & G. R. SABLACK, 2000a: *Vegetation indices of biotic integrity (vibi) for wetlands and calibration of the Ohio rapid assessment method for wetlands*. Grant CD95276. Ohio Environmental Protection Agency. Wetlands Unit, Division of Surface Water. Columbus, Ohio. (Final Report to US Environmental Protection Agency, 98 pp.).
- MACK, R. N., D. SIMBERLOFF, W. M. LONSDALE, H. EVANS, M. CLOUT & F. A. BAZZAZ, 2000b: *Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences, and control*. *Ecol Appl* (Washington) 10(3): 689–710. [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[0689:BICEGC\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[0689:BICEGC]2.0.CO;2)
- MADSEN, J. D., P. A. CHAMBERS, W. F. JAMES, E. W. KOCH & D. F. WESTLAKE, 2001: *The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes*. *Hydrobiologia* (Berlin) 444(1): 71–84. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1017520800568>
- MADSEN, T. V. & N. CEDERGREEN, 2002: *Sources of nutrients to rooted submerged macrophytes growing in a nutrient-rich stream*. *Freshwat Biol* (Oxford) 47(2): 283–291. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00802.x>
- MAGURRAN, A. E., 1988: *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton.
- MAINSTONE, C. P. & W. PARR, 2002: *Phosphorus in rivers — ecology and management*. *Sci Total Environ* (Amsterdam) 282–283: 25–47. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00937-8](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00937-8)
- MARSHALL, E. J. P. & D. F. WESTLAKE, 1990: *Water velocities around plants in chalk streams*. *Folia Geobot Phyto-taxon* (Průhonice) 25: 279. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02913028>
- MESTERS, C. M. L., 1995: *Shifts in macrophyte species composition as a result of eutrophication and pollution in Dutch transboundary streams over the past decades*. *Journal of Aquatic Ecosystem Health* (Dordrecht) 4(4): 295–305. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00118010>
- MILNER, A. M., 1994: *System Recovery*. In: Calow P. & G. E. Petts (eds.): *The rivers handbook: Hydrological and Ecological Principles*, vol. 2. Blackwell Science Ltd. (Oxford), pp. 76–97. <http://dx.doi.org/10.1002/9781444313871.ch5>
- MORETTI, M. & C. LEGG, 2009: *Combining plant and animal traits to assess community functional responses to disturbance*. *Ecography* (Hoboken) 32(2): 299–309. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0587.2008.05524.x>

- MOSELMAN, E., N. ANGELOPOULOS, B. BELLETTI, T. BUIJSE, et al., 2015: *REstoring rivers FOR effective catchment Management*; Deliverable 3.2. Understanding biological responses to degraded hydromorphology and multiple stresses. www.reformrivers.eu
- NAGASAKA, M., K. YOSHIZAWA, K. ARIIZUMI & K. HIRABAYASHI, 2002: *Temporal changes and vertical distribution of macrophytes in Lake Kawaguchi*. *Limnology* (Tokyo) 3(2): 107–114. <http://dx.doi.org/10.1007/s102010200012>
- NUNN, A. D., J. P. HARVEY & I. G. COWX, 2007: *Benefits to 0+ fishes of connectivity man-made waterbodies to the lower River Trent, England*. *River Research and Applications* (Hoboken) 23(4): 361–376. <http://dx.doi.org/10.1002/rra.993>
- O'HARE, M. T., A. BAATTRUP-PEDERSEN, R. NIJBOER, K. SZOSZKIEWICZ & T. FERREIRA, 2006: *Macrophyte communities of European streams with altered physical habitat*. *Hydrobiologia* (Berlin) 566(1): 197–210. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-006-0095-2>
- PALUMBI, S. R., 2001: *Humans as the world's greatest evolutionary force*. *Science* (Washington) 293(5536): 1786–1790. <http://dx.doi.org/10.1126/science.293.5536.1786>
- PEDERSEN, T. C. M., A. BAATTRUP-PEDERSEN & T. V. MADSEN, 2006: *Effects of stream restoration and management on plant communities in lowland streams*. *Freshwater Biology* (Frederiksberg) 51(1): 161–179. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2005.01467.x>
- PETTS, G. E., 1984: *The quality of reservoir releases*. In: Petts, G. E. (ed.): *Impounded Rivers: Perspectives for Ecological Management*. John Wiley & Sons. (Chichester), pp. 54–83.
- PIMENTEL, D., L. LACH, R. ZUNIGA & D. MORRISON, 2000: *Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States*. *BioScience* (Oxford) 50(1): 53–64. [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0053:EAECN\]2.3.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0053:EAECN]2.3.CO;2)
- POFF, N. L., 1997: *Landscape filters and species traits: Towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology*. *Journal of the North American Benthological Society* (Chicago) 16(2): 391–409. <http://dx.doi.org/10.2307/1468026>
- POTT, R. & D. REMY, 2000: *Gewasser des Binnenlandes*. Stuttgart.
- PREINER, S., I. DROZDOWSKI, M. SCHAGERL, F. SCHIEMER & T. HEIN, 2007: *The significance of side-arm connectivity for carbon dynamics of the River Danube, Austria*. *Freshwater Biology* (Berlin) 53(2): 238–252. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01888.x>
- REYNOLDS, C. S., A. E. IRISH & J. A. ELLIOTT, 1998: *The use of PROTECH-C to simulate phytoplankton behaviour in reservoirs and rivers: application to the potamoplankton of the River Thames*. Contract Report – Thames Water 1998. Reading.
- RICHARDSON, D. M., P. PYSEK, M. REJMANEK, M. G. BARBOUR, F. D. PANETTA & C. J. WEST, 2000: *Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions*. *Divers Distrib* (Hoboken) 6(2): 93–107. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>
- RIIS, T. & K. SAND-JENSEN, 2001: *Historical changes of species composition and richness accompanying disturbance and eutrophication of lowland streams over 100 years*. *Freshwater Biology* (Hoboken) 46(2): 269–280. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2001.00656.x>
- RIIS, T. & B. J. F. BIGGS, 2003: *Hydrologic and hydraulic control of macrophyte establishment and performance in streams*. *Limnol Oceanogr* (Hoboken) 48(4): 1488–1497. <http://dx.doi.org/10.4319/lo.2003.48.4.1488>
- ROBACH, F., I. EGLIN & M. TREMOLIERES, 1997: *Species richness of aquatic macrophytes in former channels connected to a river: a comparison between two fluvial hydrosystems differing in their regime and regulation*. *Global Ecology and Biogeography Letters* (Hoboken) 6(3/4): 267–274. <http://dx.doi.org/10.2307/2997740>
- ROBERTSON, A. I., P. BACON & G. HEAGNEY, 2001: *The responses of floodplain primary production to flood frequency and timing*. *Journal of Applied Ecology* (London) 38(1): 126–136. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00568.x>
- SAND-JENSEN, K., E. JEPPESEN, K. NIELSEN, L. VAN DER BIJL, L. HJERMIND, L. W. NIELSEN & T. M. IVERSEN, 1989: *Growth of macrophytes and ecosystem consequences in a lowland Danish stream*. *Freshwater Biology* (Frederiksberg) 22(1): 15–32. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.1989.tb01080.x>
- SAUNDERS, D. L., J. J. MEEUWIG & A. C. J. VINCENT, 2002: *Freshwater protected areas: strategies for conservation*. *Conservation Biology* (Amsterdam) 16(1): 30–41. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.99562.x>
- SCULTHORPE, C. D., 1967: *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. London.
- STEPHAN, U. & U. WYCHERA, 2000: *Analysis of flow velocity fluctuations in different macrophyte banks in a natural open channel*. In: Leclerc M., H. Capra, S. Valentin, A. Boudreault & Y. Cote (eds.): *2nd IAHR symposium on habitats hydraulics, ecohydraulics*. Quebec.

- SZOSZKIEWICZ, K., T. FERREIRA, T. KORTE, A. BAATTRUP-PEDERSEN, J. DAVY-BOWKE & M. O'HARE, 2006: *European river plant communities: The importance of organic pollution and the usefulness of existing macrophyte metrics*. Hydrobiologia (Berlin) 566(1): 211-234. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-006-0094-3>
- THORP, J. H., M. C. THOMS & M. D. DELONG, 2006: *The riverine ecosystem synthesis: biocomplexity in river networks across space and time*. River research and applications (Hoboken) 22(2): 123-147. <http://dx.doi.org/10.1002/rra.901>
- TOCKNER, K., F. MALARD & J. V. WARD, 2000: *An extension of the flood pulse concept*. Hydrological Processes (Hoboken) 14(16-17): 2861-2883. [http://dx.doi.org/10.1002/1099-1085\(200011/12\)14:16/17<2861::AID-HYP124>3.0.CO;2-F](http://dx.doi.org/10.1002/1099-1085(200011/12)14:16/17<2861::AID-HYP124>3.0.CO;2-F)
- TOCKNER, K. & J. A. STANFORD, 2002: *Riverine flood plains: present state and future trends*. Environmental Conservation (Oxford) 29: 308-330.
- TREMP, H. & A. KOHLER, 1995: *The usefulness of macrophyte monitoring-systems, exemplified on eutrophication and acidification of running waters*. Acta Botanica Gallica (Paris) 142: 541-550. <http://dx.doi.org/10.1080/12538078.1995.10515277>
- UNDERWOOD, A. J., 1994: *Spatial and temporal problems with monitoring*. In: Calow P. & G. E. Petts (eds.): *The rivers handbook: Hydrological and Ecological Principles, Volume Two* Blackwell Scientific. (Oxford), pp. 101-123. <http://dx.doi.org/10.1002/9781444313871.ch6>
- URBANIČ, G., 2014: *Hydromorphological degradation impact on benthic invertebrates in large rivers in Slovenia*. Hydrobiologia (Berlin) 729(1): 191-207. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-012-1430-4>
- VEIT, U., K. PENKSZA & A. KOHLER, 2003: *Beurteilung von Fließgewässern am Beispiel einer Langzeituntersuchung der Makrophyten-Vegetation in der Friedberger Au (bei Augsburg)*. Deutsche Gesellschaft für Limnologie Tagungsbericht 2002. (Braunschweig), pp. 263-268.
- VIOLLE, C., M.-L. NAVAS, D. VILE, E. KAZAKOU, C. FORTUNEL, I. HUMMEL & E. GARNIER, 2007: *Let the concept of trait be functional!* Oikos (Copenhagen) 116(5): 882-892. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x>
- VODNA DIREKTIVA, 2000: Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2000. Bruselj, 72 str., 11 prilog
- WARD, J. V. & J. A. STANFORD, 1995: *The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers*. Regulated Rivers Research and Management (Chichester) 10(2-4): 159-168. <http://dx.doi.org/10.1002/rrr.3450100211>
- WARD, J. V. & K. TOCKNER, 2001: *Biodiversity: towards a unifying theme for river ecology*. Freshwater Biology (Hoboken) 46(6): 807-819. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2001.00713.x>
- WARD, J. V., K. TOCKNER, D. B. ARSCOTT & C. CLARET, 2002: *Riverine landscape diversity*. Freshwater Biology (Hoboken) 47(4): 517-539. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00893.x>
- WERLE, W., 1982: *Eignung von submersen Makrophyten als Bioindikatoren in Fließgewässern*. Mitteilungen der Pollichia (Neustadt) 70: 125-168.
- WESTLAKE, D. F., 1967: *Some effects of low-velocity currents on the metabolism of aquatic macrophytes*. J Exp Bot (Oxford) 18(2): 187-205. <https://doi.org/10.1093/jxb/18.2.187>
- WETZEL, R. G., 2001: *Limnology: lake and river ecosystems*. 3. izdaja. Cambridge.
- WHARTON, G., J. A. COTTON, R. S. WOTTON, J. A. B. BASS, C. M. HEPPELL, M. TRIMMER, I. A. SANDERS & L. L. WARREN, 2006: *Macrophytes and suspension-feeding invertebrates modify flows and fine sediments in the Frome and Piddle catchments, Dorset (UK)*. J Hydrol (Amsterdam) 330(1-2): 171-184. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.04.034>
- WIEGLEB, G., 1988: *Analysis of flora and vegetation in rivers: concepts and applications*. In: Symoens, J. (ed.): *Vegetation of Inland Waters. Handbook of Vegetation Science 15*. Kluwer Academic Publishers. (Dordrecht), pp. 311-340.
- WILBY, R. L., L. E. CRANSTON & E. J. DARBY, 1998: *Factors governing macrophyte status in Hampshire chalk streams: implications for catchment management*. Water and Environment Journal (Hoboken) 12(3):179-187. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1747-6593.1998.tb00170.x>
- WILBY, N. J., J. R. PYGOTT & J. W. EATON, 2001: *Inter-relationships between standing crop, biodiversity and trait attributes of hydrophytic vegetation in artificial waterways*. Freshw Biol (Hoboken) 46(7): 883-902. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2001.00722.x>
- YANG, M. D. & R. M. SYKES, 1998: *Trophic-dynamic modelling in a shallow eutrophic river ecosystem*. Ecological Modelling (Amsterdam) 105(2-3): 129-139. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(97\)00076-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(97)00076-8)

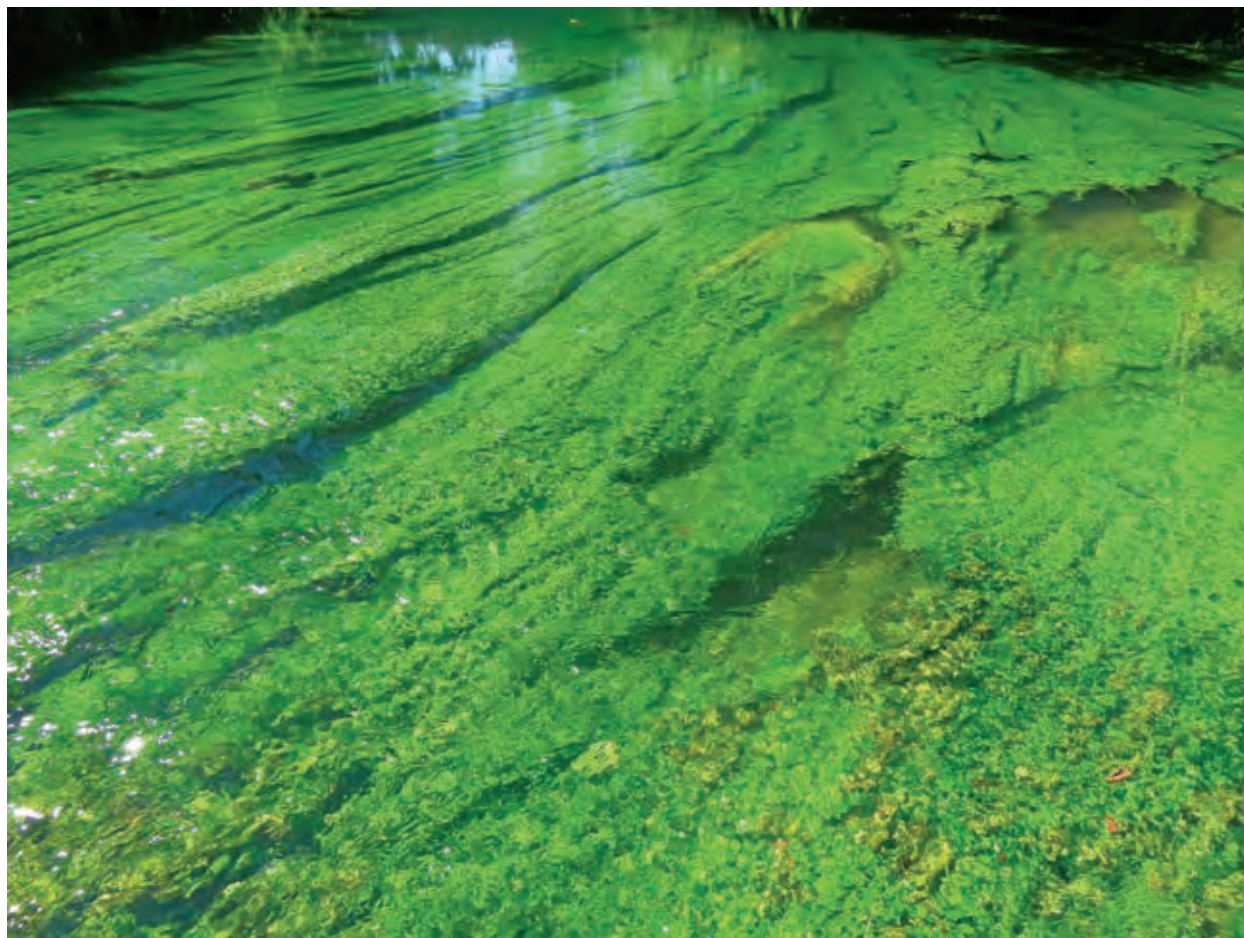
YANG, N., Y. ZHANG & K. DUAN, 2017. *Effect of Hydrologic Alteration on the Community Succession of Macrophytes at Xiangyang Site, Hanjiang River, China*. Scientifica (London) 2017: 1-10. <https://doi.org/10.1155/2017/4083696>



Slika 1: Stojnci, mrtvica v Sigetu.
Figure 1: Stojnci, oxbow lake in Siget.



Slika 2: *Sparganium* sp., Rinža, Kočevje.
Figure 2: Bur-reed, Rinža, Kočevje.



Slika 3: Žabji las (*Callitriche*), potok Prečna, kraj Prečna.

Figure 3: Water-starwort (*Callitriche*), stream Prečna, location Prečna.

RAZISKAVA CEMPRINA (*PINUS CEMBRA* L.) NA ROBNEM VZHODNEM OBMOČJU ALP V SLOVENIJI

RESEARCH ON THE SWISS STONE PINE (*PINUS CEMBRA* L.) ON THE EASTERNMOST EDGE OF THE ALPS IN SLOVENIA

Uroš MAROLT¹, Gregor BOŽIČ², Andreja FERREIRA³, Gorazd MLINŠEK⁴ & Robert BRUS⁵

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0029>

IZVLEČEK

**Raziskava cemprina (*Pinus cembra* L.) na robnem
vzhodnem območju Alp v Sloveniji**

Raziskali smo edini znani domnevno avtohtoni nahajališči cemprina (*Pinus cembra* L.) v Sloveniji: pod Krnesom in pri Beli peči, obe v pogorju Smrekovca. Z napravo GPS smo določili lokacije osebkov cemprina, jih premerili, določili razdaljo do najbližjega sosednjega cemprina, ocenili zdravstveno stanje, z metodo izvrtkov določili starost dveh osebkov in zabeležili znake pomlajevanja. Nahajališči cemprinov v pogorju Smrekovca smo prikazali na geološki in pedološki karti, lokacije posameznih cemprinov pa na ortofoto posnetkih. Pod Krnesom smo zabeležili 12 cemprinov, pri Beli peči 4. Cemprini pri Beli peči so v povprečju višji in debelejši, verjetno tudi starejši. Starost dveh vzorčenih cemprinov pod Krnesom ocenjujemo na 76 in 91 let. Povprečni debelinski prirastek pri vzorčenem cemprinu na gozdnem robu je 1,97 mm/leto, pri osebkju v sestoju pa 1,25 mm/leto. Pod Krnesom smo našli osebek mladja in na dveh osebkjih opazili storže. Lahko gre za marginalno populacijo cemprina na njegovem robnem rastišču na skrajnem vzhodnem območju Alp v Sloveniji. Najpomembnejši argument proti samoniklosti je razporeditev 9 osebkov pod Krnesom ob deželni meji in frati. Zapisov o saditvi ni. Cemprini v pogorju Smrekovca naj tudi v prihodnje obdržijo status dendrološke naravne vrednote.

ABSTRACT

**Research on the Swiss stone pine (*Pinus cembra* L.) on the
easternmost edge of the Alps in Slovenia**

This research studied the only two sites where the Swiss stone pine (*Pinus cembra* L.) is considered to be native to Slovenia: one below Mount Krnes and one near Mount Bela Peč, both of which form part of the Smrekovec massif. The exact locations of individual trees were determined using a GPS device. The trees were measured and inspected in terms of health, and distances were calculated between the closest neighbouring trees. In addition, the age of two individuals was determined by increment boring and there were signs of rejuvenation. The two sites in the Smrekovec massif are indicated on bedrock and soil maps while the locations of individual Swiss stone pines are presented on orthophoto images. A total of 12 Swiss stone pines were found to grow below Mount Krnes and another 4 near Mount Bela Peč. The latter group of stone pines have greater mean diameters and heights and are probably older than the Krnes group of stone pines. The estimated ages of two trees from below Mount Krnes are 76 and 91 years. The individual growing on the edge of the forest has a mean annual increment of 1.97 mm, while the other one growing inside the forest has a mean annual increment of 1.25 mm. A Swiss stone pine seedling was found below Mount Krnes and cones could be observed on two individuals. The two sites are potentially home to marginal populations of the Swiss stone pine on the edge of its

¹ Univ. dipl. inž. gozd., OŠ Danile Kumar, Gogalova ulica 15, SI-1113 Ljubljana, nadrealisticnipredal@gmail.com

² Dr., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno fiziologijo in genetiko, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, gregor.bozic@gozdis.si

³ Dr., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, andreja.ferreira@gozdis.si

⁴ Univ. dipl. inž. gozd., Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Slovenj Gradec, Vorančev trg 1, SI-2380 Slovenj Gradec, gorazd.mlinsek@zgs.si

⁵ Prof. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana, robert.brus@bf.uni-lj.si

Ključne besede: cemprin, *Pinus cembra* L., avtohtonost, ohranjanje genskega sklada, redka vrsta, marginalna populacija, Smrekovec, Slovenija, Alpe

natural range in the easternmost part of the Alps in Slovenia. The most prominent argument against nativity is the distribution of the 9 individuals below Mount Krnes – it follows a regional border and the edge of a grassland. No planting records exist. The Swiss stone pines of the Smrekovec massif must retain their status as a dendrological site of natural interest.

Key words: Swiss stone pine, *Pinus cembra* L., autochthony, gene pool conservation, rare species, marginal population, Smrekovec, Slovenia, Alps

1 UVOD

Slovenija je ena najbolj gozdnatih držav v Evropi. Zaradi razgibanosti reliefa in klimatskih značilnosti se na majhnem prostoru srečujejo številne rastlinske vrste. Med drevesnimi vrstami jih 71 velja za avtohtone slovenske vrste (BRUS 2012). Mednje pogosto štejemo tudi cemprin (*Pinus cembra* L.). Med samoniklimi slovenskimi bori imajo rdeči bor (*Pinus sylvestris* L.), črni bor (*Pinus nigra* Arnold) in rušje (*Pinus mugo* Turra) na kratkem poganjku po dve iglici, cemprin jih ima po pet.

Cemprin je visokogorska drevesna vrsta, ki se v naravi razmnožuje izključno s semeni. V naravnih sestojevih spolno dozori med 40. in 60. letom, cvetenje in semenenje se pojavita vsake dve do tri leta. Možna je samooprašitev (ULBER, GUGERLI & BOŽIČ 2004). Semena dozorijo leto po opraitvi. Semena so do 1,2 cm velika, brez krilca in užitna, podobna pinjolam (KOTAR & BRUS 1999). Storži cemprina so jajčasti in stojijo pokončno na vejici. Storži zorijo tri leta in se ne odprejo na drevesu, temveč odpadejo in razpadejo na tleh. Iz zaprtih storžev jih rade luščijo ptice in druge živali (glodalci). Za 7 borov, med njimi tudi za cemprin, so dokazane mutualistične povezave med drevesom in ptico (*Nucifraga caryocatactes* v Evropi ter *Nucifraga columbiana* v S. Ameriki). Jeseni ptice poberejo zrelo in s hranili bogato seme in ga zakopljejo nekaj centimetrov pod zemljo, pogosteje na strmih južnih pobočjih. *N. caryocatactes* vsako leto shrani do 25000 semen (ULBER, GUGERLI & BOŽIČ 2004).

Cemprin je naravno razširjen v Alpah (Avstrija, Italija, Francija, Slovenija, Švica) in na Karpatih (Slovaška, Poljska, Romunija, Ukrajina) (CAUDULLO, WELK & SAN-MIGUEL-AYANZ 2017). To je na območjih, kjer prevladuje bolj ali manj izrazito celinsko podnebje (WRABER 1990). Genetske raziskave (GUGERLI, RÜEGG & VENDRAMIN 2009) nakazujejo, da cemprini v Alpah izvirajo iz refugija v jugovzhodnih Alpah. V holocenu, pred 7200 leti, se je cemprin pojavljal v gozdnih združbah z javorjem (*Acer* sp.), sivo jelšo (*Alnus incana* L.) in

brezo (*Betula* sp.). Razširjen je bil tudi v pasu 300–500 m nad današnjo zgornjo mejo in na območjih, kjer je danes redek (GENRIES s sodelavci 2009).

V preteklosti je bil cemprin mnogo bolj razširjen tudi v Sloveniji (MAROLT s sodelavci 2016). Kvartarolog Srečko Brodar je v Potočki zijalki ob vznožju Olševe na kurišču mladokamenodobnih lovcev odkril ostanke oglja, ki domnevno veljajo za cemprinove (WRABER 1990). Ostanke cemprina so našli na kurišču v Ovčji jami, cemprinovi so verjetno tudi ostanke oglja v jami Divje babe (CULIBERG 2004, 2007). Plasti, v katerih so jih našli, so iz zadnje, würmske ledene dobe. Razširjenost cemprina v tem času in vse do poledenodobnega obdobja potrjujejo tudi najdbe cemprinovega peloda v poznawürmskih usedlinah na Zadnjih travnikih pod Olševo (KRAL 1979, ŠERCELJ 1996). Danes obstoječe populacije cemprina v Evropi veljajo za ostanke predledenodobnih.

V Alpah in na Karpatih je pogosto razširjen v obliki majhnih populacij, na rastiščih z bolj kislimi tlemi (ULBER, GUGERLI & BOŽIČ 2004). Takšnih rastišč je v slovenskem visokogorju, kjer prevladuje karbonatna matična podlaga, zelo malo. Majhni skupini cempri- nov najdemo le še v alpskem svetu pri Beli peči ter pod vrhom Krnesa v pogorju Smrekovca (KOTAR & BRUS 1999, ZUPANČIČ s sodelavci 2011, BRUS, 2012, MAROLT s sodelavci 2016). Opisi sestojev v Gospodarskem načrtu ... (1962), ki predstavljajo rezultate prve polne premerbe sestojev družbenih gozdov Črna - Smrekovec, cempri- nov pod Krnesom ne omenjajo, medtem ko so za območje pri Beli peči zabeleženi bori z lesno zalogo 6 m³. Domnevamo, da gre za cempri- ne, saj tam drugih borov na terenu nismo opazili. Obe rastišči sta ovrednoteni kot zelo pomembni, predvsem zaradi možne avtohtonosti cempri- nov v gozdnem okolju (Naravovarstvene smernice ..., 2001). Cemprini na obeh nahajališčih so opredeljeni kot dendrološka naravna vrednota s predlogom za zavarovanje kot dendrološki naravni spomenik.

O cemprinu v Sloveniji ni pomembnih raziskav, prav tako ni podatkov o morebitni avtohtonosti (MAROLT 2015). Namen naše raziskave je podrobneje proučiti pojavljanje in stanje cemprinov na njihovih nahajališčih v pogorju Smrekovca, ki edini veljata za domnevno avtohtoni v Sloveniji, ter s pomočjo poznavanja

nja stanja in presoje vzrokov zanj opredeliti možnosti za samoniklost pojavljanja te drevesne vrste v Sloveniji. Ker ima ohranjanje vrstne pestrosti v sodobnem gozdarstvu izjemen pomen, smo v prispevku podali tudi usmeritve in ukrepe za ohranitev populacije cemprina na Smrekovcu.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Opis raziskovalnih objektov

Raziskovalna objekta sta nahajališči cemprina v pogorju Smrekovca: pod Krnesom in pri Beli peči. V literaturi ju zasledimo tudi kot nahajališči na pobočjih Končnikovega oz. Presečnikovega vrha (ZUPANČIČ s sodelavci 2011). V raziskavi uporabljamo izraza pod Krnesom in pri Beli peči, saj se nam zdi prostorsko ustrežnejše in geografsko bolj prepoznavno. Obe nahajališči sta del gozdnogospodarskega območja (v nadaljevanju GGO) Slovenj Gradec, v gozdnogospodarski enoti (v nadaljevanju GGE) Črna - Smrekovec.

Pogorje Smrekovca je najvzhodnejši del masiva Kamniško-Savinjskih Alp. Greben poteka v smeri vzhod-zahod in najvišjo točko dosega z vrhom Komen (1684 m)

zahodno od Krnesa (Gozdnogospodarski načrt ..., 2011). V enoti prevladuje silikatna matična podlaga, na kateri so se razvila distrična rjava tla (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012). GGE ima visokogorski značaj z močnim antropogenim vplivom v preteklosti, ki se kaže v spremenjeni drevesni sestavi. Večina gozdov ima poudarjeno varovalno vlogo. To so enomerni do raznodobni sestoji s prevladujočo smreko in bukvijo v nižjih in vlažnejših legah. V višjih legah se pojavljajo smreka, rdeči bor, rušje in evropski macesen. Glavna problema območja sta zasmrečenost in zatravljenost preredčenih sestojev (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012). Po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije (Pregledovalnik ..., 2014) velja sestoj pri Beli peči za ohranjenega, medtem ko je sestoj pod Krnesom opisan kot spremenjen.

Preglednica 1: Osnovni podatki o raziskovalnih objektih (Pregledovalnik ..., 2014)

Table 1: Basic data about the objects studied (Pregledovalnik ..., 2014)

Raziskovalni objekt	Odsek	Nadm. višina (m)	Nagib (%)	Lega	Površina sestoja (ha)	Lesna zaloga (m ³ /ha)
Pod Krnesom	08255B	1510–1545	20	S, greben	1,35	270
Pri Beli peči	08171B	1360–1518	25	SZ, pobočje	14,87	384

Združbi na obeh raziskovalnih objektih sta v gozdnogospodarskih načrtih (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012) opredeljeni kot smrekovje z gozdno bekico (*Luzulo sylvaticae-Piceetum*). Zupančič (2015) pojasnjuje, da je smrekovje z gozdno bekico na Smrekovcu primarna združba, saj je na silikatni matični podlagi in na nadmorski višini 1500 m smreka konkurenčnejša od bukve, ki sicer v Sloveniji gradi gozdno mejo na karbonatnih tleh.

2.2 Metode

V analizo smo zajeli število cemprinov in mere dreves (debelinska in višinska struktura obeh znanih skupin) na obeh nahajališčih, značilnosti sestojev, v katerih cemprin uspeva, njegovo zdravstveno stanje in prisotnost dejavnikov ogrožanja, starost cemprinov ter pri-

sotnost znakov morebitne naravne obnove in pomlajevanja cemprina.

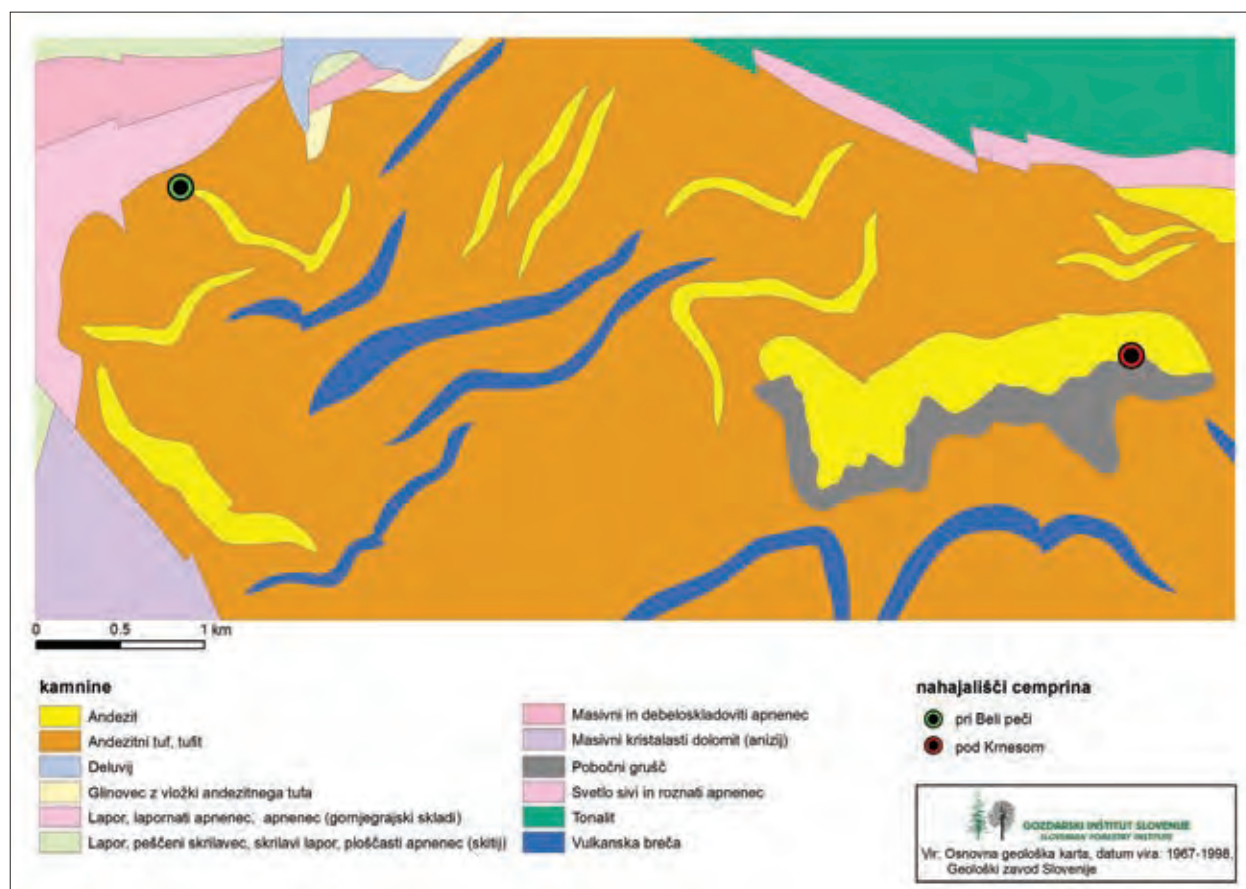
Nahajališča in koordinate posameznih dreves cemprina pod Krnesom in pri Beli peči smo določili z napravo Garmin GPS map 60 CSx. Natančnost zajema koordinat je znašala ± 6 m. Kartografske prikaze smo uredili tako, da so med seboj primerljivi, natančnost prikaza je odvisna od izvirnega merila posamezne karte. Vse karte smo izdelali s programom ArcMap 10.3. Uporabili smo koordinatni sistem D48 TM. Z merilnim trakom smo v začetku julija 2014 izmerili obseg cemprinov v prsni višini na centimeter natančno. Pri večdebelnih drevesih smo izmerili vsako deblo posebej na višini 1,3 m in zabeležili njihovo število. Obsege smo pretvorili v prsne premere, ki jih uporabljamo pri ponazoritvi rezultatov. Višine dreves smo merili z višinomerom Suunto 15/20 in merilnim trakom (25 m). Z merilnim trakom (25 m) smo izmerili

razdalje med najbližjima sosednjima cemprinoma na 0,5 m natančno. Pri večjih razdaljah smo razdaljo ugotovili z metodo parnih korakov.

Beležili smo poškodbe zaradi abiotičnih dejavnikov: polomljenost vrhov, večvrhatost, prevrnjenost dreves. Poškodovanima osebkom pod Krnesom, ki ju je na gozdnem robu in v sestoji (od septembra 2013 do julija 2014) poškodoval moker sneg in/ali žled, smo konec novembra 2014 za oceno starosti odvzeli 4 izvrtke premera 5 mm. Vrtali smo s prirastnim svedrom Suunto 40 cm, in sicer na višinah 0,2 m, 0,3 m in dvakrat 1,3 m od tal. Izmerili smo premere na višinah izvrtkov, ocenili socialni položaj vzorčenih dreves po Kraftu od 1 do 5 (RÖHRIG 1990) ter zdravstveno stanje in utesnjenost krošnje po Assmanu od 1 do 5 (KOTAR 2005). Izvrtke smo v laboratoriju zalepili v lesene no-

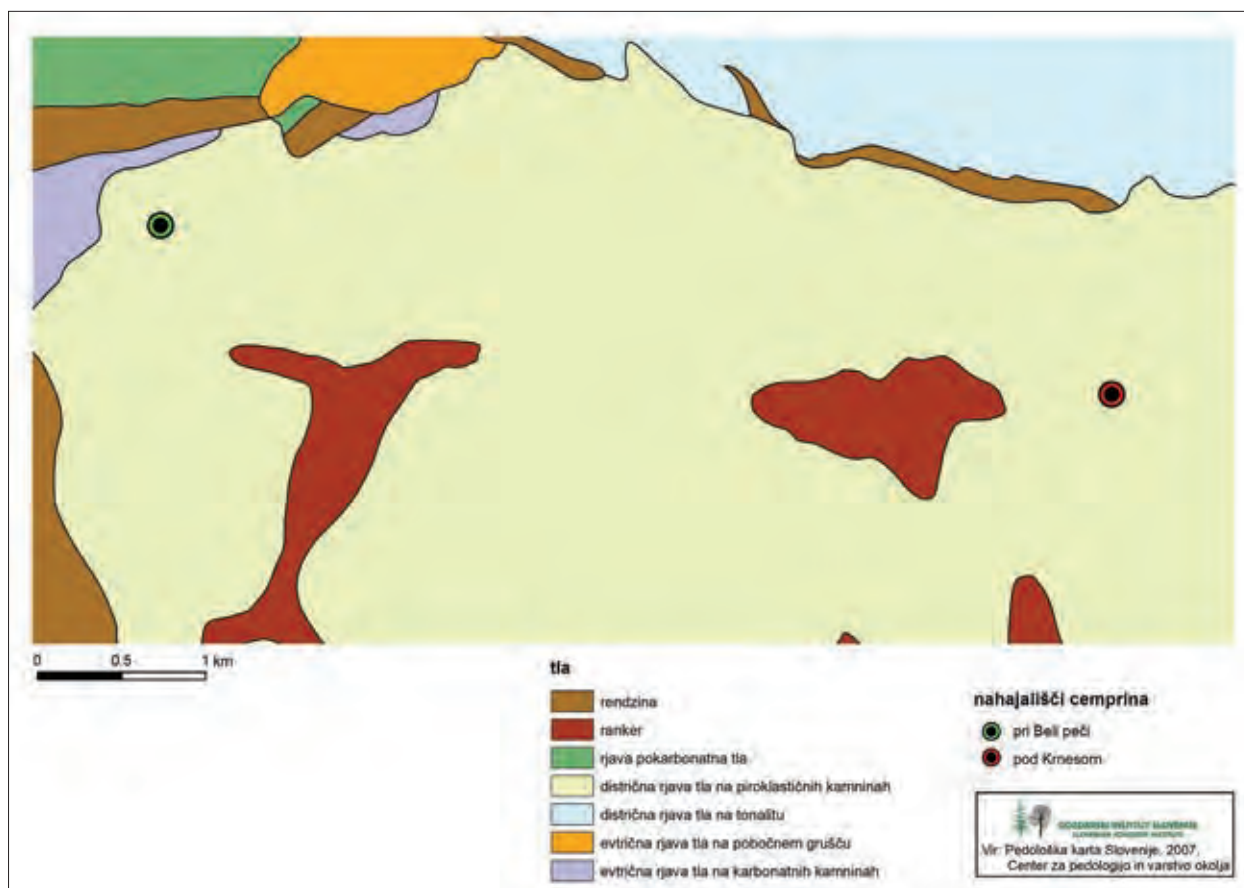
silce, posušili do zračne suhosti in pobrusili. Meritve smo opravili na dendrokronološki mizici pod lupo Olympus SZ-CTV (SZ 60) z natančnostjo 1/100 mm. Pri dveh poškodovanih osebkih smo v mesecu novembru 2014 preverili znake prisotnosti sekundarnih parazitov.

Zabeležili smo, katera drevesa imajo storže, in ocenili število storžev s preštevanjem s tal. Tla v sestojih, večinoma gosto zaraščena, smo natančno preiskali, da bi preverili morebitno prisotnost pomladka cemprina. Najdeni osebki pomladka smo izmerili in zabeležili razdaljo do najbližjega odraslega osebka cemprina. Zabeležili smo prisotnost nekaterih rastlinskih vrst z določanjem na terenu ali z nabiranjem primerkov, ki so jih določili sodelavci Oddelka za gozdno ekologijo Gozdarskega inštituta Slovenije.



Slika 1: Nahajališči cemprina v pogorju Smrekovca glede na kamnine (Osnovna geološka ..., 1967–1998). Pod Krnesom smo vzorce kamnin določili za andezit in andezitni tuf (Zupančič, N., 2015)

Figure 1: Swiss stone pine sites in the Smrekovec massif regarding bedrock (Osnovna geološka ..., 1967–1998). The bedrock samples were determined as andesite and andesite tuff below the Krnes (Zupančič, N., 2015)



Slika 2: Nahajališči cemprina glede na vrsto tal (Pedološka karta ..., 2007)

Figure 2: Swiss stone pine sites regarding soil (Pedološka karta ..., 2007)

3 REZULTATI

3.1 Prostorska razporeditev dreves cemprina na nahajališčih pod Krnesom in pri Beli peči

Pod Krnesom se cemprini nahajajo vzhodno od vrha Krnesa, ob frati. Razvidni sta dve skupini ob gozdnem robu. V skupini sedmih osebkov na vzhodu sta dve drevesi s storži in osebek mladja. Drugo skupino tvorijo trije osebki, od katerih je eden prevrnjen. V sestoji na severnem pobočju sta še dva posamična cemprina, od katerih je eden polomljen in odmrli. Osebek mladja je od najbližjega odraslega osebka oddaljen 6 m.

Nahajališče pri Beli peči je gozdno, najbližje ne-gozdne površine so oddaljene okrog 400 m. Cemprini rastejo v dveh skupinah po dva. Debelejša osebka rasteta skupaj (št. 13, 14), tanjša skupaj (Preglednica 2). Cemprini so od ceste oddaljeni približno 250 m in od lovske kočice približno 300 m (Slika 5).

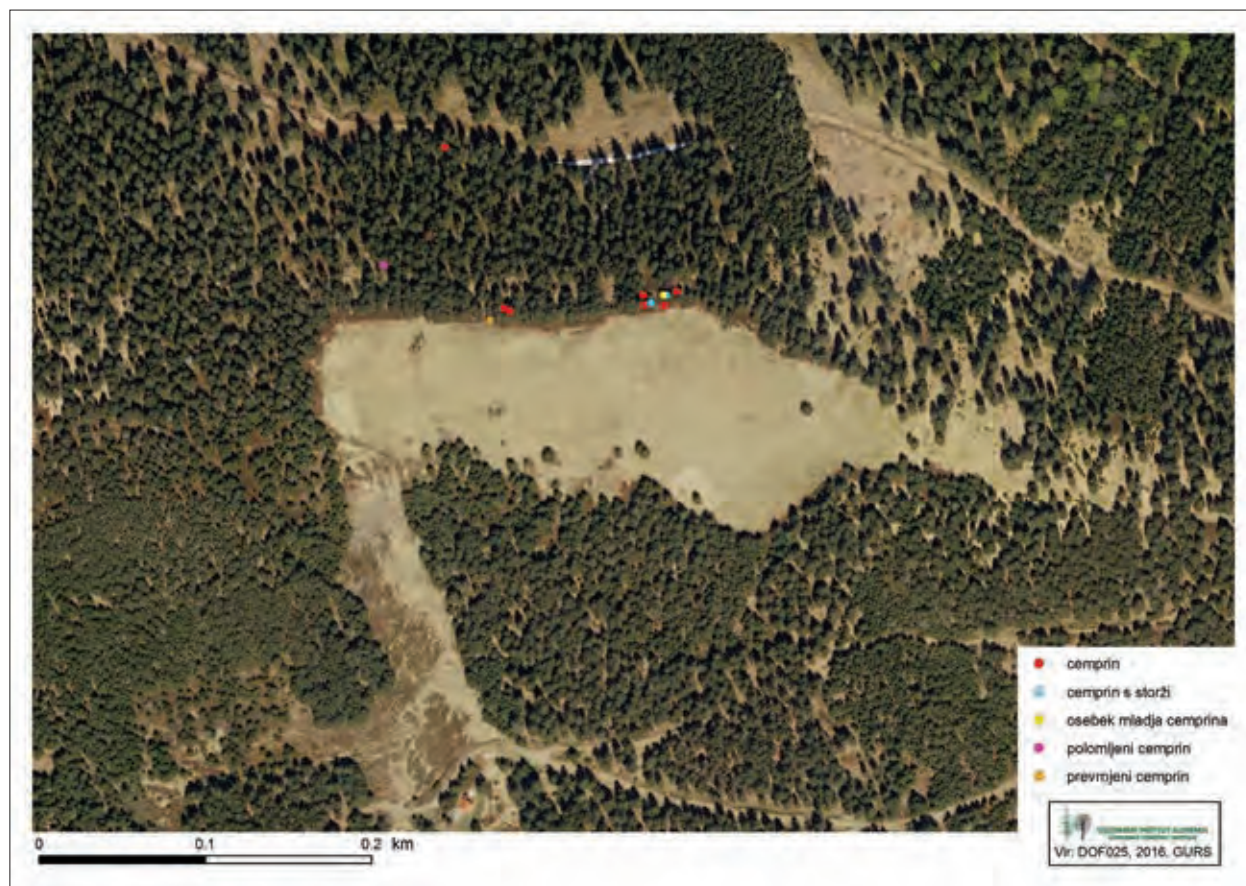
Razdalje med osebki cemprina na obeh raziskovalnih objektih so prikazane na slikah 4 in 6, in sicer od zahoda proti vzhodu (pod Krnesom) oz. od jugozahoda proti severovzhodu (pri Beli peči). Razdalja med najbolj zahodnim cemprinom in njemu najbližjim cemprinom v smeri vzhod pod Krnesom znaša 43 m itd. Pod Krnesom se najbolj zahodni drevesi in osebek mladja nahajajo severno pod grebenom, drugi cemprini so na grebenu. Razdalje so zelo neenakomerne. Ponekod lahko govorimo o šopih 2 ali 3 dreves (npr. razdalje med 3 osebki 0,5–4 m oz. 1–4 m).

3.2 Dendrometrične značilnosti cemprinov

Rezultati rekognosciranja cemprinov na proučevanih lokacijah Smrekovca z napravo GPS, značilnosti posa-

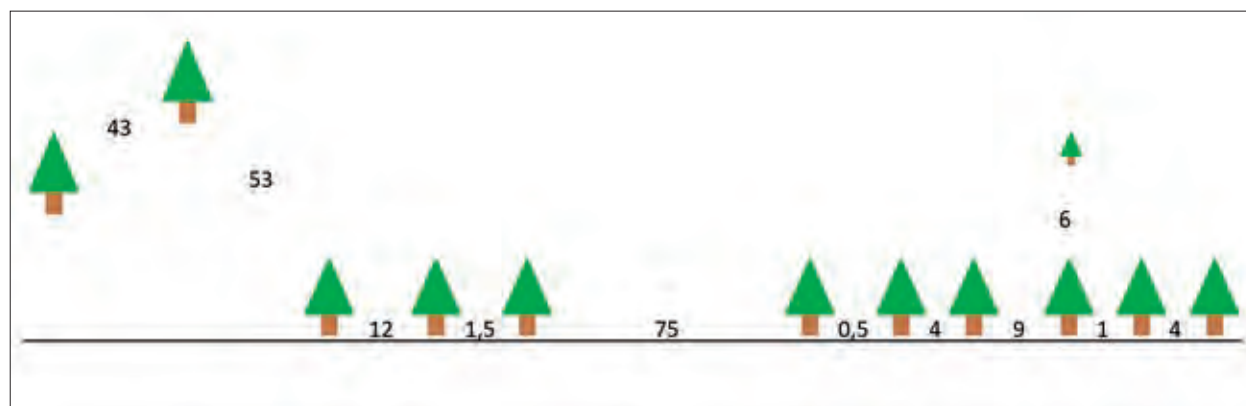
meznih dreves in njihovi dendrometrični podatki so prikazani v Preglednici 2. Nadmorske višine so določene z ročno napravo GPS, zato lahko prihaja do od-

stopanj. Ujemajo se s podatki o nadmorskih višinah sestojev v gozdnogospodarskih načrtih (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012).



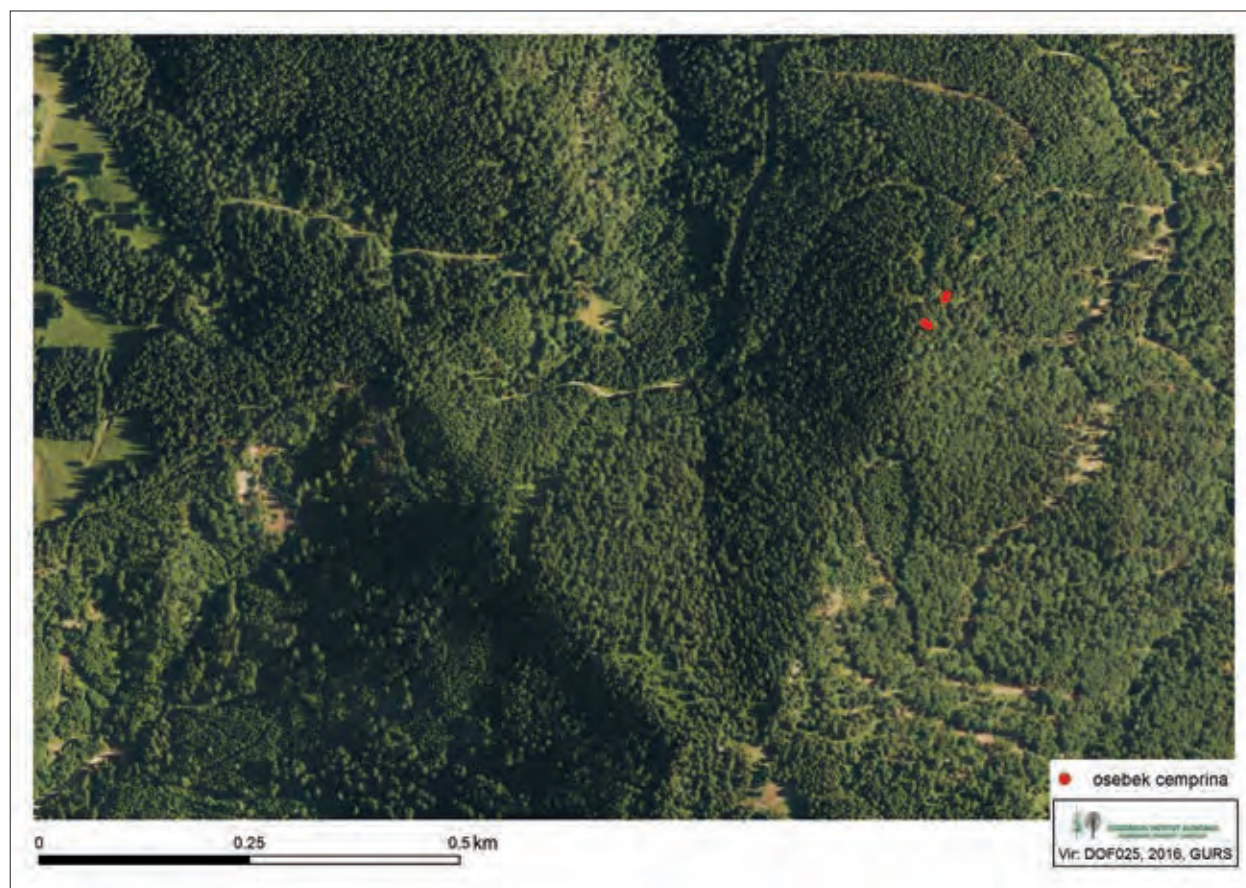
Slika 3: Lokacije cembrinov pod Krnesom (Digitalni ortofoto ..., 2016)

Figure 3: Locations of Swiss stone pines below the Krnes (Digitalni ortofoto ..., 2016)



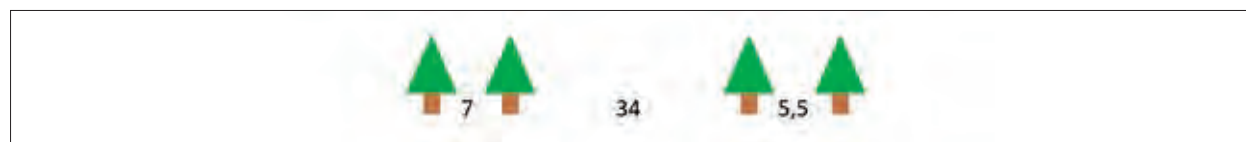
Slika 4: Shematski prikaz razdalj med cembrini pod Krnesom od Z proti V (m); osebek mladja je prikazan s pomanjšanim simbolom, črta ponazarja linijo grebena

Figure 4: Scheme of the distances between Swiss stone pines below the Krnes from W to E (m); small simbol presents the seedling, line indicates the ridge



Slika 5: Lokacije cemprinov pri Beli peči (Digitalni ortofoto ..., 2016)

Figure 5: Locations of Swiss stone pines near the Bela Peč (Digitalni ortofoto ..., 2016)



Slika 6: Shematski prikaz razdalj med cemprini pri Beli peči od JZ proti SV (m)

Figure 6: Scheme of the distances between Swiss stone pines near the Bela Peč from SW to NE (m)

Preglednica 2: Lokacije cemprinov s koordinatami GPS in nadmorskimi višinami na proučevanih lokacijah v pogorju Smrekovca in njihove dendrometrične značilnosti

Table 2: Locations of Swiss stone pines with GPS coordinates and heights above sea level on the sites studied in the Smrekovec massif and their dendrometrical characteristics

Nahajališče	Zap. št.	GKY	GKX	Nadmorska višina (m)	Prsni obseg debla (cm)	Prsni premer (cm)	Višina (m)	Opombe
	1	5490387	5141906	1525	79	25,1	10,5	najvišji cemprin v sestoji na rastišču pod Krnesom
	2	5490381	5141904	1517	82	26,1	8,0	več kot 10 storžev
	3	5490379	5141904	1505			0,21	osebek mladja
	4	5490380	5141898	1518	45 47	14,3 15,0	3,5	2 debli, odlomljen vrh (prib. 2,5 m)

pod Krnesom	5	5490372	5141899	1516	116 68 44	36,9 21,6 14,0	9,0	3 debla, obseg enotnega debla 0,5 m od tal znaša 170 cm, najdebelejši cemprin v sestoju na rastišču pod Krnesom, do 10 storžev
	6	5490368	5141898	1509	72 34	22,9 10,8	7,5	2 debli
	7	5490367	5141904	1511	18	5,7	3,0	
	8	5490287	5141894	1534	49	15,6	9,0	
	9	5490283	5141896	1533	32	10,2	6,0	1 deblo, 3 suhi odganjki
	10	5490275	5141889	1460	76	24,4	9,0	prevrnjen
	11	5490248	5141993	1465	40	12,7	4,5	polomljen vrh
	12	5490211	5141922	1487	55	16,5	8,5	polomljen na višini 4 m; upoštevamo celotno višino osebka pred poškodbo
pri Beli peči	13	5484623	5142896	1470	161	51,2	18,5	dva vrha, najdebelejši in najvišji cemprin na rastišču pri Beli peči
	14	5484620	5142891	1468	114	36,3	18,0	
	15	5484596	5142862	1470	70	22,3	9,5	odlomljen vrh
	16	5484601	5142859	1464	80	25,5	14,0	

Cemprini pri Beli peči so višji in debelejši. Povprečen prsni premer cemprinov pri Beli peči je 33,8 cm, pod Krnesom pa 19,3 cm. Za podatek o prsnem premeru pri večdebelnih drevesih smo upoštevali prsni premer najdebelejšega debla. Povprečna višina cemprinov pri Beli peči je 16 m, pod Krnesom pa 7 m, in porazdelitev drevesnih višin pod Krnesom je bliže normalni. Pomladka in visokih dreves je malo, medtem ko pri Beli peči pomladka sploh ni in je več visokih dreves.

Najvišji cemprin je visok 18,5 m in je hkrati tudi najdebelejši, njegov prsni premer znaša 51 cm.

V sestoju pod Krnesom ni opazen trend večje višine pri večjem prsnem premeru. Najvišji cemprin pod Krnesom je visok 10,5 m in ni najdebelejši cemprin v sestoju. Cemprini pod Krnesom so tanjši (polovica jih ima prsni premer pod 17,5 cm; mediana kot srednja vrednost). Do razlik lahko prihaja tudi zato, ker so v sestoju osebki s poškodovanimi vrhovi in smo izmerili

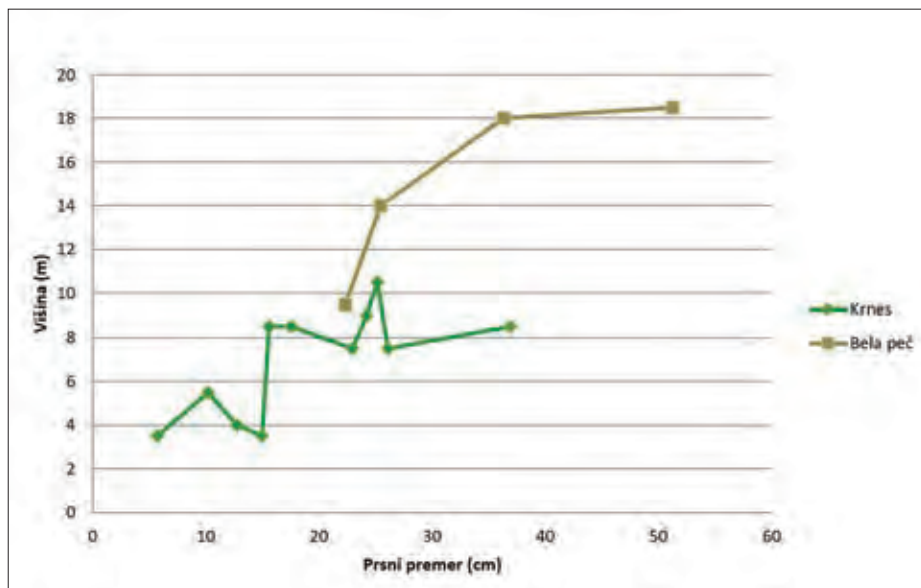


Sliki 7 in 8: Cemprini na nahajališčih pod Krnesom (levo) in pri Beli peči na Smrekovcu (desno) (Foto: G. Božič, 4. 9. 2013)
Pictures 7 and 8: Swiss stone pines at sites below Mount Krnes (left) and near Mount Bela Peč in the Smrekovec massif (right)
(Photo: G. Božič, 4. 9. 2013)

manjše višine, npr. pri cemprinih št. 4 (tudi poškodovan v sezoni 2013/2014) in št. 11 (Preglednica 2).

Kar 36,4 % vseh odraslih osebkov cemprinov pod Krnesom dosega v višino od 8,5 m do 9 m s premeri debel na prsni višini od 15,6 do 36,9 cm, medtem ko je na nahajališču pri Beli peči tako visok en osebek s prs-

nim premerom 22,3 cm in odlomljenim vrhom. Osebk na gozdnem robu ob frati imajo v povprečju večje prsne premere (18,6 cm) kot osebka, ki se nahajata v gozdnem sestoju pod Krnesom (15,1 cm). Oba cemprina v sestoju (št. 11 in 12) imata polomljena vrhova.



Slika 9: Višina in prsni premer cemprinov na nahajališčih pod Krnesom in pri Beli peči

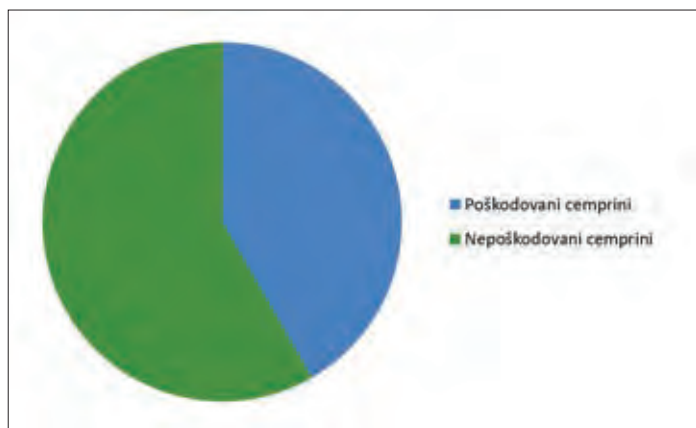
Figure 9: Swiss stone pines' height and breast diameter at sites below Krnes and near Bela Peč

3.4 Zdravstveno stanje

Med poškodbe cemprinov smo uvrstili polomljen vrh, večvrhatost in prevrnjenost. Poškodbe so najverjetneje posledica abiotских dejavnikov (snegolom, žledolom, vetrolom). Delež poškodovanih dreves pri Beli peči je

50 %, pod Krnesom pa 36 %, pri čemer velja opozoriti, da so bili tu kar trije osebki poškodovani pozimi 2013/2014, ko je Slovenijo močno prizadel žled.

Na polomljenem cemprinu se je poleti 2014 pojavil veliki macesnov lubadar (*Ips cembrae*). Gre za sekundarnega parazita, ki napada oslABLJENO in poškodova-



Slika 10: Poškodovanost cemprinov zaradi abiotских dejavnikov na območju Smrekovca

Figure 10: Swiss stone pines injuries caused by abiotic factors in the Smrekovec massif

no drevje (JURC 2014). Analize vzorcev polomljenega cemprina so pokazale, da je na njem prisoten tudi mali

smrekov ličar (*Hylurgops palliatus*), prav tako sekundarni parazit (DE GROOT 2015).



Slika 11: Prevrnjeni cemprin (št. 10) pod Krnesom, 2. 7. 2014 (Foto: U. Marolt)

Figure 11: Overthrown Swiss stone pine tree (no. 10) below Krnes, 2. 7. 2014 (Photo: U. Marolt)



Sliki 12 in 13: Polomljen cemprin (št. 12) pod Krnesom, 2. 7. 2014 (levo) in vzdolžni zvezdasti rovní sistem vrste velikega mac-esnovega lubadarja (*Ips cembrae*) na njem, 30. 10. 2014 (desno) (Foto: U. Marolt)

Figures 12 and 13: Broken Swiss stone pine (no. 12) below the Krnes, 2. 7. 2014 (left) and longitudinal star-like gallery system of the large larch bark beetle (*Ips cembrae*) on the same tree, 30. 10. 2014 (right) (Photo: U. Marolt)

3.5 Starost dreves

Preglednica 3: Starost dveh poškodovanih cemprinov pod Krnesom

Table 3: Age of the two injured Swiss stone pines below the Krnes

Zap. št.	Socialni položaj	Utesnjenost krošnje	Premmer debla na višini 0,2 oz. 0,3 m (cm)	Prsni premer (cm)	Št. branik na višini 1,3 m	Povprečni debelinski prirastek (mm/leto)	Ocenjena starost (let)
10	4	2	29, 2 (0,2)	24,4	62	1,97	76
12	4	3	22,3 (0,3)	16,5	66	1,25	91

Na višini 1,3 m smo zabeležili 62 oz. 66 branik, pri čemer pri prvem osebk, ki je starejši od 62 let, zaradi nesimetrične oblike debla nismo uspeli zadeti stržena. Drevesi se v prsnih premerih razlikujeta za 7,9 cm, pri čemer je debelejšo drevo raslo na gozdnem robu v bolj-ših svetlobnih razmerah (manjša utesnjenost krošnje). Osebek s 66 branikami v višini prsnega premera je višino 1,3 m dosegel leta 1947. Cemprini do višine prsnega premera rastejo do 30 let (ULBER, GUGERLI & BOŽIČ 2004), kar pomeni, da je osebek lahko precej starejši. Starost obeh osebkov na višini debla 0,2 m oz. 0,3 m smo določili s pomočjo povprečnih letnih debelinskih prirastkov, ki smo ju izračunali na prsnih višinah.

Osebek, ki je uspeval na gozdnem robu, je imel večji povprečni debelinski prirastek (1,97 mm/leto) kot osebek v sestoju (1,25 mm/leto); upoštevamo priraščanje polmera drevesa. Izračunana starost osebk na gozdnem robu na višini debla 0,2 m je 74 let, osebk v sestoju na višini debla 0,3 m pa 84 let. Ob predpostavki, da je drevo enakomerno priraščalo tudi od vznika do višine 0,2 m oz. 0,3 m, je osebek, ki smo ga vzorčili na gozdnem robu, še 2 leti starejši, osebek, ki smo ga vzorčili v sestoju, pa 7 let. Ocenjena starost dveh vzorčenih cemprinov pod Krnesom je 76 let (drevo na gozdnem robu) in 91 let (drevo v sestoju).



Sliki 14 in 15: Osebek mladja cemprina pod Krnesom (Foto: U. Marolt)

Figures 14 and 15: Swiss stone pine seedling below the Krnes (Photo: U. Marolt)

3.6 Pomlajevanje

Storže smo poleti 2014 opazili na dveh drevesih pod Krnesom. En osebek je imel več kot 10 storžev, na gozdnem pobočju 6 m severno pod njim smo našli tudi edini osebek mladja. Drugi osebek (najdebelejši, s tremi debli) je imel do 10 storžev. Drevesi sta med seboj oddaljeni 10 m. Jeseni 2014 nismo več opazili storžev. Verjetno so jih odnesle ptice. Na območju je zabeležena prisotnost krekovta (*Nucifraga caryocatactes*) (MLJAČ 2014), ki ima zelo pomembno vlogo pri razširjanju semen cemprina (MAROLT s sodelavci 2016). Pri Beli peči znakov pomlajevanja nismo opazili.

3.7 Druge rastlinske vrste na preučevanih rastiščih cemprina

Pod Krnesom smo v podrasti zabeležili borovnico (*Vaccinium myrtillus*) in gozdno šašulico (*Calamagrostis arundinacea*), ki prevladujeta po pokrovnosti. Pojavlja

se gozdna bekica (*Luzula sylvatica* ssp. *sylvatica*), značilnica združbe *Luzulo sylvaticae-Piceetum*. Prisotni so še brusnica (*Vaccinium vitis-idaea*), alpski planinšček (*Homogyne alpina*) in zajčja deteljica (*Oxalis acetosella*), od praprotnic glistovnica (*Dryopteris* sp.) in lisičjak (*Lycopodium* sp.) ter mah *Polytrichum* sp. V grmovni plasti se pojavlja siva jelša (*Alnus incana* (L.) Moench). V drevesni plasti prevladuje smreka (*Picea abies* (L.) Karst.). Opazili smo eno bukev (*Fagus sylvatica* L.) in eno jerebiko (*Sorbus aucuparia* L.).

Pri Beli peči je v drevesni plasti več bukve kot pod Krnesom, a prevladuje smreka. Primešana je še navadna jelka (*Abies alba* Mill). V podrasti na vršnem delu prevladujeta borovnica in šašulica (*Calamagrostis* sp.), na strmih pobočjih podrasti skorajda ni. Zasledili smo gozdno bekico, zajčjo deteljico, alpskega planinščka in glistovnico.

Vrstna pestrost je na obeh nahajališčih zelo majhna. Pod Krnesom in na manj strmih mestih pri Beli peči je pokrovnost podrasti 100 %, na strmejših in skalnatih tleh pri Beli peči podrasti skoraj ni.

4 RAZPRAVA

KOTAR & BRUS (1999) opozarjata, da ne moremo zanesljivo ugotoviti, ali je cemprin v Sloveniji samonikla vrsta. V Sloveniji je gozdna meja zaradi vpliva človeka (paša) znižana za 100–200 m, ravno v tem pasu ob zgornji gozdni meji bi lahko samoniklo uspeval cemprin. Kot domnevno avtohtoni nahajališči navajata preučevani rastišči v pogorju Smrekovca in pri tem omenjata 13 cemprinov pod Krnesom s prsnimi premeri od 2 do 25 cm in 6 cemprinov pri Beli peči s prsnimi premeri od 4 do 43 cm, ki bi lahko bili potomci samoniklih osebkov. Njuni podatki izvirajo iz ustnega vira lokalnih gozdarjev iz druge polovice devetdesetih let prejšnjega stoletja. Stanje se je v tem času morda spremenilo, lahko je razlika tudi v načinu štetja (več-debelna drevesa).

V naši raziskavi smo na obeh znanih rastiščih zabeležili skupaj 16 osebkov cemprina, 12 pod Krnesom in 4 pri Beli peči. Cemprini pod Krnesom so visoki od 3 m do 10,5 m, v povprečju 7 m (osebek mladja v prikazu dendrometričnih podatkov ni upoštevan) s premeri debel na prsni višini od 5,7 cm do 36,9 cm, v povprečju 19,3 cm. Cemprini pri Beli peči dosegajo v višino od 9,5 m do 18,5 m, v povprečju 15 m s premeri debel na prsni višini od 22,3 cm do 51,2 cm, v povprečju 33,8 cm. Raznolika debelinska struktura nakazuje, da so drevesa različno stara. V primeru saditve bi pričakovali bolj homogeno debelinsko strukturo. Izrazita

je razlika med osebki obeh nahajališč v višini in prsnih premerih. Pri Beli peči so cemprini v povprečju višji in debelejši, zato domnevamo, da so v povprečju tudi starejši. Za dokaz bi bilo treba poseči po metodi izvrtkov, ki je destruktivna in nezaželen.

V prid avtohtonosti cemprina v Sloveniji govori dejstvo, da so cemprini pod Krnesom zmožni reprodukcije. Imajo storže in kalivo seme, kar dokazuje najdba pomladka. Pomlajevanje lahko kaže na daljšo prisotnost vrste v prostoru. Razmere za kaljenje in rast so zelo otežene, saj prevladuje gosta podrast z borovnico in travami. Lahko domnevamo, da bi bili tudi sajeni cemprini zmožni reprodukcije. Travnate površine ob robu sestoja pod Krnesom se imenujejo Jedlovške frate. Izraz frata pomeni poseko, krčevino (Slovar slovenskega ..., 2014). Pričakovali bi, da bo cemprin uspeval na travniku, saj je pionirska in svetloljubna vrsta. Vendar travišče kosijo in morda s tem preprečujejo uspevanje cemprina.

Ocene starosti kažejo, da obstajajo razlike v starosti med osebki na gozdnem robu in v sestoji pod Krnesom. Kljub podobni drevesni višini (8,5 m in 9 m) ter podobni starosti obeh vzorčenih dreves na višini debla 1,3 m (66 in 62 let), je bilo drevo z manjšim prsnim premerom (16,5 cm), ki je uspevalo v sestoji s smreko, 15 let starejše od drevesa z večjim prsnim premerom (24,4 cm), ki je uspevalo na robu gozda. Ocenjeni sta-

roستی obeh analiziranih dreves sta 91 let in 76 let. V prvih opisnih listih za območje Smrekovca (Gospodarski načrt ..., 1962) cemprini niso omenjeni, čeprav bi glede na ugotovljeno starost tam že morali rasti. Lahko so jih spregledali ali niso dosegali merskega praga. V primeru saditve bi morda lahko našli zapise v kronikah za obdobje pred prvo polno premerbo (npr. grof Thurn; 1867–1915), vendar arhivi niso urejeni.

V bližini raziskovalnih objektov, na nadmorski višini 1060 m, je bil posajen cemprin na Pudgarskem. Nahajal se je pred nekdanjo logarnico, zdaj kmečkim poslopjem, in dosegel največje dimenzije med cemprini na Smrekovcu. Po besedah domačinov je večkrat obrodil (Mlinšek, 2013). Podatka, kdaj so ga posadili, nimamo. Cemprin je bil že leta 2012 in 2013 zelo slabo vitalen, leta 2014 se je posušil in so ga v jeseni posekali. Na višini debla 2 m od tal smo ob poseku našli 75 branik. Njegova starost ne odstopa veliko od starosti cemprinov pod Krnesom, kar pomeni, da cemprini pod Krnesom niso potomci tistega na Pudgarskem. Lahko bi bili sajeni v istem času oz. iz istih nasadov. Z genetskimi analizami bi lahko preverili, ali obstajajo med cemprini pod Krnesom in osebkom s Pudgarskega sorodstvene povezave.

Presenetljiva je razporeditev osebkov pod Krnesom. Ti se nahajajo v liniji, ki poteka po grebenu ter po meji med gozdnim in kmetijskim zemljiščem oz. frato. Hkrati je to meja med GGO Slovenj Gradec in GGO

Nazarje ter deželna meja med Koroško in Štajersko. Na drevesa cemprina je bila nekoč pritrjena žična ograja. ČAS (2013) je dejal, da so bore tradicionalno sadili ob pašnikih zaradi značilnosti koreninskega sistema, saj utrjujejo tla in preprečujejo erozijo. Linijska razporeditev bi lahko bila posledica saditve. A od 11 odraslih osebkov se najzahodnejša 2 ne nahajata na grebenu, temveč na strmem severnem pobočju približno 50 m pod grebenom. Na severni strani, 6 m od grebena in pod osebkom s storži, je tudi osebek mladja, kar kaže na to, da bi se na tak način lahko zasejali tudi omenjeni drevesi pod grebenom. V primeru saditve bi po drugi strani morda pričakovali enakomernejše razdalje med osebki. Verjetno dreves ne bi posadili tako na gosto, kot so ponekod (razdalje do 4 m), saj gre za svetloljubno vrsto. Do linijske razporeditve bi lahko prišlo tudi po naravni poti, npr. pri vzniku večjega števila mladice ob odmrlem cemprinu (ZUPANČIČ 2015). Tradicionalna košnja frate južno na grebenu bi lahko omogočala ugodne svetlobne razmere za vrste ob gozdnem robu. Seme cemprina bi morda lahko tja sistematično zanesli ptiči, saj so snežne razmere ugodnejše kot na severni strani. Cemprini se nahajajo v skupinah, kar je značilno za raznašanje semen s ptiči. LINHART & TOMBACK (1985) ugotavljata, da mnogokrat pride do pojava večdebelnih borov, ker ptiči odlagajo skupine semen. Debla v šopu se v tem primeru genetsko razlikujejo med seboj, saj zrastejo iz različnih semen. Dejavnost ptic tako močno



Sliki 16 in 17: Košnja frate, ob kateri uspevajo cemprini pod Krnesom (levo) in sledovi žične ograje na cemprinu pod Krnesom, ob deželni meji med Koroško in Štajersko (desno) (Foto: U. Marolt)

Figures 16 and 17: Mowing grassland along the Swiss stone pine site below the Krnes (left) and traces of wire fence on the Swiss stone pine below the Krnes at the regional border between Koroška and Štajerska (right) (Photo: U. Marolt)

vpliva na porazdelitev dreves v populaciji in na sam videz drevesa. Smotno bi bilo preučiti sorodnost med posameznimi debli cemprinov pod Krnesom, saj imata dva osebka po dve debli in en osebek tri. Če bi bila debela genetsko različna, bi to lahko nakazovalo avtohtonost cemprina pod Krnesom. Ptice krekovi (*Nucifraga caryocatactes*) jeseni poberejo zrelo in s hranili bogato seme cemprina ter ga zakopljejo nekaj centimetrov pod zemljo. Ta skrivališča predstavljajo zaloge hrane pozimi in spomladi. Če bi semena cemprina prinesle in zakopale ptice, bi pričakovali, da bi bili primešani tudi drugje v pogorju, ne le na dveh lokacijah.

Nekateri cemprini pod Krnesom bi morda lahko bili potomci cemprinov pri Beli peči, saj sta nahajališči med seboj oddaljeni približno 5 km, krekovi pa prenaša seme do 15 km daleč (ULBER, GUGERLI & BOŽIČ 2004). Ker o nahajališču pri Beli peči ne vemo veliko, domnevamo, da se odgovor o morebitni avtohtonosti cemprina pri nas skriva prav na tej lokaciji in v genetski povezanosti osebkov z obeh lokacij. Raziskati je treba tudi genetsko sorodnost z najbližjimi avtohtonimi cemprini, ki se nahajajo na severni, avstrijski strani Pece. Od rastišč v pogorju Smrekovca so oddaljeni približno 8 (Bela peč) oz. 13 km (Krnes). Med rastiščem cemprina pod Peco in rastiščema na Smrekovcu je velika razlika v sestavi rastlinske združbe. Vrsta pestrost je na Smrekovcu izrazito manjša, nekatere rastlinske vrste so rastiščema skupne (MAROLT 2015).

Velika poškodovanost cemprinov na območju Krnesa in Bele peči zaradi abiotičnih dejavnikov lahko nakazuje, da gre za robno naravno populacijo cemprina ali pa so uporabili rastiščnim razmeram neprilagojen gozdni reprodukcijski material v primeru saditve. Cemprini na Smrekovcu so na vzhodni meji Alp in bi kot robna populacija lahko bili fitogeografsko ogroženi (ZUPANČIČ 2015). Zavrnamo lahko argument v prid avtohtonosti, da sta rastišči težko oz. manj dostopni (KOTAR & BRUS 1999, ZUPANČIČ s sodelavci 2011), saj se v razdalji do 300 m na obeh lokacijah nahajata lovski koči, do katerih vodita cesti.

Če strnemo, v prid avtohtonosti cemprina kažejo naslednje ugotovitve:

- bližina naravnih nahajališč cemprina pod Peco;
- nekdanje samoniklo pojavljanje cemprina v Sloveniji;
- primerna geološka podlaga in tla v pogorju Smrekovca, rastišči sta tudi vegetacijsko in klimatsko primerni;
- zmožnost naravnega pomlajevanja;
- številne poškodbe drevja lahko kažejo na otežene razmere, značilne za robno rastišče;
- možna nasemenitev s ptici (cemprini se pojavljajo v skupinah, večdebeltost, krekovi je prisoten);

- skupinska razporeditev ob gozdnem robu, kjer so ugodnejše razmere za rast kot v sestoju;
- različna starost vzorčenih osebkov cemprina (76 in 91 let);
- ni znanih zapisov o saditvi.

Proti avtohtonosti kažejo naslednje ugotovitve:

- linijska razporeditev 9 od 12 osebkov pod Krnesom, linija poteka po grebenu ob deželni meji in kmetijski površini, na cemprine je bila nameščena žična ograja, osebki, ki izstopajo iz linije, so se morda zasejali s prvotno sajenih dreves;
- prisotnost cemprina na samo dveh nahajališčih, ki se rastiščno ne razlikujeta od okoliških, in majhna številčnost obeh populacij;
- odsotnost številčnejšega pomladka, ki bi kazal na omogočanje kontinuiranega vzdrževanja populacije;
- majhna verjetnost, da bi ptiči semena koncentrirano zanesli samo na dve razmeroma omejeni nahajališči;
- v bližini, na Pudgarskem, je bil cemprin posajen, njegova starost ne odstopa veliko od ugotovljenih starosti dveh dreves pod Krnesom;
- številne poškodbe cemprinov lahko kažejo na uporabo neprilagojenega gozdnega reprodukcijskega materiala v primeru saditve.

Z najdbo pomladka smo pokazali, da se cemprin v Sloveniji lahko naravno pomlajuje, a vprašanje je, ali en osebek mladja pomeni, da se populacija naravno obnavlja. Za vzdrževanje populacije počasi rastoče in maloštevilne vrste, kot je cemprin, bi to morda z vidika daljšega časovnega obdobja in glede na problem zarasti zadoščalo. Pomanjkanje pomladka je sicer značilno za številne sestoje cemprina v Evropi, kar kratkoročno vodi v izgubo genskih informacij, dolgoročno pa v izumrtje populacije (ULBER, GUGERLI & BOŽIČ 2004). Najdenemu osebku mladja je treba zagotoviti ograjo, ki bi ga zaščitila pred objedanjem divjadi. Z nadaljnjim ukrepanjem bi osebku mladja lahko zagotovili boljše razmere za rast. Predlagamo odstranitev konkurentov (borovnica, trave, smreka) v neposredni bližini osebka s čiščenjem in redčenjem. Ker nekatera drevesa obrodijo, je treba zagotoviti tla, primerna za klitje. Tla so gosto porasla s podrastjo, zato bi bilo smiselno zaplate podrasti odstraniti. To lahko najprej storimo v obliki manjših raziskovalnih ploskev, npr. velikosti 1 m². V primeru, da bi se cemprin na njih uspešneje pomlajeval, bi lahko število zaplat ali velikost posamezne zaplate povečali. Zaplate bi bilo najbolje osnovati v semenskih letih.

KOTAR & BRUS (1999) predlagata, da bi poskusili s saditvijo cemprina na območjih, kjer se je pojavljal kot samonikla vrsta, kar vključuje tudi območje Smrekovca. Vnesena drevesa bi služila kot osnova pri naravnem

vračanju gozdne meje na nekdanjo nadmorsko višino. Menimo, da je bistvena zaščita gozdnega genskega vira, zato bi v primeru saditve morali uporabiti ustrezen gozdni reprodukcijski material. Če bi se izkazalo,

da so cempri na Smrekovcu avtohtoni, je treba za zaščito njihovega genofonda osnovati živi arhiv oz. *ex situ* gensko banko s cepljenjem smrekovskega cempri na na podlago drugih borov.

5 ZAKLJUČKI

V Sloveniji sta dve domnevno avtohtoni nahajališči cempri, obe v pogorju Smrekovca: pod Krnesom in pri Beli peči. Skupno število živčih cempri je 15. Pod Krnesom jih je 11 (od teh eno prevrnjeno, a živo), pri Beli peči so 4, torej govorimo o dveh skupinah cempri in ne o sestojih cempri.

V preučevanih gozdnih sestojih v drevesni plasti prevladuje smreka, pri Beli peči sta primešana bukev in jelka. Združbi obeh nahajališč sta opredeljeni kot smrekovje z gozdno bekico (*Luzulo sylvaticae-Piceetum*), a je treba opraviti še fitocenološke analize. Cempri pri Beli peči so v povprečju višji, debelejši in lahko tudi starejši. Starost cempri pod Krnesom, ki smo jima odvzeli izvrtke, je 76 in 91 let oz. na višini debla 1,3 m 62 in 66 let.

Na dveh osebkih cempri pod Krnesom smo opazili storže, našli smo tudi osebek mladja. Treba je zagotoviti tla, primerna za klitje, in sicer z odstranitvijo zarasti (trave in borovnica). To lahko najprej storimo v obliki manjših raziskovalnih ploskev – zaplat. V primeru, da bi se cempri na njih uspešneje pomlajeval, bi lahko število ploskev ali velikost posamezne ploskve povečali. Predlagamo odstranitev konkurentov cempri z utesnjenimi krošnjami in zavarovanje osebkov mladja z ograjo.

Primerjava rezultatov s podatki v aktualnih Naravovarstvenih smernicah (2001) o nahajališču pod Krnesom je pokazala, da vsebujejo smernice pomanjkljive

ve oz. netočne podatke. Treba jih je dopolniti z novimi podatki o številu dreves in obsegu najdebelejšega osebkov ter dodati podatek, da drevje obrodi in da je seme kalivo, kar dokazuje osebek mladja.

Vprašanja, ali je cempri v Sloveniji samonikla ali vnesena drevesna vrsta, nismo ne potrdili, ne ovrgli. Vprašanje ostaja za zdaj brez jasnega odgovora, saj našti argumenti govorijo v prid tako ene kot druge možnosti. Najpomembnejši argument proti samoniklosti cempri pod Krnesom je lahko razporeditev 9 osebkov ob deželni meji in frati. O cempri pri Beli peči imamo premalo podatkov. Morda predstavljajo cempri na Smrekovcu avtohtono robno populacijo na skrajnem vzhodnem robu Alp.

Treba je opraviti dodatne raziskave (fitocenološke, genetske, dendrokronološke, pedološke in palinološke), ki bi lahko pomagale pojasniti izvor cempri. Seveda obstaja možnost, da tudi s pomočjo naštetih raziskav ne bo mogoče dobiti povsem zanesljivega odgovora o izvoru cempri v Sloveniji.

Ne glede na avtohtonost moramo cempri ohranjati in s tem zagotavljati večjo vrstno pestrost, kar je samo po sebi vrednota. Cempri v pogorju Smrekovca naj tudi v prihodnje obdržijo status dendrološke naravne vrednote. Če bi se izkazalo, da so vendarle avtohtoni, jih je nujno treba zavarovati kot dendrološki naravni spomenik. Območje bi lahko uvrstili v gozdni genski rezervat.

6 SUMMARY

The Swiss stone pine (*Pinus cembra* L.) in Slovenia is classified as an autochthonous tree species. The only two Swiss stone pine sites in Slovenia can be found in the Smrekovec massif: below Mount Krnes and near Mount Bela Peč. The two groups are considered to occur natively, with heterogeneous diameter structure and difficult access to the sites confirming this statement (ZUPANČIČ et al. 2011). The two sites are potentially home to marginal populations of the Swiss stone pine on the edge of its natural range in the easternmost part of the Alps in Slovenia.

In our study we documented the state of both groups of Swiss stone pines. The exact locations of individual trees were determined using a GPS device. The trees were measured and inspected in terms of health, and distances were calculated between the closest neighbouring trees. In addition, the age of two individuals was determined by increment boring and there were signs of rejuvenation. The two sites and the locations of individual Swiss stone pines in the Smrekovec massif are indicated on bedrock and soil maps while the locations of individual Swiss stone pines are

presented on ortophoto images. A total of 12 Swiss stone pines were found to grow below Mount Krnes and another 4 near Mount Bela Peč. The latter group of stone pines have greater mean diameters and heights and are probably older than the Krnes group of stone pines. The estimated ages of two trees from below Mount Krnes are 76 and 91 years. The individual growing on the edge of the forest has a mean annual increment of 1.97 mm, while the other one growing inside the forest has a mean annual increment of 1.25 mm. The individuals sampled below Mount Krnes are injured and will probably die. A Swiss stone pine seedling was found below Mount Krnes and cones could be observed on two individuals. Germinating and growing conditions are aggravated by dense undergrowth of bilberries and grasses. We propose their removal on a few patches in order to study the presence of Swiss stone pine seedlings.

Based on the collected data we can neither confirm nor deny the autochthonism of the Swiss stone pine in the Smrekovec massif. The conclusions in support of autochthonism are: autochthonous sites of the Swiss stone pine under Mount Peca in Austria are nearby and in reach of the nutcracker (*Nucifraga caryocatactes*); previous autochthonous appearance of the Swiss stone pine in Slovenia (MAROLT et al. 2016); suitable bedrock and soil, the sites are also suitable in terms of vegetation and climate; ability of natural rejuvenation; numerous tree injuries could indicate difficult conditions typical for the edge of the natural range of the species; possible seed dispersal by birds (trees form groups, multiple trunks, the nutcracker is present); group formations could be observed on the edge of the forest where growing conditions are better than

in the stand; heterogeneous ages of the two sampled individuals; there are no planting records. The conclusions against autochthonism are: distribution of nine individuals out of twelve below Mount Krnes in a line on the ridge along the regional border and agricultural area; presence of the Swiss stone pine on only two locations with similar vegetation compared to the surrounding forest and a small number of trees in both populations; absence of more seedlings that would show continual maintenance of population; small probability that birds would bring seeds in a concentrated way to only two relatively limited locations; the Swiss stone pine was planted at nearby Pudgarsko and its age does not differ much from the estimated ages of the two individuals below Mount Krnes; numerous injuries of Swiss stone pines could be a result of an unimproved forest reproductive material used in case of planting; access to the sites is not difficult since there are a lodge and a road only 300 m away.

The question of whether the Swiss stone pine is autochthonous to Slovenia or an introduced tree species does not yet have a clear answer since there are arguments in favour of both possibilities. Additional studies are required (phytochemical, genetic, dendrochronological, pedological and palynological) to help us explain the origin of the Swiss stone pine. Although the problem of autochthonism has not been completely solved, we must preserve the Swiss stone pine and thus assure greater variety of species, which is a valuable goal in itself. The Swiss stone pines of the Smrekovec massif must retain their status as a dendrological site of natural interest. If it transpires that they are in fact autochthonous, they must be protected as a dendrological natural monument.

ZAHVALA – ACKNOWLEDGEMENTS

Prispevek je nastal v okviru ciljnega raziskovalnega projekta V4-1616, ki ga financirata Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, ter programskih skupin P4-0107 in P4-0059, in z uporabo podatkov, pridobljenih v okviru javne gozdarske službe. Zahvaljujemo se zaposlenim na Zavodu za gozdove Slovenije, OE Slovenj Gradec in KE Črna na Koroškem. Hvala vsem sodelujočim z Gozdarskega inštituta Slovenije, Biotehniške fakultete, Naravoslovnotehniške fakultete in Slovenske akademije znanosti in umetnosti, ki so

prispevali znanje s svojih področij, da smo lahko čim bolj natančno predstavili stanje cemprina v pogorju Smrekovca. K temu so pripomogli: dr. Metka Culiberg, dr. Miran Čas, Milan Golob, dr. Maarten De Groot, prof. dr. Dušan Jurc, prof. dr. Maja Jurc, prof. dr. Hojka Kraigher, Robert Kranjc, prof. dr. Tom Levanič, dr. Aleksander Marinšek, Marija Rožen, prof. dr. Nina Zupančič in akademik dr. Mitja Zupančič. Hvala vodstvu centralne enote Zavoda za gozdove Slovenije za posredovanje njihovih kartografskih podatkov.

LITERATURA – REFERENCES

- BRUS, R., 2012: *Drevesne vrste na Slovenskem*. Druga dopolnjena izdaja. Ljubljana.
- CAUDULLO G., E. WELK & J. SAN-MIGUEL-AYANZ, 2017: *Chorological maps for the main European woody species*. Data in Brief 12: 662-666, DOI: 10.1016/j.dib.2017.05.007.
- CULIBERG, M., 2004: *Charcoal and pollen analyses of sediments from Potočka Zijalka (Slovenia)*. V: Pacher, M. (ur.), V. Pohar, (ur.) & G. Rabeder (ur.): *Potočka Zijalka: palaeontological and archaeological results of the campaigns 1997–2000*. Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Wien) 13: 43–45.
- CULIBERG, M., 2007: *Paleobotanične raziskave v Divjih babah I*. V: Turk I. (ur.): *Divje babe I.: paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. Del 1 – Geologija in paleontologija*. Inštitut za arheologijo ZRC SAZU, Založba ZRC (Ljubljana): 167–184.
- ČAS, M., 2013: *Bori ob kmetijskih površinah*. Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo . Ljubljana (osebni vir, september, 2013).
- DE GROOT, M., 2015: *Entomološke raziskave vzorcev cemprina*. Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za varstvo gozdov, Ljubljana (osebni vir, januar 2015).
- DIGITALNI ortofoto načrti 025, 2016. Geodetska uprava republike Slovenije. Ljubljana.
- GENRIES, A., L. MERCIER, M. LAVOIE, S. D. MULLER, O. RADAKOVITCH & C. CARCAILLET, 2009: *The effect of fire frequency on local cembra pine populations*. Ecology, 90, 2: 476–486.
- GOSPODARSKI načrt enote družbenih gozdov Črna - Smrekovec 1962–1971, 1962. Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Slovenj Gradec. Slovenj Gradec.
- GOZDNOGOSPODARSKI načrt gozdnogospodarskega območja Slovenj Gradec 2011–2020, 2011. Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Slovenj Gradec. Slovenj Gradec.
- GOZDNOGOSPODARSKI načrt gozdnogospodarske enote Črna - Smrekovec 2012–2020, 2012. Zavod za gozdove Slovenije, območna enota Slovenj Gradec. Slovenj Gradec.
- GUGERLI F., M. RÜEGG & G. G. VENDRAMIN, 2009: *Gradual decline in genetic diversity in Swiss stone pine populations (Pinus cembra) across Switzerland suggests postglacial re-colonization into the Alps from a common eastern glacial refugium*. Botanica Helvetica 119: 13–22, DOI: 10.1007/s00035-009-0052-6.
- JURC, M., 2014: *Ips cembrae*. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Ljubljana (osebni vir, november 2014).
- KOTAR, M. & R. BRUS, 1999: *Naše drevesne vrste*. Slovenska matica. Ljubljana.
- KOTAR, M., 2005: *Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah*. Zveza gozdarskih društev Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije. Ljubljana.
- KRAL, F., 1979: *Spät- und postglaziale Waldgeschichte der Alpen auf Grund der bisherigen Pollenanalysen*. Österreich Agrarverlag. Wien.
- LINHART, Y. B. & D. F. TOMBACK, 1985: *Seed dispersal by nutcrackers causes multi-trunk growth form in pines*. Oecologia, 67: 107–110.
- MAROLT, U., 2015: *Razširjenost cemprina (Pinus cembra L.) in ogroženost njegovega genofonda v Sloveniji*. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire (Diplomska naloga, 50 str.). Ljubljana.
- MAROLT, U., G. BOŽIČ, A. FERREIRA & R. BRUS, 2016: *Današnja razširjenost in stanje cemprina (Pinus cembra L.) v Sloveniji*. Gozdarski vestnik (Ljubljana) 74 (4): 171–184.
- MLINŠEK, G., 2013: *Cemprini na Smrekovcu*. Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Slovenj Gradec. Slovenj Gradec (osebni vir, september 2013).
- MLJAČ, L., 2014: *Dodatek za varovana območja (v skladu s Pravilnikom o presoji sprejemljivosti izvedbe planov in posegov v naravo na varovana območja) za šestsedežnico Kladje in nove smučarske proge*. Inštitut za ekološke raziskave. Velenje.
- NARAVOVARSTVENE smernice za območje občine Črna na Koroškem, 2001. Zavod za varstvo naravne in kulturne dediščine Maribor. Maribor.
- OSNOVNA geološka karta 1:100000, 1967–1998. Geološki zavod Slovenije. Ljubljana [CD].
- PEDOLOŠKA karta Slovenije 1:25000, 2007. Center za pedologijo in varstvo okolja. Ljubljana [CD].
- PREGLEDOVALNIK podatkov o gozdovih, 2014. Zavod za gozdove Slovenije. Ljubljana. <http://prostor.zgs.gov.si/pregledovalnik/> (15. avgust 2014).

- RÖHRIG, E., 1990: *Waldbau auf ökologischer Grundlage: Neubearbeitung*. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin.
- SLOVAR slovenskega knjižnega jezika. 2014. Inštitut za slovenski jezik Frana Ramovša ZRC SAZU. Ljubljana. <http://www.fran.si/> (20. februar 2015).
- ŠERCELJ, A., 1996: *Začetki in razvoj gozdov v Sloveniji*. Slovenska akademija znanosti in umetnosti. Razred za naravoslovne vede. Dela (Opera) 35, Ljubljana.
- ULBER, M., F. GUGERLI & G. BOŽIČ, 2004: *Technical guideliness for genetic conservation and use for Swiss stone pine (Pinus cembra)*. International Plant Genetic Resources Institute. Rome. http://www.biodiversityinternational.org/uploads/tx_news/Swiss_stone_pine__Pinus_cembra__928.pdf (30. september 2013).
- WRABER, T., 1990: *Sto znamenitih rastlin na Slovenskem*. Prešernova družba. Ljubljana.
- ZUPANČIČ, M., M. WESTERGREN, A. KOTNIK & G. BOŽIČ, 2011: *Tehnične smernice za ohranjanje in rabo genskih virov: črni bor, sredozemski bori: alepski bor, pinija in obmorski bor, ter petigličasti bori: cemprin, molika, zeleni bor (Pinus nigra, P. halepensis, P. pinea, P. pinaster, P. cembra, P. peuce, P. strobus)*. Gozdarski vestnik (Ljubljana) 69 (2): 107–114.
- ZUPANČIČ, M., 2015: Cemprin v združbi smrekovja z gozdno bekico. Znanstveno raziskovalni center SAZU, Biološki Inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU. Ljubljana (osebni vir, 18. marec 2015).
- ZUPANČIČ, N., 2015: Določitev vzorcev kamnin. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta. Ljubljana (osebni vir, 5. marec 2015).

NEW LOCALITIES OF *BUGLOSSOIDES PURPUROCAERULEA* (L.) I. M. JOHNSTON IN THE JULIAN ALPS (NW SLOVENIA)

NOVA NAHAJALIŠČA VRSTE *BUGLOSSOIDES* *PURPUROCAERULEA* (L.) I. M. JOHNSTON V JULIJSKIH ALPAH (SEVEROZAHODNA SLOVENIJA)

Mitja ZUPANČIČ¹, Jože SKUMAVEC², Andrej ROZMAN³, Igor DAKSKOBLER^{4*}

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0030>

ABSTRACT

New localities of *Buglossoides purpurocaerulea* (L.) I. M. Johnston in the Julian Alps (NW Slovenia)

In the north-eastern foothills of the Julian Alps, above the village of Krnica under the peak of Srednji Vrh in the Radovna Valley, we found a new locality of the thermophilous Pontic-Mediterranean (South-European-West-Asian) species *Buglossoides purpurocaerulea*. This is so far the only locality in the Triglav National Park and the most northeastern locality in the Julian Alps, in a region with a relatively cold Alpine climate. We recorded it in a stand of thermophilous deciduous trees, European hop-hornbeam (*Ostrya carpinifolia*) and manna ash (*Fraxinus ornus*), which we for now classify in the association *Fraxino orno-Ostryetum carpinifoliae*. This species thrives in this community, but also in thermophilous beech forests in similar geological conditions but in a warmer and more humid climate, in the south-western foothills of the Julian Alps above the Bača Valley and in the Tolmin area.

Key words: *Buglossoides purpurocaerulea*, *Fraxino orni-Ostryetum carpinifoliae*, phytosociology, Triglav National Park, Julian Alps, Slovenia

IZVLEČEK

Nova nahajališča vrste *Buglossoides purpurocaerulea* (L.) I. M. Johnston v Julijskih Alpah (severozahodna Slovenija)

V severovzhodnem prigorju Julijskih Alp nad vasjo Krnica pod Srednjim vrhom v dolini Radovne smo našli novo nahajališče toploljubne pontsko-sredozemske (južno-evropsko-zahodnoazijske) vrste *Buglossoides purpurocaerulea*. To je do zdaj edino nahajališče v Triglavskem narodnem parku in najbolj severovzhodno nahajališče v Julijskih Alpah, v območju z razmeroma hladnim alpskim podnebjem. Popisali smo jo v sestoju toploljubnih listavcev, črnega gabra in malega jesena, ki ga za zdaj uvrščamo v asociacijo *Fraxino orno-Ostryetum carpinifoliae*. V tej združbi, a tudi v toploljubnih bukovih gozdovih, v podobnih geoloških razmerah, a v toplejšem in bolj vlažnem podnebju, uspeva ta vrsta tudi v jugozahodnem prigorju Julijskih Alp nad Baško dolino in v okolici Tolmina.

Ključne besede: *Buglossoides purpurocaerulea*, *Fraxino orni-Ostryetum carpinifoliae*, fitocenologija, Triglavski narodni park, Julijske Alpe, Slovenija

¹ SAZU, Novi trg 3, SI-1000 Ljubljana

² Zgornje Laze 21, SI-4247 Zgornje Gorje, skumavec@siol.net

³ Biotechnical Faculty of the University in Ljubljana, Department of Forestry and Renewable Forest Resources, Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana, andrej.rozman@bf.uni-lj.si

⁴ Institute of Biology, Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Regional Research Unit Tolmin, Brunov drevored 13, SI-5220 Tolmin and Biotechnical Faculty of the University in Ljubljana, Department of Forestry and Renewable Forest Resources, Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana.

* correspondence: igor.dakskobler@zrc-sazu.si

1 INTRODUCTION

During the annual hike of the Simon Zima Gorje Caving Society to Gorjanski Jama in 2014, one of coauthors, Jože Skumavec, discovered an interesting locality of the thermophilous purple gromwell – *Buglossoides purpurocaerulea* (L.) I. M. Johnston, below Srednji Vrh (882 m a.s.l.) above the village of Krnica in the Radovna Valley. His determination was confirmed by M. Zupančič and I. Dakskobler. The species is rare in the cold Alpine area of Gorenjska, although its occur-

rence is possible in warm places at a lower altitude. We have already published a very short description (SKUMAVEC & ZUPANČIČ 2014) and later also made a detailed phytosociological inventory at the site (June 5, 2015, authors of the relevé I. Dakskobler, A. Rozman and J. Skumavec). In this article, we describe the locality on the basis of this relevé, present the site and community conditions, and list other up to date known localities of this species in the Julian Alps.

2 METHODS

The relevé of forest stand at the locality of *Buglossoides purpurocaerulea* above the Radovna Valley by the village of Krnica was made according to the Central European method (BRAUN-BLANQUET 1964) and entered into the FloVegSi database (T. SELIŠKAR, VREŠ & A. SELIŠKAR 2003). On the basis of the data of this database, we produced the map of known distribution to date of this species in Slovenia (Figure 1). The nomenclature sources for the names of vascular plants and mosses are MARTINČIČ et al. (2007) and MARTINČIČ (2003).

The species *Buglossoides purpurocaerulea* grows at Gorjanska Jama or Šimnovo Brezno in the temperate continental climate of western and southern Slovenia, which is fairly humid, with an average annual

precipitation of between 1600 mm and 1800 mm and an average annual temperature of 6 °C to 8 °C (OGRIN 1998, B. ZUPANČIČ 1998, CEGNAR 1998). The locality below Srednji Vrh has a warmer local climate due to the southwestern position and prolonged daily sunshine.

The geological base of Srednji Vrh is a mixture of marlstone, claystone, limestone, dolomite, tuff, tuffite and limestone breccia of Ladinian Triassic age (BUSER 1980, BUSER & CAJHEN 1980), soil conditions are also varied in the diverse geological base (VIDIĆ et al. 2015). When recording the phytosociological inventory *in situ*, we found that the parent material is dolomite with admixture of chert in the research surface, and the soil type is rendzina.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Chorological character of *Buglossoides purpurocaerulea* and its distribution in Slovenia

Buglossoides purpurocaerulea belongs to the borage family (*Boraginaceae*). According to “Mala Flora Slovenije” (MARTINČIČ 2007) and “Gradivo za Atlas flore Slovenije” (JOGAN et al. 2001), this species is found in Slovenia in all phytogeographical regions; in the Alpine region only growth in the Karavanke is questionable, from lowlands to the montane zone, in open (light) forests and forest edges. It is a herbaceous perennial that blooms initially with red and later blue flowers, from April to May. POLDINI (1991) and PIGNATTI (2005) rank it among Pontic geoelements and in terms of biological form among hemicryptophytes. OBERDORFER (1979) notes that it grows in oak scrub, light oak-beech or mixed beech forests on moderately

dry, nutrient- and base-rich (including limestone poor) neutral soils. It is a semi-shade species. It is included among characteristic species of the alliance *Quercion pubescentis*, and also occurs in communities of the alliance *Berberidion* or in thermophilous communities of the order *Fagetalia*. It is defined as a sub-Mediterranean species. In terms of biological form, in his opinion it is a chamaephyte, with the remark that it can also be classified as a hemicryptophyte. The ecological and horologic designation in the work *Flora alpina* (AESCHIMANN et al. 2004) is a basophile species, a characteristic species of the alliance *Quercion pubescentis*. It thrives in dry areas in the hilly and montane zone on a carbonate or mixed carbonate-silicate parent material. In terms of distribution, it is a south-European-west-Asian species. HEGI (1975) describes its distribution in detail, which includes, in addition to southern

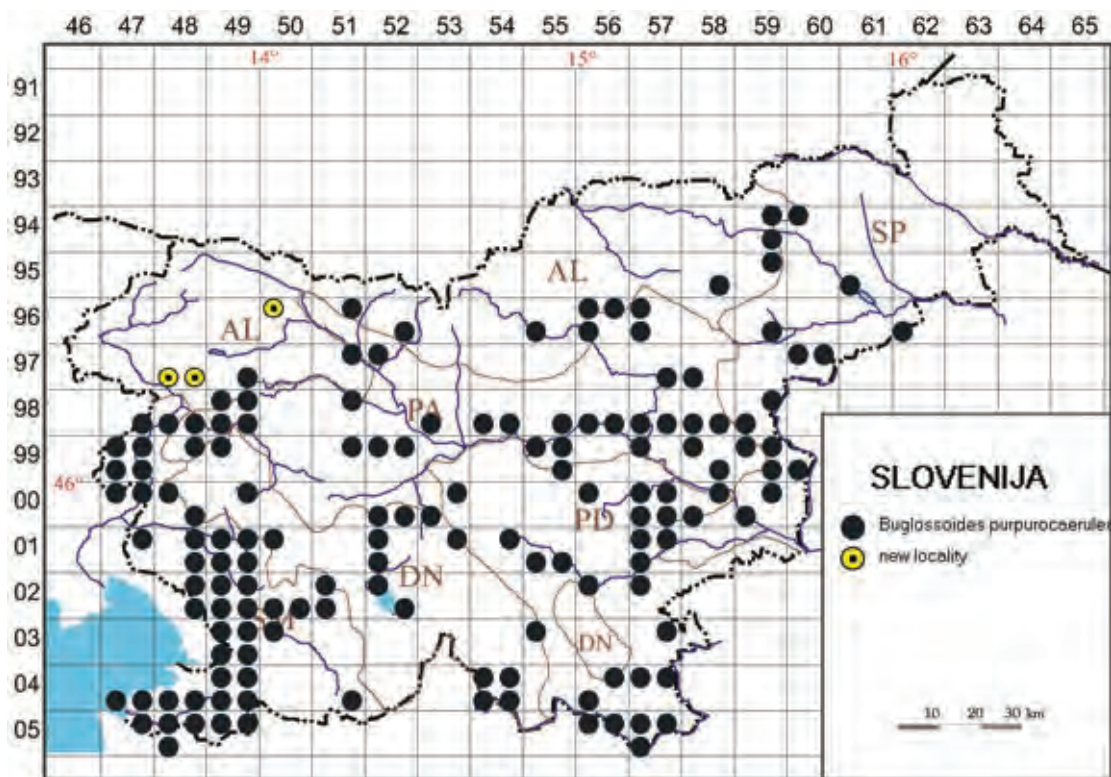


Figure 1: Distribution of *Buglossoides purpureocaerulea* in Slovenia according to the FloVegSi database (T. SELIŠKAR, VREŠ & A. SELIŠKAR 2003)

Slika 1: Razširjenost vrste *Buglossoides purpureocaerulea* v Sloveniji, po podatkih v bazi FloVegSi (T. SELIŠKAR, VREŠ & A. SELIŠKAR 2003)

and central Europe, Asia Minor and Iran (Persia), but it is not found in the Boreal region of Europe. It is ranked among Pontic-sub-Mediterranean geoelements. He states similar ecological and vegetational conditions to other authors, in particular, he agrees with OBERDORFER (ibid.). MEUSEL et al. (1978) synthesize the prevalence of *Buglossoides purpureocaerulea*, as a montane-meridional, sub-Mediterranean species of oceanic Europe, and its geofloristic definition as (central-montane eastern Mediterranean) – northern Iberian-sub-Mediterranean-montane-Armenian-Herkanic (western Pontic)-Matric-Hircinic and South Atlantic-Southern Britain species.

MAYER (1952) notes that this species is rare in Slovenia and scattered in the Gorenjska region, in some places it is common but generally scattered in Štajerska, Prekmurje, Dolenjska, Notranjska, Primorska and Istria. The detailed distribution of the species *Buglossoides purpureocaerulea* in Slovenia is shown in Figure 1 (the authors of the map are B. Vreš, I. Dakskobler, A. Seliškar, B. Anderle and B. Dolinar). The new locality under Srednji Vrh above the Radovna Valley lies in the

quadrant 9650/1 of the Central European flora mapping. Other localities known to date in the Julian Alps are based on the data of one of the authors, I. Dakskobler, all in the Bača Valley and in the Upper Soča Valley, between the villages Kuk and Volarje, in thermophilous communities that are in some ways similar but which thrive in a comparatively slightly wetter and warmer climate than above Krnica by Zgornje Gorje. The parent material is always mixed, which means that limestone or dolomite is mixed with marlstone and/or chert.

Already published localities in the Julian Alps or taken into account in published distribution maps

(see JOGAN et al. 2001, DAKSKOBLER & ČUŠIN 2002, DAKSKOBLER 2015)

9749/4: The Bača Valley (Baška Grapa), Kuk, below Durnik, 830 m a.s.l., on limestone, marlstone, chert, *Ostrya-Fagetum quercetosum petraeae*. Det. I. Dakskobler, 4. 9.1987 and 3.5.1989.

9849/1: The Bača Valley (Baška Grapa), slopes of Mali Vrh above Grahovo ob Bači, around 550 m to 620 m

a.s.l., on Bača dolomite with chert, thermophilous beech forests (*Ostryo-Fagetum*), thermophilous forests of European hop-hornbeam (*Fraxino orni-Ostryetum* s. lat.); below Koriška Gora above Koritnica, 480 m a.s.l., in the stand of the association *Fraxino orni-Ostryetum* s. lat.; by the road Hudajužna-Zarakovec (Koritnica), between Zapolje farm and Kupovo railway tunnel, steep dolomite slopes immediately above the road, around 400 m a.s.l., forest edge, higher pioneer forest growth on a site of thermophilous beech forest (*Ostryo-Fagetum*); below the Grahovo-Brdo road, steep slope above the right bank of the Bača, around 300 m a.s.l. in the stand of the associations *Carici albae-Tilietum cordatae* (or *Asperulo-Carpinetum*), *Ostryo-Fagetum*, *Seslerio autumnalis-Ostryetum*; Temljine, precipitous slopes above the Kneža (Knežica) Valley, Polica and V Plečih, 440 m a.s.l., stands of the associations *Veratro nigri-Fraxinetum* and *Saxifrago petraeae-Tilietum*. Det. I. Dakskobler, various dates.

New localities in the southern part of the Julian Alps

9748/3: Tolmin area, Volarje, Gajšč under Skalca, 425 m a.s.l., on limestone, marlstone, chert, thermophilous forest of *Quercus pubescens*, *Ostrya carpinifolia*, *Fraxinus ornus* and *Tilia cordata*, temporarily classified into the association *Fraxino orni-Ostryetum* s. lat. Det. I. Dakskobler, 21. 5. 2016.

9748/4: Tolmin area, Zadlaz-Čadrg, Laz, by the path to Kobilnik, 600 m a.s.l., on limestone and marlstone, *Seslerio autumnalis-Ostryetum* (on potential site of the association *Seslerio autumnalis-Fagetum*). Det. I. Dakskobler, 28. 5. 2008.

3.2 Phytocoenological character of the new locality by Grajska Jama below Srednji Vrh above the Radovna Valley

SKUMAVEC in ZUPANČIČ (2014) found that the steep south-western slope of Srednji Vrh is covered with low southeastern Alpine thermophilous forest or scrub of manna ash and European hop-hornbeam – *Fraxino orni-Ostryetum carpinifoliae* Aichinger 1933. This was confirmed in 2015 by our excursion (Skumavec, Dakskobler and Rozman), when the locality of *Buglossoides purpurocaerulea* was also phytosociologically inventoried. Stands of this association are common in the Alpine, pre-Alpine and northern part of the Dinaric phytogeographic region of Slovenia (DAKSKOBLER 2015).

In our relevé (Table 1), the majority of species are basophilic and neutral, very few are acidophilic. *Fraxi-*

nus ornus and *Ostrya carpinifolia* predominate in the tree layer of the inventoried stand, but we also found a specimen of downy oak (*Quercus pubescens*). This is one of the northernmost localities of this tree species in Slovenia, which shows that recorded stand thrives on very thermophilous site. We for now classify it into the association *Fraxino orni-Ostryetum carpinifoliae* Aichinger 1933. Poldini (and litt.) does not agree with the classification of stands of European hop-hornbeam and manna ash in the Southeastern Alps only into the association *Fraxino orni-Ostryetum* and proposes the description of several new associations. Our relevé contains only a few of the characteristic or differential species according to AICHINGER (1933): *Carex humilis*, *Euphorbia cyparissias*, *Melittis melissophyllum*, *Peucedanum oreoselinum*, *Peucedanum austriacum* subsp. *rablense* and *Teucrium chamaedrys* or DAKSKOBLER (2015): *Asperula aristata* and *Saxifraga hostii* (the latter is a Southeastern-Alpine endemic). Both authors classify the species *Fraxinus ornus* and *Ostrya carpinifolia* among characteristic species. Our relevé is not representative and, on the basis of a new articulation of forests of European hop-hornbeam in the Alps with nearby hills (Poldini, in preparation), we may later include it in some other association. It shows the actual condition of the species *Buglossoides purpurocaerulea* in the cold area of the Julian Alps. This is its most north-easterly locality known to date in this mountain range.

Despite the lack of characteristic or differential species of the association *Fraxino orni-Ostryetum*, almost two thirds (around 60%) of thermophilous species from the alliances *Ostryo-Carpinion*, *Quercion pubescentis*, *Fraxino orni-Ostryion* and *Carpinion*, of the orders *Quercetalia pubescentis* and *Prunetalia spinosae* and classes *Trifolio-Geranietea*, *Molinio-Arrhenatheretea* and *Festuco-Brometea* support our present decision. In view of the diversity and prevalence of thermophilous species, settlement among them the Pontic-Mediterranean species *Buglossoides purpurocaerulea* corresponded.

We wonder how the seeds came to this area? The most likely explanation is that they were carried by birds, but wind-carried may also be possible. Several known localities above the Bača Valley are near the new locality above the Radovna Valley as the crow flies. The Tolmin-Bohinj mountains and Pokljuka are an obstacle to the wind-spread of seeds, but not necessarily so because the seeds are light and tiny. In any case, the seed came to a favourable, sufficiently warm, even optimal site, and germinated. The site must be protected for the sake of floral diversity, not just because *Buglossoides purpurocaerulea* thrives here but

also because of *Amelanchier ovalis*, which grows in the immediate vicinity, *Quercus pubescens*, the (south) eastern Alpine endemic *Saxifraga hostii*, *Coronilla*

emerus subsp. *emerus*, which is a rare species in the pre-Alpine-Alpine region of Slovenia, and the entire site that allows the mentioned plants to thrive.

4 CONCLUSIONS

Buglossoides purpurocaerulea is a rarity in the flora of the Julian Alps. It is characteristic of its hitherto known sites in this mountain range that they are normally on steep sunny slopes, where the parent material is always mixed, limestone or dolomite are intermixed with marlstone and (or) chert. The soil is shallow, dominated by rendzina, in some places with a transition to brown soils. The tree layer at sites in the Upper Soča Valley, with the Bača Valley, is diverse: European hop-hornbeam, manna ash, downy oak, sessile oak, beech,

hornbeam, and sometimes also lime and small-leaved lime. Their stands are classified into the associations *Fraxino orni-Ostryetum*, *Seslerio autumnalis-Ostryetum*, *Seslerio autumnalis-Fagetum*, *Ostryo-Fagetum*, *Veratro nigri-Fraxinetum*. In the tree layer on the only locality in the Gorenjska part of the Julian Alps above Radovna Valley there are only European hop-hornbeam and manna ash, with the exception of one specimen of downy oak (*Quercus pubescens*). This stand is for now classified into the association *Fraxino orni-Ostryetum*.

5 POVZETEK

5.1 Uvod

Ob vsakoletnem pohodu jamarskega društva Simon Zima Gorje h Gorjanski jami leta 2014 je eden izmed nas, Jože Skumavec, odkril pod Srednjim vrhom (882 m n. m.) nad vasjo Krnica v dolini Radovne zanimivo nahajališče toploljubnega škrlatnomodrega ptičjega semena – *Buglossoides purpurocaerulea* (L.) I. M. Johnston. Njegovo določitev sva potrdila M. Zupančič in I. Dakskobler. Vrsta je v hladnem alpskem območju Gorenjske redka, čeprav je njeno pojavljanje mogoče na toplih mestih na manjši nadmorski višini. Najdbo smo zelo na kratko že objavili (SKUMAVEC & ZUPANČIČ 2014), šele kasneje pa na nahajališču naredili podroben fitocenološki popis (5. 6. 2015, avtorji popisa I. Dakskobler, A. Rozman in J. Skumavec). V članku bomo nahajališče opisali na podlagi tega popisa, predstavili rastiščne in združbene razmere in navedli druga zdaj znana nahajališča te vrste v Julijskih Alpah.

5.2 Metode

Fitocenološki popis na nahajališču vrste *Buglossoides purpurocaerulea* nad dolino Radovne pri vasi Krnica smo naredili po srednjeevropski metodi (BRAUN-BLANQUET 1964) in ga vnesli v bazo FloVegSi (T. SELIŠKAR, VREŠ & A. SELIŠKAR 2003). Na podlagi podatkov v tej bazi smo izdelali karto zdaj znane razširjenosti te vrste v Sloveniji (slika 1). Nomenklatura vira za

imena praprotnic in semenk ter mahov sta MARTINČIČ et al. (2007) in MARTINČIČ (2003).

Vrsta *Buglossoides purpurocaerulea* pri Gorjanski jami ali Šimnovem breznu uspeva v zmerno celinskem podnebju zahodne in južne Slovenije, ki je precej vlažno, s povprečno letno višino padavin med 1600 mm in 1800 mm in s povprečno letno temperaturo 6 °C do 8 °C (OGRIN 1998, B. ZUPANČIČ 1998, CEGNAR 1998). Rastišče pod Srednjim vrhom ima toplejše krajevno podnebje zaradi jugozahodne lege in dolgotrajnega dnevnega osončenja.

Geološka podlaga Srednjega vrha je zmes laporovca, meljevca, apnenca, dolomita, tufa, tufita, in apnenčeve breče ladinjske stopnje, triasne starosti (BUSER 1980, BUSER & CAJHEN 1980), pisani geološki podlagi raznolike so tudi talne razmere (VIDIČ et al. 2015). Ob snemanju fitocenološkega popisa in situ smo ugotovili, da je na raziskovalni ploskvi geološka podlaga dolomit z rožencem, talni tip pa rendzina.

5.3 Rezultati in razprava

5.3.1 Horološka oznaka vrste *Buglossoides purpurocaerulea* in njena razširjenost v Sloveniji

Vrsta *Buglossoides purpurocaerulea* sodi v družino srhkolistovk (*Boraginaceae*). Po Mali flori Slovenije (MARTINČIČ 2007) in Gradivu za atlas flore Slovenije (JOGAN et al. 2001) ta vrsta v Sloveniji uspeva v vseh

fitogeografskih območjih, v alpskem je vprašljivo le uspevanje v Karavankah, od nižine do gorskega pasu, v svetlih gozdovih in na gozdnih robovih. Je zelnata trajnica, ki cveti sprva z rdečimi in pozneje modrimi cvetovi od aprila do maja. POLDINI (1991) in PIGNATTI (2005) jo uvrščata med pontske geoelemente in po biološki obliki med hemikriptofite. OBERDORFER (1979) ugotavlja, da porašča hrastova grmišča, svetle hrastovo-bukove ali mešane bukove gozdove na zmer-no suhih, s hranili in bazami bogatih (tudi z apnencem revnih) nevtralnih tleh. Je polsenčna vrsta. Uvršča jo med značilnice zveze *Quercion pubescentis*, pojavlja pa se tudi v združbah zveze *Berberidion* ali v toplih združbah reda *Fagetalia*. Opredeljuje jo kot submediteransko vrsto. Po biološki obliki je po njegovem mnenju hamefit, s pripombo, da jo je mogoče uvrstiti tudi med hemikriptofite. Ekološko-horološka oznaka v delu Flora alpina (AESCHIMANN et al. 2004) je: bazofilna vrsta, značilnica zveze *Quercion pubescentis*. Porašča suha rastišča v gričevnatem in gorskem pasu na karbonatih in mešani karbonatno-silikatni geološki podlagi. Po razširjenosti je južnoevropsko-zahodno-oazijska vrsta. HEGI (1975) podrobno opisuje njeno razširjenost, ki poleg južne in srednje Evrope obsega še Malo Azijo in Iran (Perzijo), ni pa je v borealnem območju Evrope. Uvršča jo med pontsko-submediteranske geoelemente. Ekološke in vegetacijske razmere navaja podobno kot drugi avtorji, še posebej se ujema z OBERDORFER-jem (ibid.). MEUSEL et al. (1978) sintetno navajajo razširjenost vrste *Buglossoides purpurocaerulea* in sicer, kot montansko-meridionalne, submediteranske vrste oceanske Evrope, njeno geofloristično opredelitev pa kot (centralno-montansko vzhodno mediteransko)-severnoiberijsko-submediteransko-montansko armensko-herkaniško-(zahodno-pontsko)-matrijsko-hircinško in južnoatlantsko-južnobritansko.

MAYER (1952) piše, da je na Slovenskem ta vrsta redka in raztresena na Gorenjskem, ponekod pogosta, sicer pa raztresena na Štajerskem, v Prekmurju, na Dolenjskem, Notranjskem, Primorskem in v Istri. Podrobno razširjenost vrste *Buglossoides purpurocaerulea* v Sloveniji kaže slika 1 (avtorji arealne karte so B. Vreš, I. Dakskobler, A. Seliškar, B. Anderle in B. Dolinar). Novo nahajališče pod Srednjim vrhom nad dolino Radovne je v kvadrantu srednjeevropskega kartiranja flore 9650/1. Ostala do zdaj znana nahajališča v Julijskih Alpah so na podlagi podatkov enega izmed nas, I. Dakskoblerja, vsa v Baški dolini in Zgornjem Posočju, med Kukom in Volarjami, v nekoliko podobnih toploljubnih združbah, ki pa uspevajo v primerjalno nekoliko bolj vlažnem in bolj toplem podnebju kot je nad Krnico pri Zgornjih Gorjah. Geološka podlaga je

vedno mešana, kar pomeni, da sta apnencu ali dolomitu primešani laporovec in (ali) roženec.

Že objavljena ali v objavljenih arealnih kartah upoštevana nahajališča v Julijskih Alpah

(prim. JOGAN et al. 2001, DAKSKOBLER & ČUŠIN 2002, DAKSKOBLER 2015)

9749/4: Baška dolina, Kuk, pod Durnikom, 830 m nm. v., apnenec, laporovec, roženec, *Ostryo-Fagetum quercetosum petraeae*. Det. I. Dakskobler, 4. 9. 1987 in 3.5. 1989.

9849/1: Baška dolina, pobočja Malega vrha nad Grahovim ob Bači, okoli 550 m do 620 m nm. v., baški dolomit z roženci, toploljubni bukov gozd (*Ostryo-Fagetum*), toploljubni gozd črnega gabra (*Fraxino orni-Ostryetum* s. lat.); pod Koriško goro nad Koritnico, 480 m nm. v., *Fraxino orni-Ostryetum* s. lat.; ob cesti Hudajužna-Zarakovec (Koritnica), med domačijo Zapolje in železniškim predorom Kupovo, strmo dolomitno pobočje tik nad cesto, okoli 400 m n. mv., gozdni rob, višje pionirsko gozdno rastje na rastišču toploljubnega bukovja (*Ostryo-Fagetum*); pod cesto Grahovo-Brdo, strma pobočja nad desnim bregom Bače, okoli 300 m nm. v., *Carici albae-Tilietum cordatae* (ali *Asperulo-Carpinetum*), *Ostryo-Fagetum*, *Seslerio autumnalis-Ostryetum*; Temljine, prepadna pobočja nad dolino Kneže, Polica in V Plečih, 440 m nm.v., *Veratro nigri-Fraxinetum*, *Saxifrago petraeae-Tilietum*. Det. I. Dakskobler, različni datumi.

Novi nahajališči v južnem delu Julijskih Alp

9748/3: Tolminsko, Volarje, Gajšč pod Skalco, 425 m nm. v., apnenec, laporovec, roženec, toploljubni gozd puhatega hrasta, črnega gabra, malega jese-na in lipovca, začasno ga uvrščamo v asociacijo *Fraxino orni-Ostryetum* s. lat. Det. I. Dakskobler, 21. 5. 2016.

9748/4: Tolminsko, Zadlaz-Čadrg, Laz, ob poti na Kobilnik, 600 m nm. v., apnenec in laporovec, *Seslerio autumnalis-Ostryetum* (potencialno *Seslerio autumnalis-Fagetum*). Det. I. Dakskobler, 28. 5. 2008.

5.3.2 Fitocenološka oznaka novega nahajališča pri Grajski jami pod Srednjim vrhom nad dolino Radovne

SKUMAVEC in ZUPANČIČ (2014) sta ugotovila, da strmo jugozahodno pobočje Srednjega vrha porašča nizek jugovzhodnoalpski toploljubni gozd ali grmišče malega jesena in črnega gabra – *Fraxino orni-Ostryetum carpi-*

nifoliae Aichinger 1933. To je leta 2015 potrdila tudi naša ekskurzija (Skumavec, Dakskobler in Rozman), ko smo nahajališče vrste *Buglossoides purpurocaerulea* fitocenološko popisali. Sestoji te asociacije so pogosti v alpskem, predalpskem in v severnem delu dinarskega fitogeografskega območja Slovenije (DAKSKOBLER 2015).

V fitocenološkem popisu (preglednica 1) je večina vrst bazofilnih in nevtrofilnih, zelo malo je acido-filnih. V popisanem sestoju v drevesni plasti prevladujeta vrsti *Fraxinus ornus* in *Ostrya carpinifolia*, našli pa smo še primerek puhastega hrasta (*Quercus pubescens*). To je eno izmed najbolj severnih nahajališč te drevesne vrste v Sloveniji, kar kaže na veliko toploljubnost združbe, ki jo za zdaj uvrščamo v asociacijo *Fraxino orni-Ostryetum carpinifoliae* Aichinger 1933. Poldini (in litt.) z uvrstitvijo sestojev črnega gabra in malega jesena v Jugovzhodnih Alpah samo v asociacijo *Fraxino orni-Ostryetum* ne soglaša povsem in predlaga opis več novih asociacij. V popisu je le malo značilnic ali razlikovalnic po AICHINGER-ju (1933): *Carex humilis*, *Euphorbia cyparissias*, *Melittis melissophyllum*, *Peucedanum oreoselinum*, *Peucedanum austriacum* subsp. *rablense* in *Teucrium chamaedrys* oz. DAKSKOBLER-ju (2015): *Asperula aristata* in *Saxifraga hostii* (slednja je jugovzhodnoalpski endemit). Oba avtorja med značilnice uvrščata vrsti *Fraxinus ornus* in *Ostrya carpinifolia*. Fitocenološki popis ni reprezentativen in ga bomo na podlagi nove členitve gozdov črnega gabra v Alpah s prigorjem (Poldini, v pripravi) kasneje morda uvrstili v kakšno drugo asociacijo. Kaže pa dejansko stanje rastišča vrste *Buglossoides purpurocaerulea* v hladnem območju Julijskih Alp. To je do zdaj znano njeno najbolj severovzhodno nahajališče v tem gorovju.

Kljub pomanjkanju značilnic ali razlikovalnic asociacije *Fraxino orni-Ostryetum* zdajšnjo našo odločitev podpirata skoraj dve tretjini toploljubnih vrst (okoli 60 %) iz zvez *Ostryo-Carpinion*, *Quercion pubescentis*, *Fraxino orni-Ostryion* in *Carpinion*, redov *Quercetalia pubescentis* in *Prunetalia spinosae* ter razredov *Trifolio-Geranietea*, *Molinio-Arrhenatheretea* in *Festuco-Brometea*. Glede na pestrost in prevlado toploljubnih vrst

je pontsko-sredozemski vrsti *Buglossoides purpurocaerulea* ustrezala naselitev med njimi.

Sprašujemo se, kako je seme zašlo na to območje? Najverjetnejša možnost je ornitohorija, mogoča bi bila tudi anemohorija. Več znanih nahajališč nad Baško dolino je po zračni razdalji blizu novega nahajališča nad dolino Radovne. Ovira za širjenje semena z vetrom so Tolminsko-Bohinjske gore in Pokljuka, a ne nujno, saj je seme lahko in drobno. Vsekakor je prišlo seme na zanj ugodno, dovolj toplo, celo optimalno rastišče in zaživel. Nahajališče moramo zavarovati zaradi floristične pestrosti, ne samo zato, ker tu uspeva vrsta *Buglossoides purpurocaerulea*, temveč tudi zaradi šmarne hrušice (*Amelanchier ovalis*), ki raste v neposredni bližini, puhastega hrasta (*Quercus pubescens*), (jugo)vzhodnoalpskega endemita Hostovega kamnokreča (*Saxifraga hostii*), grmičaste šmarne detelje (*Coronilla emerus* subsp. *emerus*), ki je redka vrsta v predalpsko-alpskem območju Slovenije, in celotnega rastišča, ki omogoča uspevanje omenjenih rastlin.

5.4 Zaključki

Vrsta *Buglossoides purpurocaerulea* je redkost v flori Julijskih Alp. Za njena doslej znana nahajališča v tem gorovju je značilno, da so navadno na strmih prisojnih pobočjih, kjer je geološka podlaga vedno mešana, apnencu ali dolomitu sta primešana laporovec in (ali) roženec. Tla so plitva, prevladuje rendzina, ponekod s prehodi v rjava tla. Drevesna plast na nahajališčih v Zgornjem Posočju z Baško dolino je pisana: črni gaber, mali jesen, puhasti hrast, graden, bukev, beli gaber, ponekod tudi lipa in lipovec. Njihove sestoj uvrščamo v asociacije *Fraxino orni-Ostryetum*, *Seslerio autumnalis-Ostryetum*, *Seslerio autumnalis-Fagetum*, *Ostryo-Fagetum*, *Veratro nigri-Fraxinetum*. V drevesni plasti na edinem nahajališču v gorenjskem delu Julijskih Alp nad dolino Radovne sta samo črni gaber in mali jesen, z izjemo primerka puhastega hrasta. Ta sestoj za zdaj uvrščamo v asociacijo *Fraxino orni-Ostryetum*.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors owe special thanks to Dr. Branko Vreš, Mag. Andrej Seliškar, Brane Anderle and Branko Dolinar, for their help in preparing the Figure 1, and to Prof. Dr. Livio Poldini for his opinion about synsystematics of *Ostrya carpinifolia* woods in the

Southeastern Alps. Anonymous reviewer helped us with valuable improvements and corrections. We also acknowledge the financial support from the Slovenian Research Agency (research core funding No. P1-0236). English translation by Martin Cregeen.

REFERENCES – LITERATURA

- AESCHIMANN, D., K. LAUBER, D. M. MOSER & J.-P. THEURILLAT, 2004: *Flora alpina*. Bd. 2: *Gentianaceae–Orchidaceae*. Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1964: *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. 3. Auflage. Springer Verlag, Wien – New York.
- BUSER, S., 1980: *Tolmač lista Celovec (Klagenfurt). Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100 000*. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- BUSER, S. & J. CAJHEN, 1980: *Osnovna geološka karta SFRJ. L 33–53 Celovec (Klagenfurt) 1 : 100 000*. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- CEGNAR, T., 1998: *Temperatura zraka*. In: Fridl, J., D. Kladnik, M. Orožen Adamič & D. Perko (eds.): *Geografski atlas Slovenije. Država v prostoru in času*. Državna založba Slovenije, Ljubljana, pp. 100–101.
- DAKSKOBLER, I., 2015: *Phytosociological description of *Ostrya carpinifolia* and *Fraxinus ornus* communities in the Julian Alps and in the northern part of the Dinaric Alps (NW and W Slovenia, NE Italy)*. *Hacquetia* (Ljubljana) 14 (2): 175–247.
- DAKSKOBLER, I. & B. ČUŠIN, 2002: *Floristične novosti iz Posočja (zahodna Slovenija) – II. Hladnikia* (Ljubljana) 14: 13–31.
- HEGI, G., 1975: *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Berlin, Hamburg.
- JOGAN, N., T. BAČIČ, B. FRAJMAN, I. LESKOVAR, D. NAGLIČ, A. PODOBNIK, B. ROZMAN, S. STRGULC - KRAJŠEK & B. TRČAK, 2001: *Gradivo za Atlas flore Slovenije*. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju.
- MARTINČIČ, A., 2003: *Seznam listnatih mahov (Bryopsida) Slovenije*. *Hacquetia* (Ljubljana) 2 (1): 91–166.
- MARTINČIČ, A., 2007: *Boraginaceae – srhkolistovke*. In: Martinčič, A. (ed.): *Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk*. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana: 530–545.
- MARTINČIČ, A., T. WRABER, N. JOGAN, A. PODOBNIK, B. TURK, B. VREŠ, V. RAVNIK, B. FRAJMAN, S. STRGULC KRAJŠEK, B. TRČAK, T. BAČIČ, M. A. FISCHER, K. ELER & B. SURINA, 2007: *Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk*. Četrta, dopolnjena in spremenjena izdaja. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana.
- MAYER, E., 1952: *Seznam praprotnic in cvetnic slovenskega ozemlja*. Dela SAZU 5, Inštitut za biologijo 3. Ljubljana.
- MEUSEL, H., E. JÄGER, S. RAUSCHERT, E. WEINERT, 1978: *Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora II*. Jena.
- OBERDORFER, E., 1979: *Pflanzensoziologische Exkursions Flora*. Stuttgart.
- OGRIN, D., 1998: *Podnebje*. In: Fridl, J., D. Kladnik, M. Orožen Adamič & D. Perko (eds.): *Geografski atlas Slovenije. Država v prostoru in času*. Državna založba Slovenije, Ljubljana, pp. 110–111.
- PIGNATTI, S., 2005: *Valori bioindicazione delle piante vascolari della flora d'Italia*. Camerino.
- POLDINI, L., 1991: *Atlante corologico delle piante vascolari nel Friuli – Venezia Giulia*. Udine.
- SELIŠKAR, T., B. VREŠ & A. SELIŠKAR, 2003: *FloVegSi 2.0. Računalniški program za urejanje in analizo bioloških podatkov*. Biološki inštitut ZRC SAZU, Ljubljana.
- SKUMAVEC, J. & M. ZUPANČIČ, 2014: *Zanimive in redke rastline v naravnem okolju Bleda in Gorij. Razgledi Muzejskega društva Bled* (Bled) 6: 85–93.
- VIDIĆ, N. J., T. PRUS, H. GRČMAN, M. ZUPAN, A. LISEC, T. KRALJ, B. VRŠČAJ, J. RUPREHT, M. ŠPORAR, M. SUHADOLC, R. MIHELIČ & F. LOBNIK, 2015: *Tla Slovenije s pedološko karto v merilu 1: 250 000. Soils of Slovenia with soil map 1: 250 000*. European Union & University of Ljubljana, Luxemburg, Ljubljana.
- ZUPANČIČ, B., 1998: *Padavine*. In: Fridl, J., D. Kladnik, M. Orožen Adamič & D. Perko (eds.): *Geografski atlas Slovenije. Država v prostoru in času*. Državna založba Slovenije, Ljubljana, pp. 98–99.

Figures 2, 3 and 4: Photo: I. Dakskobler / Slike 2, 3 in 4: Foto: I. Dakskobler



Figure 2 (Slika 2): *Buglossoides purpureocaerulea*, Grajska Jama



Figure 3 (Slika 3): *Buglossoides purpureocaerulea*, Gajšč (Volarje)



Figure 4: Site of *Buglossoides purpurocaerulea* in the southern Julian Alps (Gajšč under Skalca, above the village of Volarje)
Slika 4: Rastišče škrlatnomodrega ptičjega semena (*Buglossoides purpurocaerulea*) v južnih Julijskih Alpah (Gajšč pod Skalco nad Volarjami)

Table 1: Stand with *Buglossoides purpurocaerulea*, Grajska Jama above the Radovna Valley
Preglednica 1: Sestoj z vrsto *Buglossoides purpurocaerulea*, Grajska jama nad dolino Radovne

Number of relevé (Zaporedna številka popisa)	1	Number of relevé (Zaporedna številka popisa)	1
Database number of relevé (Delovna številka popisa)	258224	<i>Salvia glutinosa</i>	E1 +
Elevation in m (Nadmorska višina v m)	775	<i>Ulmus glabra</i>	E2a +
Aspect (Lega)	SW	<i>Quercetalia roboris</i>	
Slope in degrees (Nagib v stopinjah)	45	<i>Hieracium sabaudum</i>	E1 r
Parent material (Matična podlaga)	DR	<i>Quercu-Fagetea</i>	
Soil (Tla)	Re	<i>Primula vulgaris</i>	E1 +
Stoniness in % (Kamnitost v %)	20	<i>Acer campestre</i>	E2a +
Cover in % (Zastiranje v %):		<i>Acer campestre</i>	E3b +
Upper tree layer (Zgornja drevesna plast)	E3b 80	<i>Acer campestre</i>	E2b +
Lower tree layer (Spodnja drevesna plast)	E3a 5	<i>Cephalanthera longifolia</i>	E1 +
Shrub layer (Grmovna plast)	E2 20	<i>Clematis vitalba</i>	E2b +
Herb layer (Zeliščna plast)	E1 70	<i>Festuca heterophylla</i>	E1 +
Moss layer (Mahovna plast)	E0 5	<i>Hepatica nobilis</i>	E1 +
Maximum diameter of trees (Največji prsni premer dreves)	cm 30	<i>Malus sylvestris</i>	E3a +
Maximum height of trees (Največja drevesna višina)	m 15	<i>Moehringia trinervia</i>	E1 +
Number of species (Število vrst)	97	<i>Rosa arvensis</i>	E2a +
Relevé area (Velikost popisne ploskve)	m ² 200	<i>Viola mirabilis</i>	E1 +
Date of taking relevé (Datum popisa)	6/5/2015	<i>Viola riviniana</i>	E1 +
Locality (Nahajališče)	Gorjanska Jama	<i>Erico-Pinetea</i>	
Quadrant (Kvadrant)	9650/1	<i>Sesleria caerulea</i>	E1 1
Coordinate GK Y (D-48)	m 427302	<i>Asperula aristata</i>	E1 +
Coordinate GK X (D-48)	m 5138112	<i>Chamaecytisus hirsutus</i>	E1 +
<i>Fraxino orni-Ostryon</i>		<i>Epipactis atrorubens</i>	E1 +
<i>Fraxinus ornus</i>	E3b 2	<i>Peucedanum austriacum</i> subsp. <i>rablense</i>	E1 +
<i>Fraxinus ornus</i>	E2b +	<i>Sambuco-Salicion capreae</i>	
<i>Fraxinus ornus</i>	E2a 1	<i>Sorbus aucuparia</i>	E2a +
<i>Ostrya carpinifolia</i>	E3b 3	<i>Fragaria vesca</i>	E1 +
<i>Peucedanum schottii</i>	E1 +	<i>Rhamno-Prunetea, Prunetalia spinosae</i>	
<i>Ostryo-Carpinion orientalis</i>		<i>Ligustrum vulgare</i>	E2a 1
<i>Asparagus tenuifolius</i>	E1 +	<i>Crataegus monogyna</i>	E2a +
<i>Coronilla emeris</i> subsp. <i>emeris</i>	E2a +	<i>Crataegus monogyna</i>	E2b +
<i>Quercion pubescentis, Quercetalia pubescentis</i>		<i>Rhamnus saxatilis</i>	E2a +
<i>Buglossoides purpurocaerulea</i>	E1 2	<i>Rosa canina</i>	E2b +
<i>Campanula persicifolia</i>	E1 1	<i>Rubus fruticosus</i> agg.	E2a +
<i>Arabis turrita</i>	E1 +	<i>Viburnum lantana</i>	E2a +
<i>Hypericum montanum</i>	E1 +	<i>Trifolio-Geranietea</i>	
<i>Melittis melissophyllum</i>	E1 +	<i>Campanula rapunculoides</i>	E1 1
<i>Sorbus aria</i>	E3a +	<i>Clinopodium vulgare</i>	E1 1
<i>Quercus pubescens</i>	E3a r	<i>Achillea distans</i>	E1 +
<i>Cornus mas</i>	E2b r	<i>Astragalus glycyphyllos</i>	E1 +
<i>Fagetalia sylvaticae</i>		<i>Calamintha einseleana</i>	E1 +
<i>Aremonia agrimonoides</i>	E1 +	<i>Digitalis grandiflora</i>	E1 +
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	E1 +	<i>Geranium sanguineum</i>	E1 +
<i>Campanula trachelium</i>	E1 +	<i>Inula conyza</i>	E1 +
<i>Cardamine impatiens</i>	E1 +	<i>Origanum vulgare</i>	E1 +
<i>Myosotis sylvatica</i>	E1 +	<i>Silene nutans</i>	E1 +
		<i>Valeriana wallrothii</i>	E1 +
		<i>Verbascum austriacum</i>	E1 +
		<i>Vincetoxicum hirsutaria</i>	E1 +
		<i>Viola hirta</i>	E1 +
		<i>Festuco-Brometea</i>	
		<i>Brachypodium rupestre</i>	E1 2
		<i>Carex humilis</i>	E1 2
		<i>Bromopsis erecta</i>	E1 1
		<i>Teucrium chamaedrys</i>	E1 1
		<i>Thymus pulegioides</i>	E1 1
		<i>Ajuga genevensis</i>	E1 +
		<i>Allium carinatum</i> subsp. <i>pulchellum</i>	E1 +
		<i>Arabis hirsuta</i>	E1 +
		<i>Centaurea triumfettii</i>	E1 +

Number of relevé (Zaporedna številka popisa)	1	Number of relevé (Zaporedna številka popisa)	1
<i>Cirsium pannonicum</i>	E1 +	<i>Asplenietea trichomanis</i>	
<i>Dianthus monspessulanus</i>	E1 +	<i>Sedum album</i>	E1 1
<i>Euphorbia cyparissias</i>	E1 +	<i>Asplenium trichomanes</i>	E1 1
<i>Festuca rupicola</i>	E1 +	<i>Dianthus sylvestris</i>	E1 +
<i>Galium lucidum</i>	E1 +	<i>Hieracium bifidum</i>	E1 +
<i>Inula hirta</i>	E1 +	<i>Hieracium glaucum</i>	E1 +
<i>Peucedanum oreoselinum</i>	E1 +	<i>Saxifraga hostii</i>	E1 +
<i>Pimpinella saxifraga</i>	E1 +	<i>Sedum maximum</i>	E1 +
<i>Plantago media</i>	E1 +	<i>Sempervivum tectorum</i>	E1 +
<i>Stachys recta</i>	E1 +	<i>Asplenium ruta-muraria</i>	E1 +
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>		Mosses (Mahovi)	
<i>Dactylis glomerata</i>	E1 +	<i>Anomodon viticulosus</i>	E0 1
<i>Galium mollugo</i>	E1 +	<i>Homalothecium lutescens</i>	E0 1
<i>Lathyrus pratensis</i>	E1 +	<i>Schistidium apocarpum</i>	E0 +
<i>Poa angustifolia</i>	E1 +		
<i>Veronica chamaedrys</i>	E1 +	Legend - legenda	
<i>Galio-Urticetea</i>		D Dolomite - dolomit	
<i>Geum urbanum</i>	E1 +	R Chert - roženec	
<i>Torilis japonica</i>	E1 r	Re Rendzina - rendzina	

IZHODIŠČA ZA RAZISKAVE UČINKOV FLAVONOIDOV, TANINOV IN SKUPNIH BELJAKOVIN V FRAKCIJAH ZRN NAVADNE AJDE (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH) IN TATARSKE AJDE (*FAGOPYRUM TATARICUM* GAERTN.)

STARTING POINTS FOR THE STUDY OF THE EFFECTS OF FLAVONOIDS, TANNINS AND CRUDE PROTEINS IN GRAIN FRACTIONS OF COMMON BUCKWHEAT (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH) AND TARTARY BUCKWHEAT (*FAGOPYRUM TATARICUM* GAERTN.)

Blanka Vombergar^{*1}, Vida Škrabanja², Zlata Luthar² & Mateja Germ²

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0031>

IZVLEČEK

Izhodišča za raziskave učinkov flavonoidov, taninov in skupnih beljakovin v frakcijah zrn navadne ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench) in tatarske ajde (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.)

V svetu in v Sloveniji uporabljamo za hrano predvsem dve vrsti ajde, navadno ajdo (*Fagopyrum esculentum*) in tatarsko ajdo (*Fagopyrum tataricum*). Zanimanje za ajdo se je povečalo zaradi njene prehranske vrednosti. Za razliko od žit, pri katerih primanjkuje lizina, so beljakovine ajde zelo kakovostne, s primerno aminokislinsko sestavo glede na potrebe ljudi. Poleg kakovostnih beljakovin je pomembna vsebnost flavonoidov (rutina in kvercetina), vsebnost mineralnih elementov, prehranskih vlaknin, pa tudi zmožnost uspevanja v mejnih območjih kmetijske pridelave. Eden od razlogov za priljubljenost pridelovanja ajde je odpornost ajde proti patogenom in boleznim ter uspešno tekmovanje z rasto plevelov. Torej je ajda primerna za ekološko pridelovanje. Ajdovo zrnje nima glutena, zato je varno za ljudi s celiakijo, ki lahko uživajo le brezglutensko hrano. Uporaba zrnja in moke tatarske ajde v prehrani se v novem času povečuje zaradi visoke vsebnosti rutina v primerjavi z navadno ajdo. Tatarsko ajdo so vsaj 200 let že pridelovali v Sloveniji, se je pa pridelovanje prenehalo v drugi polovici 20. stoletja. V nekaterih predelih Bosne in Hercegovine ter v mejnem območju Islek (severni Luksemburg, Westeifel ter v Nemčiji in obmejno območje Belgije) so bila še nedavno edina območja v Evropi s pridelavo tatarske ajde za prehrano ljudi. V zadnjih desetih letih se pridelovanje tatarske ajde vrača tudi v Slovenijo.

ABSTRACT

Starting points for the study of the effects of flavonoids, tannins and crude proteins in grain fractions of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.)

Two species of buckwheat are mainly used around the world and in Slovenia: common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) and Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*).

The renewed interest in buckwheat is based on its nutritional value. Unlike cereals, which are deficient in lysine, buckwheat has excellent protein quality due to a balanced essential amino acid composition. Emphasised are the high protein quality, the concentration of flavonoids (rutin and quercetin), mineral elements and dietary fibre, and the ability to grow in marginal areas. One of the reasons for its popularity is the relative resistance of buckwheat to pest and diseases, and the ability to repress weeds. Buckwheat is thus suitable for ecological cultivation. It does not contain gluten proteins, so it is safe for people who require gluten-free diet (coeliac disease). Tartary buckwheat grain and flour are recently increasingly used in preparing dishes due to its even much higher content of rutin in comparison with common buckwheat. Tartary buckwheat has been cultivated to some extent in Slovenia for centuries, but this ceased before the end of the 20th century. Some parts of Bosnia and Herzegovina, and the cross-border region Islek - which includes northern Luxembourg, the Westeifel, (Germany) and the border area of the of Belgium - was, not so long ago, the only places in Europe where Tartary buckwheat was still grown

¹ Izobraževalni center Piramida Maribor, Park mladih 3, SI-2000 Maribor, *blanka.vombergar@guest.arnes.si

² Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana

Ajda je pomembna rastlina v prehrani in pri prehranskih navadah v Sloveniji in prav tako v drugih državah srednje Evrope in Azije. V članku je podan pregled podatkov v znanstvenih objavah, ki so pomembna izhodišča za raziskave vsebnosti flavonoidov, taninov in beljakovin v zrnju navadne in tatarske ajde.

Ključne besede: ajda, proteini, flavonoidi, zdravje, vrednotenje

for humans. In the last 10 years, Tartary buckwheat has been returning to Slovenian fields. Buckwheat is an important plant and a dish in the cuisine and dietary habits of Slovenians and many other nations, including those of Central Europe and Asia. In the paper, based on the published scientific data, relevant starting points for the study and improvement of content of flavonoids, tannins and crude proteins in grain of common and Tartary buckwheat are presented.

Key words: buckwheat, proteins, flavonoids, health, evaluation

1 UVOD

1.1 Splošno o ajdi

Znanih je več vrst ajde, najpogostejši vrsti v pridelavi, predelavi in uporabi sta navadna ajda (*Fagopyrum esculentum* Moench) in tatarska ajda (*F. tataricum* Gaertn.). Navadna ajda je tujeprašnica, medtem ko je tatarska ajda samoprašna rastlina. Navadna ajda je tradicionalna poljščina srednje in vzhodne Evrope ter Azije. Ajda raste in se tudi načrtno prideluje v državah Azije, Evrope, južne Afrike, v Kanadi, ZDA, Braziliji in tudi v mnogih drugih predelih v svetu. Predvsem v azijskem delu je poleg navadne prisotna tudi tatarska ajda ter več divjih vrst. Tatarska ajda je omejena predvsem na območja Kitajske, Butana, Koreje, Himalaje, severnega Pakistana in vzhodnega Tibeta (OHNISHI 2004) ter na nekatera druga območja Azije. Največja regija, kjer se ajda prideluje, so južne province Kitajske na okoli 40000 ha površine (okoli 25 % celotne površine pridelovanja tatarske ajde na Kitajskem), tudi na 1200 do 3000 m nadmorske višine (WANG in sod. 2001). Na Kitajskem pridelujejo navadno ajdo na 1,5–2 milijonih ha njiv ter tatarsko ajdo na 1,0–1,5 milijonih ha (ZHAO in sod. 2004a).

Znanih je več kot 800 sort in populacij tatarske ajde (WANG in sod. 2001). Zelo zgodnjih sort z manj kot 70-dnevno vegetacijsko dobo je okoli 10 %, s srednje dolgo vegetacijsko dobo (70–90 dni) okoli 60 % ter z dolgo vegetacijsko dobo (nad 90 dni) okoli 30 %. Običajno se ajda seje spomladi na višjih nadmorskih višinah, jeseni pa na nižjih nadmorskih višinah. Vremenske razmere na južnem Kitajskem so dovolj ugodne za uspevanje ajde, količinski pridelki pa so nižji kot v severni Kitajski. Na splošno ugotavljajo, da je tatarska ajda, ki je rasla na višjih nadmorskih višinah, okusnejša kot ajda, ki je rasla na nižjih nadmorskih višinah (WANG in sod. 2001).

Pridelovanje tatarske ajde, imenovane tudi zelena, grenka ajda ali cojzla, so v Sloveniji v zadnjih petdesetih letih opustili. Kljub temu pa se posamezniki spominjajo

vsaj omejenega gojenja tatarske ajde še pred 30 leti na Dolenjskem v Radohovi vasi, na Gorenjskem v dolini Krme in na Koroškem na Tolstem vrhu (KREFT 2009).

Zrnye tatarske ajde uživajo predvsem v ekstenzivni pridelavi na JV Kitajske (BRIGGS in sod. 2004) in Sichuanu, Kitajska. Njena popularnost v prehrani narašča (BIAN in sod. 2004), prav tako pa se v literaturi tradicionalno omenja tudi njena medicinsko terapevtska vrednost (MA in sod. 2001, YASUDA 2001, ZHAO in sod. 2001, 2004a). Glavne sestavine, ki imajo zdravstveno prehransko vrednost, so flavonoidi, glavni predstavnik je rutin. Tatarska ajda lahko vsebuje bistveno več rutina kot navadna ajda, lahko tudi do stokrat več (BRIGGS in sod. 2004, PARK in sod. 2004). Prav te lastnosti zrnje tatarske ajde uvrščajo med nutraceutike.

V Sloveniji ima ajda svojo gastronomsko in kulturno tradicijo, skozi zgodovino pa se je njen pomen v prehrani ljudi spreminjal. Predvsem v zadnjem obdobju se povečuje povpraševanje po njej kot alternativni poljščini z možnim ekološkim pridelovanjem, nadalje kot druge poljščine v istem letu ter zaradi ugodne sestave. Tradicionalne jedi v Sloveniji so kaše in jedi iz moke (KREFT 1995).

Prehranska kakovost in tudi druge tehnološke ter zdravstvene lastnosti ajde kažejo na vedno večjo popularnost ajde v prehrani. Ajde dandanes v sodobnem svetu ne uživajo več zgolj zaradi lakote, ampak zaradi dobrega in drugačnega okusa, ponudbe raznovrstnih zanimivih živil in jedi, zaradi tradicionalnih vrednot, in predvsem zdravstvenih razlogov (KREFT 1989, 2001, 2003).

Za jedi, vključno z ajdovimi jedmi, je pomembna tudi okusnost in sprejemljivost (K. IKEDA 1997, K. IKEDA in sod. 2001, K. IKEDA & S. IKEDA, 2003). Rezance lahko pripravljajo iz različnih mlevskih frakcij ajdovih mok, lahko iz polnovrednih mok, najpogosteje iz mok iz notranjih delov zrna. Na Japonskem postajajo v zadnjem času popularni rezanci iz 'pravkar požehtih ajdovih zrn', 'pravkar zmlete ajdove moke', 'sveže

pripravljene testenine', 'sveže kuhani rezanci', itd. Vsi ti postopki lahko močno vplivajo na okusnost. Pomembno vlogo pri mehanskih lastnostih rezancev pa prispevajo tudi endogene beljakovine in škrob, ki so v mlevskih frakcijah v različnih količinah (K. IKEDA in sod. 2001).

1.2 Prehranska vrednost ajde

Zrnje ajde vsebuje visok odstotek beljakovin, škroba, vitaminov in mineralov. Ajda vsebuje esencialne hranilne snovi, kot so beljakovine (EGGUM 1980, EGGUM in sod. 1981, JAVORNIK in sod. 1981, JAVORNIK 1983, 1986, K. IKEDA in sod. 1991) in mineralne snovi (S. IKEDA & YAMASHITA 1994, S. IKEDA in sod. 2004) v sorazmerno visokih količinah. V zadnjem času pa predvsem prisotnost rutina oziroma flavonoidov v ajdi spodbuja proizvajalce in potrošnike k pripravi in uživanju raznovrstnih jedi iz ajde. Širi se ponudba izdelkov in ajdovih jedi. Ajda je pomembno funkcijsko živilo, lahko se dodaja tudi FFrazličnim vrstam kruhov in drugim vrstam živil kot dodatek z namenom izboljšanja prehranske vrednosti živila (KREFT in sod. 1996, ŠKRABANJA in sod. 2001, KREFT 2003, MERENDINO in sod. 2014).

Ajda je prepoznana kot pomemben visokokakovosten prehranski vir, saj je bogata z visokovrednimi beljakovinami, ki vsebujejo vse esencialne aminokisline v ugodnem razmerju, in je tudi bogata z esencialnimi maščobnimi kislinami (EGGUM in sod. 1981, STEADMAN in sod. 2001a).

Ajda vsebuje okoli 9–15 % beljakovin, okoli 1,6–3,25 % maščob in 65–75 % škroba oziroma nevlakninskih ogljikovih hidratov, 4,3–5 % vlaknin in 1,8–2,2 % pepela (BONAFACCIA in sod. 1994, KIM in sod. 2001bc, PIAO & LI 2001, ZHAO in sod. 2001, K. IKEDA 2002, LEE in sod. 2004, LIN 2004, ZHAO in sod. 2004a, FESSAS in sod. 2008, HATCHER in sod. 2008).

ZHAO in sod. (2004b) poročajo o razlikah v kemijski sestavi treh vrst ajd - divje ajde (*F. cymosum*), tatarske ajde (*F. tataricum*) in navadne ajde (*F. esculentum*). Vsebnost surovih beljakovin v ajdi *F. cymosum* je najvišja (12,5–13,1 %), v tatarski ajdi 11,5 %, v navadni pa najnižja (9,8 %). Vsebnost maščob je najvišja v tatarski ajdi (1,96 %), sledi *F. cymosum* (1,74–1,89 %), najnižja je v navadni ajdi (1,64 %).

MICHALOVÁ in sod. (2001) so primerjali sestavo in prehransko vrednost diploidne navadne ajde 'pyra' in tetraploidne navadne ajde 'emka', a niso ugotovili bistvenih razlik med njima v vsebnosti maščob (2,39–2,43 %) in pepela (2,18–2,21 %), nekoliko višja je vsebnost beljakovin pri tetraploidni ajdi (16,6 %) kot pri diploidni (15,4 %).

Vsebnost beljakovin je v tatarski ajdi višja kot pri navadni ajdi (LIN 2004). ZHAO in sod. (2001) so preučevali sestavo tatarske ajde in vsebnost hranilnih snovi primerjali z žiti. Ugotavljajo, da je vsebnost beljakovin v tatarski ajdi višja kot v pšenici, rižu in koruzi. Vsebnost surovih beljakovin v tatarski ajdi je od 11,5 do 14,6 %, medtem ko je vsebnost beljakovin v pšenični, riževi in koruzni moki od 7,8 do 9,9 %. Vsebnost škroba je v navadni ajdi višja (73,6 %) kot v tatarski ajdi (72,7 %), v treh raziskovanih vzorcih ajde *F. cymosum* pa je še nekoliko nižja (71,4–72,9 %). V vsebnosti surovih vlaknin ni velikih razlik (1,51–1,61 %).

O sestavi različnih kultivarjev tatarske ajde ('heifeng 1', 'quianwei 2', 'shouyang Gray') in njihovi prehranski vrednosti poročajo SHAN in sod. (2004). Kultivarji tatarske ajde vsebujejo 13,30–13,77 % beljakovin, 3,04–3,47 % maščob in 69,7–70,6 % škroba, kar se sklada z rezultati drugih avtorjev.

MICHALOVÁ in sod. (2001) ugotavljajo, da je manj kot 16 % razlik med diploidno in tetraploidno ajdo v vsebnosti pepela, maščob, beljakovin, vitamina B₂ ter mineralov: K, Ca, Mg, P, Zn, Fe, Mn, Cu; 16–30 % razlik v vitaminih B₁ in B₆ ter več kot 30 % razlik v vsebnosti rutina in natrija.

DVOŘÁČEK in sod. (2004) so ugotavljali vsebnost beljakovin v štirih kultivarjih navadne ajde ('pyra', 'emka', 'kara-dag' in 'gema') v treh različnih koledarskih letih in v zrnju ajde ugotovili 11,17–14,67 % surovih beljakovin. Vsebnost beljakovin se je razlikovala med sortami in tudi med leti pridelave, kar kaže na večplastno odvisnost.

Ajdova moka je vir visokovrednih beljakovin, ima ugodno razmerje aminokislin (EGGUM 1980, EGGUM in sod. 1981, S. IKEDA in sod. 2004) in je eno od redkih živil z izjemno visoko biološko vrednostjo beljakovin nad 90 (EGGUM in sod. 1981, JAVORNIK in sod. 1981, KREFT in sod. 1994, ŠKRABANJA in sod. 2000). Beljakovine ajde vsebujejo vse esencialne aminokisline v ugodnem razmerju z relativno visoko vsebnostjo lizina, treonina, triptofana in arginina (EGGUM 1980, JAVORNIK 1980, 1983, EGGUM in sod. 1981, JAVORNIK in sod. 1981, POMERANZ 1983, K. IKEDA in sod. 1986).

Vsebnost surovih beljakovin v tatarski ajdi je 11,5–14,6 %; beljakovine ajde vsebujejo 20 aminokislin, med njimi tudi 8 esencialnih v zelo ugodnem razmerju (ZHAO in sod. 2001). Avtorji so preučili aminokislinsko sestavo treh različnih vzorcev ajd ter ugotovili nekoliko nižjo vsebnost lizina v tatarski ajdi kot v navadni in divji ajdi (ZHAO in sod. 2004a). O prisotnosti aminokisline selenometionin v navadni ajdi poročajo SMRKOLJ in sod. (2006) ter VOGRINČIČ in sod. (2009). Vsebnost beljakovin in razmerje aminokislin se razlikuje med mlevskimi frakcijami ajde.

Ajdova moka vsebuje visok delež globulinov, pa tudi precej albuminov; vsebnost glutelinov je nižja, ima pa tudi izjemno nizko vsebnost prolaminov (JAVORNIK in sod. 1981, STEADMAN in sod. 2001a) in jo zato uporabljajo kot brezglutensko moko. Beljakovine ajde imajo lastnosti rezistentnih (počasi prebavljivih ali neprebavljivih) beljakovin (K. IKEDA in sod. 1986, 1991). Nekateri avtorji poročajo o relativno nizki prebavljivosti beljakovin zaradi prisotnosti inhibitorjev, npr. inhibitorjev proteaz (K. IKEDA & KISHIDA 1993).

Globulini ajde (v solni raztopini topne beljakovine ajde) so sestavljeni iz šestih kislih in šestih bazičnih polipeptidov, ki so med seboj povezani z disulfidnimi vezmi. Na podlagi rezultatov topnosti se ugotavlja, da beljakovinski agregati niso nujno povezani s kovalentnimi vezmi. Globulini ajde imajo sposobnost vezanja vode in kažejo sposobnost tvorbe emulzije. Količina topnih beljakovin in njihova stopnja agregacije sta neodvisni od postopka luščenja ajde (FESSAS in sod. 2008). Sulfhidrilne in disulfidne skupine imajo pomembno vlogo v strukturi in reaktivnosti beljakovin kakor tudi v tehnoloških lastnostih (FESSAS in sod. 2008).

Ajda je lahko zaradi nizke vsebnosti prolaminov po kemijskih in imunoloških študijah vir dietnih beljakovin za posameznike, občutljive na gluten. Prav ta lastnost pomeni eno od pomembnih uporabnih vrednosti ajde in ajdove moke, saj lahko v celoti nadomesti pšenične in druge moke in se lahko uporablja za izdelke, ki so primerni za uživanje pri bolnikih s celiakijo (SKERRITT 1986). V izdelkih za ljudi s celiakijo ne sme biti niti sledov beljakovin glutena (WIESLANDER & NORBÄCK 2001a, SCHÖBER in sod. 2003, STØRSRUD in sod. 2003, WIJNGAARD & ARENDT 2006a, KRAHL in sod. 2008).

Vrste ogljikovih hidratov so pomembne v človekovi prehrani. Rezistentni ali počasi razgradljivi ogljikovi hidrati pomagajo uravnavati nivo glukoze v krvi. Uživanje različnih ogljikohidratnih živil, kot so riž, krompir, špageti, kruh, imajo za posledico različni odziv človekovega telesa oziroma različen nivo glukoze v krvi. Raziskovalci ugotavljajo povezavo med škrobno amilozo in inzulinom. Rezistentni škrob ima lahko podobne učinke kot topne vlaknine ter vpliva na znižanje holesterola in glukoze v krvi. Pojavlja se v več ajdovih izdelkih, predvsem v ajdovi kaši. Ajdova kaša se lušči po hidrotermičnih postopkih (pre-cooked). Če ajde za postopek luščenja ne obdelamo hidrotermično, je zrnje mnogo bolj krhko. S hidrotermično obdelavo zrnja, ki je del postopka luščenja ajde, pa se v ajdovi kaši pojavi tudi manj prebavljivega škroba (63–68 %), v primerjavi s pšeničnim belim kruhom (76 %) bistveno manj. Podrobne rezultate sta objavila ŠKRABANJA &

KREFT (1998) in ŠKRABANJA in sod. (1998). Počasi razgradljiv ali celo nerazgradljiv škrob v ajdovi kaši ima lahko podobne lastnosti kot prehranske vlaknine (ŠKRABANJA & KREFT 1994). To je pomembno pri diabetesu, saj lahko uravnava glikemični status (ŠKRABANJA in sod. 2001). Počasno sproščanje glukoze iz škroba lahko podaljša telesno oziroma fizično aktivnost, prav tako pa se podaljša tudi občutek sitosti.

Kompleksi počasi absorbirajočih ogljikovih hidratov s sorazmerno nizkim glikemičnim indeksom (GI) 54 so primernejši za prehrano kot ogljikovi hidrati z visokim GI iz belih pšeničnih kruhov (ŠKRABANJA in sod. 2001). Zrnje ajde vsebuje pomembno količino retrogradiranega škroba (ŠKRABANJA & KREFT 1994, 1998, ŠKRABANJA in sod. 1998, 2000, KREFT & ŠKRABANJA 2002).

ŠKRABANJA in sod. (2001) poročajo o celokupnih količinah škroba v navadni ajdi ter razmerju med potencialno dostopnim škrobom in rezistentnim škrobom v ajdi v poskusih *in vitro*. Prebavljivost škroba v vseh izdelkih iz ajde je več kot 90 % glede na celokupni škrob. Najvišji delež rezistentnega škroba so ugotovili v kuhani ajdovi kaši (4,4 %). Celokupna vsebnost škroba v kuhani ajdovi kaši je 72,8 % v SS, od tega 67,9 % potencialno dostopnega oziroma razpoložljivega škroba in okoli 4,4 % rezistentnega škroba, kar je drugače kot pri škrobu pšenične moke, kjer je celokupna količina škroba višja, prav tako je več potencialno dostopnega škroba, medtem ko je vsebnost rezistentnega škroba bistveno nižja.

O količinah rezistentnega škroba v ajdovih izdelkih in izdelkih na osnovi pšenice poročata KREFT & ŠKRABANJA (2002) ter ugotavljata najvišjo vsebnost rezistentnega škroba v kuhani ajdovi kaši (6 %) ter ajdovih rezancih (3,4 %), medtem ko je vsebnost v pšeničnih izdelkih nižja (v pšeničnih rezancih 2,1 % in v pšeničnem kruhu 0,8 %). Stopnja amilolize se značilno zniža v obeh ajdovih izdelkih (ajdova kaša in ajdovi rezanci) v primerjavi z referenčnimi pšeničnimi izdelki. Hidrolizni indeks je pri ajdovih rezancih 61, pri pšeničnih pa 71, hidrolizni indeks pri kuhani ajdovi kaši pa je celo samo 50. Vse to so pomembni podatki za spremljanje nivoja glukoze v krvi pri sladkornih bolnikih oziroma za nadzor sladkorne bolezni. Raziskave škroba v ajdi je nadaljevala vrsta avtorjev (GREGORI & KREFT 2012, KREFT 2013, CHRUNGGOO in sod. 2013, ŠKRABANJA in sod. 2015, ŠKRABANJA & KREFT 2016, GAO in sod. 2016).

Ajda ima relativno visoko vsebnost vlaknin in je vir topnih in netopnih vlaknin (S. IKEDA in sod. 2001, STEADMAN in sod. 2001a, BONAFACCIA in sod. 2003ab). BONAFACCIA & KREFT (1994) poročata o količinah celokupnih prehranskih vlaknin v termično obdelani aj-

dovi moki ter nekaterih izdelkih (3,4–5,2 %). Okoli 20–30 % vlaknin je topnih (KREFT in sod. 1996). BONAFACCIA in sod. (2003b) ugotavljajo približno enako vsebnost vlaknin v navadni in tatarski ajdi (v moki 6,3–6,8 % v suhi snovi; v zrnju okoli 26–28 %). Prehranske vlaknine v mlevskih frakcijah navadne ajde so preučevali tudi STEADMANOVA in sod. (2001a). V finih mokah so ugotovili okoli 3 % prehranskih vlaknin, v grobih mokah z otrobi pa tudi 15–40 % vlaknin. Okoli 10 % vlaknin v ajdovih mokah, lahko tudi več, je topnih, ugotavljajo zgoraj omenjeni avtorji. Visoka toplotnost prehranskih vlaknin predstavlja za ajdo prednost. Ajda ima prav zaradi tega pomembno vlogo v preventivi in zdravljenju povišanega krvnega tlaka in ravnih holesterola.

Možna je tudi vezava vlaknin z različnimi sestavinami v moki, npr. s peptidi (S. IKEDA in sod. 2001). Prehranske vlaknine, ki jih vsebuje ajdova moka, imajo zanimivo kemijsko strukturo, vsebujejo tudi ksilozo, itd. (S. IKEDA in sod. 2001).

S. L. KIM in sod. (2001a) so preučevali vsebnost celokupnih maščob v semenih ajde in ugotovili, da je vsebnost maščob višja v tatarski ajdi (3,10–3,25 %) kot v navadni ajdi (2,0–2,4 %). Podobno trdi tudi LIN (2004) ter dodaja, da je vsebnost maščob v tatarski ajdi višja kot v pšenici in rižu ter nižja kot v koruzi. Vsebnost maščob v zrnju navadne in tatarske ajde je okoli 2,8 % (BONAFACCIA in sod. 2003b). Pri mletju se večji delež maščob nahaja v otrobih, manj pa je maščob v moki (moka 2,3–2,5 % maščob; otrobi 7,2–7,3 % maščob) (BONAFACCIA in sod. 2003b).

ZHAO in sod. (2001) poročajo o vsebnosti surovih maščob v zrnju ajde (2,15–3,01 %), ter prisotnosti devetih različnih maščobnih kislin, pretežno nenasičenih, med njimi prevladujeta oljna in linolna kislina. Podobne rezultate so dobili tudi S. L. KIM in sod. (2001a). Lipidi v semenih ajde vsebujejo večinoma nenasičene maščobne kisline, predvsem oleinsko in sub-oleinsko kislino, ki imata pozitiven vpliv na zdravje ljudi (ZHAO in sod. 2004a).

Maščobe navadne ajde imajo visoko vsebnost polinenasičenih maščobnih kislin ter nizko vsebnost nasičenih in mononenasičenih maščobnih kislin (S. L. KIM in sod. 2001a, BONAFACCIA in sod. 2003b). S. L. KIM in sod. (2001a) ugotavljajo, da med nenasičenimi maščobnimi kisljinami prevladujejo oljna (C18:1), linolna (C18:2) in linolenska (C18:3). Od celotne količine vseh maščobnih kislin je delež oljne 17,73 %, linolenske 4,24 %, največ pa je linolne 43,15 %. Med nasičenimi maščobnimi kisljinami je največ palmitinske (26,47 %) in stearinske kisline (4,12 %), prisotna je tudi miristinska, arahidinska in behenska kislina. Polinenasičene maščobne kisline (linolna, linolenska in arahidonska) so

esencialne za človekov organizem, predvsem pomembna je linolenska kislina, ki se pretvori tudi v arahidonsko. BONAFACCIA in sod. (2003b) so primerjali maščobnokislinsko sestavo navadne in tatarske ajde in ugotovili, da je v navadni ajdi okoli 20,5 % nasičenih ter približno 79,3 % nenasičenih maščobnih kislin, v tatarski ajdi pa približno 5 % manj nenasičenih ter 5 % več nasičenih maščobnih kislin (25,3 % nasičenih in 74,5 % nenasičenih). Enako kot S. L. KIM in sod. (2001a) tudi BONAFACCIA in sod. (2003b) ugotavljajo, da je od celotne količine maščobnih kislin največ oljne kisline (37 % v navadni ajdi in 35,2 % v tatarski ajdi) ter linolne kisline (39 % v navadni ajdi in 36,6 % v tatarski ajdi). Linolenske kisline je le 1 % v navadni ajdi ter le 0,7 % v tatarski ajdi, arahidonske pa tudi manj kot 2 %.

Vsebnost tokoferolov v ajdi kaže značilno pozitivno korelacijo s količino nenasičenih maščobnih kislin (S. L. KIM in sod. 2001a). Vsebnost celokupnih tokoferolov v ajdi je 1,3–2,3 mg/100 g. Najaktivnejša oblika E vitamina je alfa-tokoferol, a v semenih navadne ajde ne prevladuje. Največ je delta-tokoferola (Y. S. KIM & J. G. KIM 2001, S. L. KIM in sod. 2001a). Alfa-tokoferol ima antivnetni učinek in antioksidativne lastnosti. Rezultate o vsebnosti vitamina E v navadni ajdi (5,46 mg/100 g) objavljajo BONAFACCIA in sod. (2003b) ter WIJNGAARD & ARENDT (2006b).

Ajdova zrna so bogat vir mnogih esencialnih mineralov, ki jih moramo v prehrani pridobiti večinoma z rastlinsko hrano (KREFT 2001, ZHAO in sod. 2004b). Ajda vsebuje minerale kot so Ca, P, Mg, Na, K, Zn, Cu, Mn, Fe in Se (KREFT 2001, LEE in sod. 2004). Najvišja je vsebnost P, Mg in K. Za ugodno prehransko vrednost so pomembni predvsem Zn, Cu in Mn (S. IKEDA in sod. 1990, S. IKEDA & YAMAGUCHI 1993, S. IKEDA & YAMASHITA 1994). Pomembna je tudi vsebnost Se (KREFT 2001, STIBILJ in sod. 2004, OŽBOLT in sod. 2008).

Vsebnost makro in mikromineralov (Fe, Mn, Zn, Mg, Cu, P, K, Ca, Mg, Co, B, I, Cr in Se) v tatarski ajdovi moki pomeni pomemben vir mineralov v človekovi prehrani (PIAO & LI 2001, STEADMAN in sod. 2001b, ZHAO in sod. 2001, SHAN in sod. 2004, GOLOB in sod. 2016ab), predvsem pomemben vir Zn, Cu in Mn (S. IKEDA & YAMAGUCHI 1993, S. IKEDA & YAMASHITA 1994, BONAFACCIA in sod. 2003a). Pomembna je relativno visoka vsebnost Se v tatarski ajdi v primerjavi z rižem, pšenično in koruzno moko ter bistveno višja vsebnost Mg, kot je v riževih in pšeničnih moki, v koruzni pa ga sploh niso določili (ZHAO in sod. 2001). Zato se v sodobnem času velikokrat razmišlja o ajdovi moki kot naravnem dodatku, ki obogati sestavo osnovne moke (WIJNGAARD & ARENDT 2006b). Če ajda raste v

okolju, kjer je Se dostopen rastlinam, je lahko tudi pomemben vir tega elementa (STIBILJ in sod. 2004, SMRKOLJ in sod. 2006, GERM in sod. 2009, VOGRINČIČ in sod. 2009, GOLOB in sod. 2015, GOLOB in sod. 2016ab).

Pomembno skladišče fosforja v zrnih je fitinska kislina (*myo*-inositol-hexakis-dihydrogen phosphate). Fitinska kislina ima sposobnost, da veže različne minerale v netopne komplekse, kar zmanjšuje razpoložljivost mineralov v prebavilih in njihovo absorpcijo (S. IKEDA in sod. 2001, FRONTELA in sod. 2008). Fitinska kislina je pomemben kelator različnih kationov, predvsem Zn, Mg in Ca, pa tudi Co, Mn in Fe. Fitinska kislina in vezani minerali se nahajajo v beljakovinskih telesih v embriju (kalček), največja koncentracija pa je v perikarpu in v alevrinskih plasteh zrn. Otrobi so vir fitatov, mineralov, taninov in drugih polifenolov pri ajdi (STEADMAN in sod. 2001b), saj se koncentrirajo v otrobih (HATCHER in sod. 2008). Fitinska kislina ima lahko tudi pozitivne vloge, saj je naravni antioksidant in preprečuje oksidacijo maščob. Vsebnost fitinske kisline je nižja v tatarski ajdi kot navadni ajdi (ASAMI in sod. 2007).

Vsebnost mineralnih snovi se med diploidnimi in tetraploidnimi vrstami ajde bistveno ne razlikuje, ugotavlja MICHALOVÁ in sod. (2001), razen v vsebnosti Na, ki ga je v tetraploidni ajdi več (3,3 mg/100 g) kot v diploidni ajdi (1,6 mg/100 g).

Ajda in izdelki iz ajde (moka, kaša, itd.) imajo prav tako kot zrnje relativno visoko vsebnost mineralnih snovi in so lahko za ljudi, ki uživajo ta živila, vir mineralov (KREFT in sod. 1996, S. IKEDA in sod. 2001, STEADMAN in sod. 2001b, BONAFACCIA in sod. 2003a). Vsebuje več pomembnih mineralnih snovi (Zn, Cu, Mn, Mg, K, P) v relativno visoki količini v moki in v kaši. Z zaužitjem 100 g ajdove moke se lahko teoretično zagotovi 10 do 100 % priporočljivega dnevnega vnosa (RDA) za zgoraj omenjene mineralne snovi. Zn, Cu in K so biološko dostopnejši. Vsebnost Ca je nižja, je tudi slabše biološko dostopen, podobno pa velja tudi za Mn in Mg. Vsak mineral ima svojo unikatno in pomembno vlogo v človekovem organizmu, med katerimi je najpomembnejša aktiviranje mnogih encimov, kakor tudi različna vloga v presnovi. Biološka dostopnost mineralov je odvisna od različnih faktorjev, kot so prisotnost fitinske kisline, beljakovin, drugih mineralov, povezana je tudi z njihovo topnostjo v prebavnem traktu. Posebej zanimiva je vsebnost Zn, ki ga je prav v ajdi in tudi v rižu bistveno več kot v žitih (S. IKEDA in sod. 2001).

Zrnje ajde je pomemben vir vitaminov skupine B (BONAFACCIA in sod., 2003b). Vsebnost vitaminov B₁, C in E (S. IKEDA in sod. 1990, S. IKEDA & YAMAGUCHI 1993, S. IKEDA & YAMASHITA 1994) je pomembna za

ugodno prehransko vrednost ajde. Vsebnost vitaminov skupine B je različna pri diploidni in tetraploidni ajdi. Vsebnost vitaminov B₁ in B₆ je nekoliko višja pri tetraploidni ajdi, vsebnost B₂ pa je pri obeh ajdah skoraj enaka (MICHALOVÁ in sod. 2001). Vsebnost vitaminov B₁, B₂ in B₃ je v ajdi višja kot v drugih žitih, prav tako vsebnost rutina (ZHAO in sod. 2001). Vitamina C v vzorcih semen niso določili (MICHALOVÁ in sod. 2001). Tatarska ajda ima bistveno višjo vsebnost vitamina B₂ in rutina kot navadna ajda (LIN 2004).

Zrnje ajde in ajdova moka vsebujejo prehransko pomembne polifenolne spojine (LUTHAR 1992a, KREFT in sod. 1994, S. IKEDA in sod. 2001, STEADMAN in sod. 2001b, MATILLA in sod. 2005, ŠENSOY in sod. 2006, ASAMI in sod. 2007). Vsebnost polifenolov v zrnju ajde je tudi do 15-krat višja kot v zrnju pšenice, amaranta in kvinoje (ALVAREZ-JUBETE in sod. 2010). Zrnje ajde vsebuje 0,5–4,5 % polifenolov, moka pa 0,06–0,86 % (LUTHAR 1992a). Visoke vrednosti polifenolov so tudi v ajdovi kaši. Pri vzorcih ajde je ugotovljena tudi visoka antioksidativna aktivnost (S. IKEDA in sod. 2004). Vsebnost polifenolov v ajdovi moki je višja kot v mokah iz pšenice, koruze, riža in ječmena (S. IKEDA in sod. 2004). Antioksidativna aktivnost ajdovih izdelkov je povezana z vsebnostjo njihovih polifenolov (S. IKEDA in sod. 2001, ALVAREZ-JUBETE in sod. 2010).

Zrnje ajde, kakor tudi rastlina, vsebuje flavonoide, različne fenole in tanine. Ajda je vir rutina, kvercetina, vsebuje tudi kemferol-3-rutinozid, fagopiritol, pa tudi flavonol-3-glikozid v sledovih (OHSAVA & TSUTSUMI 1995, OOMAH & MAZZA 1996, WATANABE 1998, DIETRICH-SZOSTAC & OLESZEK 1999, PARK in sod. 2000, STEADMAN in sod. 2000, HOLASOVÁ in sod. 2002, SUZUKI in sod. 2002, PAULÍČKOVÁ in sod. 2004, KREFT in sod. 2006, BRUNORI & VÉGVARÍ 2007, DANILA in sod. 2007, JIANG in sod. 2007, LIU in sod. 2008). Pomembna je vsebnost klorofila in flavonoidov v zrnih ajde, ki pa jih zrna žit ne vsebujejo, ali pa je njihova vsebnost nizka (ZHAO in sod. 2001). Različni avtorji poročajo o sorazmerno visoki vsebnosti celokupnih flavonoidov v ajdovi moki in otrobih (LUTHAR 1992a, KREFT & LUTHAR 1993, KIM in sod. 2004, KREFT in sod. 2006, VOGRINČIČ in sod. 2010, NEMCOVA in sod. 2011).

Med vrstami in sortami ajd obstajajo razlike v vsebnosti rutina (OHSAVA & TSUTSUMI 1995, OOMAH & MAZZA 1996, FABJAN in sod. 2003, KREFT in sod. 2006, JIANG in sod. 2007, LIU in sod. 2008). Tatarska ajda ima bistveno višjo vsebnost rutina kot navadna ajda (LIN 2004, ASAMI in sod. 2007, FABJAN in sod. 2003, FABJAN 2007, KIM in sod. 2008, K. IKEDA in sod. 2012, WIELSLANDER in sod. 2012, REGVAR in sod. 2012, VOGRINČIČ in sod. 2013). Preučevali so tudi razlike med diploidno in tetraploidno ajdo. ZHAO in sod. (2001) so pri-

merjali diploidno in tetraploidno tatarsko ajdo in ugotovili, da je vsebnost rutina v tetraploidni tatarski ajdi višja kot v diploidni tatarski ajdi (vsebnost rutina v tetraploidni ajdi je 2,37 g/100 g, v diploidni tatarski ajdi pa 1,41 g/100 g). Obratno pa so ugotovili MICHÁLOVÁ in sod. (2001) za navadno ajdo. Vsebnost rutina je bila v diploidni navadni ajdi višja kot v tetraploidni navadni ajdi (v diploidni ajdi 27,9 mg/100 g SS, v tetraploidni pa le 11,7 mg/100 g).

1.3 Mlevske frakcije

Oblika zrelih zrn ajde je značilno trikotna. Luščina (perikarp), ki je zunanji del zrna, ima trdo fibrozno strukturo, običajno je temno rjava do črna. Z odstranitvijo luščine dobimo oluščena zrna, imenujemo jih tudi kaša. Zunanja plast oluščenih zrn ajde je v bistvu pokrivalo zrna, fibrozna plast, sestavljena iz celic z odebeljenimi celičnimi stenami. Alevronska plast, zunanja plast celic v endospermu, je plast z majhnimi celicami z debelimi stenami. Celice centralnega endosperma imajo tanke celične stene in so napolnjene s škrobnimi zrni. Kalček (embrio) se nahaja na vrhu zrna (os in dva kotiledona); dva tanka kotiledona (kot lista) se razpredata po endospermu in se zvijata ob zunanjem robu zrna (KREFT & DE FRANCISCO 1989, M. KREFT & S. KREFT 1999, S. KREFT & M. KREFT 2000, STEADMAN in sod. 2001a).

Celice endosperma ajde vsebujejo zrnca škroba, ki so zelo majhna, v primerjavi z zrni škroba v pšenici, rži in ječmenu. V pšenici so škrobna zrna zelo različnih velikosti, v ajdi pa zelo majhna in vsa približno enakih velikosti. Prav po škrobnih zrnih se lahko ugotovi čistost ajdove moke, predvsem če se uporablja za bolnike s preobčutljivostjo na gluten (celiakijo).

Fizikalno kemijske in tudi strukturne lastnosti beljakovin in polisaharidov so pomembne, lahko se spremenijo ob luščenju in mletju ajde. Molekule beljakovin ostajajo ob luščenju zrn relativno neprizadete (FESSAS in sod. 2008). Z luščenjem pa odvezamemo nekatere polisaharidne frakcije, ki so pomembne za tvorbo peskaste strukture.

DIETRYCH-SZÓSTAKOVA (2004) poroča o rezultatih pri luščenju ajde in pridobitku kaše. Iz 1000 kg zrnja so pridobili v procesih mletja in luščenja v mlinih na Poljskem 700–760 kg oluščenih zrn in 240–300 kg luščin. Zrnje se uporablja v prehrani ljudi, luščine se le redko uporabljajo za živalsko krmo, pogostejše pa za steljo. Luščine vsebujejo 2,5–3,3 % surovih beljakovin, 30–40 % surovih vlaknin v SS, zelo majhna je količina topnih ogljikovih hidratov (0,45–0,8 % v SS) (DIETRYCH-SZÓSTAKOVA 2004).

Različne mlevske frakcije lahko imajo različno količino mineralov in beljakovin, temne moke so v glavnem bogatejše z mineralnimi snovmi in beljakovinami kot svetlejše (bele) ajdove moke (S. IKEDA & YAMASHITA 1994). Mlevske frakcije finih svetlih mok imajo višjo vsebnost škroba. Razporeditev mineralnih snovi v mlevske frakcije je odvisna od razporeditve mineralnih snovi po tkivih in celicah zrna oziroma po delih rastlin (PONGRAC in sod. 2013ab, 2016abcdef).

Mlevske frakcije ajde nastajajo z mletjem zrnja in s sejanjem delcev. Bela moka nizkih granulacij nastaja iz notranjega dela zrn (centralnega endosperma), zdrob ali drobljenec pa iz delčkov endosperma in frakcij otrobov. Otrobi ajde vsebujejo zunanje plasti oluščene zrnja, delčke embria (kalčke) in so mlevska frakcija ajde z najvišjo vsebnostjo beljakovin (350 g/kg), maščob (110 g/kg) in prehranskih vlaknin (150 g/kg). Otrobi ajde so tudi vir fagopiritola (26 g/kg) in galaktozil derivatov D-chiro-inozitola, ki so lahko koristni pri sladkornih bolniki, ki niso zdravljeni z inzulinom (STEADMAN in sod. 2000).

Vsebnost beljakovin in maščob je v frakcijah otrobov nižja kot v luščinah. Fine moke (pretežno iz centralnega endosperma) imajo najvišjo vsebnost škroba (65–76 %), otrobi vsebujejo škroba bistveno manj (le okoli 18 %). Topni ogljikovi hidrati (saharoza, fagopiritoli, itd.) so skoncentrirani v otrobih in v kalici (okoli 7 %), v endospermu pa jih je malo. Celokupne prehranske vlaknine so netopne (celuloza, lignin, necelulozni polisaharidi) in topne (pektin, nekateri necelulozni polisaharidi). V otrobih je dvakrat več prehranskih vlaknin kot v kaši ter kar 5–10 krat več kot v finih mokah. Neškrobní polisaharidi, kot je npr. celuloza in necelulozni polisaharidi, so glavne komponente prehranskih vlaknin in so koncentrirani v debelejših celičnih stenah, kot je alevronska plast, v pokrivalu zrna in luščinah. Škrob in oligosaharide, ki se v človekovem telesu ne razgradijo (odporni na hidrolizo), obravnavamo kot prehranske vlaknine. Mineralne snovi (posebej fitati, nameščeni v beljakovinskih delih) in maščobe se nalagajo v kalčku, pokrivalu zrna in v luščini (STEADMAN in sod. 2001a).

HATCHER in sod. (2008) ugotavljajo deleže mlevskih frakcij pri mletju kanadskih kultivarjev navadne ajde. Pri mletju oluščene zrnja so pridobili 73–81 % belih mok ter 17,4–26,6 % temnih mok in otrobov. Moke, zmlate iz celih zrn, so vsebovale 1,86–2,05 % pepela ter 13,4–15,1 % beljakovin, bele moke 0,71–0,78 % pepela in 6,4–7,2 % beljakovin ter temne moke z otrobi 5,5–6 % pepela in 37,1–38,7 % beljakovin.

ŠKRABANJA in sod. (2004) so pri mletju navadne ajde sorte 'siva' dobili 23,6 % finih mok (pod 129 µm) in 11,5 % grobih mok; delež zdrobov je bil 14,5 %, otrobov 14,5 % in luščin 27,6 %. Rezultati omenjenih študij

niso medsebojno primerljivi zaradi različnih načinov mletja in presejanja.

HUNG in sod. (2007) poročajo o mletju kultivarja ajde 'mankan', pridobljenem iz Kitajske, v 16 frakcij. Pridobili so 5 frakcij finih mok iz notranjih plasti ajdovih zrn, 7 frakcij mok iz osrednjega dela zrn ter 4 mlevske frakcije iz pretežno zunanjih plasti zrn. Okoli 40 % je mok, ki so zmlete iz notranjih plasti zrn, približno 22 % je zdrobov in otrobov, zmletih iz zunanjih plasti zrn, preostali del je iz osrednjega dela zrn. Vsebnost vode v mlevskih frakcijah je bila 10,4–14,0 %, zniževala se je proti notranjosti zrn. Vsebnost pepela je bila 0,16–5,4 % in je naraščala proti zunanjim plastem zrnja. Vsebnost beljakovin v mlevskih frakcijah je bila 3,15–40,06 % in je naraščala enako kot pepel proti zunanjim plastem zrnja.

Navadno ajdo so ŠKRABANJA in sod. (2004) mleli v 23 frakcij, in sicer v fine in grobe moke, fine in grobe zdrobe, otrobe in luščine. Vsebnost beljakovin v mokah je bila 4,4–11,9 % in v otrobih 19,2–31,3 %, vsebnost škroba pa variira od 91,7 do 70,4 % v mokah ter med 42,6 in 20,3 % v otrobih. Delež topnih vlaknin v odnosu na skupne vlaknine je višji v mokah kot v zdrobih in otrobih.

MIYAKE in sod. (2004) so preučevali 5 mlevskih frakcij navadne ajde. Vsebnost vode je najvišja v mlevski frakciji, pridobljeni iz centralnega dela zrna, vsebnost vode se znižuje proti zunanjim plastem zrn oziroma v frakcijah, pridobljenih iz zunanjih plasti zrn. Vsebnost beljakovin, maščob, pepela in prehranskih vlaknin pa narašča proti zunanjim plastem zrnja. Le najbolj zunanja frakcija vsebuje površinski sloj z otrobi in je revnejša kot frakcija pod njo, ki vsebuje dele endosperma, otrobov in kalčka.

Mlevske frakcije tatarske ajde sta preučevala PIAO & LI (2001). Ugotavljala sta sestavo moke iz celega zrnja, ter mok iz zunanjih plasti ajdovih zrn, srednjih plasti in notranjih plasti zrn. Vsebnost beljakovin v zunanjih plasteh (24,02 %) je bistveno višja kot v notranjih plasteh zrn (8,78 % beljakovin). Enaka težnja kot pri beljakovinah se pojavlja tudi pri maščobah (moka iz zunanjih plasti vsebuje 6,08 % maščob, moka iz notranjih plasti pa le 1,20 % maščob). Vsebnost škroba proti notranjosti zrna narašča (moki iz zunanjih plasti so določili 52,77 %, moki iz notranjih plasti pa 79,31 % škroba). Vsebnost vlaknin se proti notranjosti zrna znižuje (moka iz zunanjih plasti vsebuje 2,21 %, moka iz notranjih plasti pa 0,50 % vlaknin).

Bele moke vsebujejo 6,5–7,2 % beljakovin, temne moke pa 37,1–38,7 % beljakovin, so v svojih raziskavah ugotovili HATCHER in sod. (2008). Vsebnost pepela v belih mokah je 0,71–0,78 %, v temnih pa 5,49–5,99 % (HATCHER in sod. 2008).

STEADMANOVA in sod. (2001a) so mleli navadno ajdo na dva različna načina in ugotavljali sestavo mlevskih frakcij. Vsebnost vode v zrnju je bila 10,1–11,2 %, v mokah 12,6–14,2 %, v otrobih 12,6–12,8 %, v luščinah pa 8,7–9,8 %. V tatarski ajdi je bila vsebnost vode v zrnju 9,7 %, v luščinah pa 8,4 %. Vsebnost beljakovin v mlevskih frakcijah navadne ajde (STEADMAN in sod. 2001a) je v belih mokah 4,3–6,5 % (na SS), v celem zrnju 12,3 %, v polnovredni moki (iz celega zrna) 11,5 %, v otrobih pa 35,5–39,3 %.

Vsebnost Se se prav tako znižuje proti sredini zrna (moka iz zunanjih plasti zrn vsebuje 0,12 %, moka iz notranjih plasti pa le 0,013 % selen), enako velja tudi za minerale K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn in Zn (PIAO & LI 2001).

Vsebnost vitamina B₃ pada proti sredini zrna (frakcije moke iz zunanjih plasti vsebujejo 3,3 mg/g, moka iz notranjih plasti 1,2 mg/g vitamina B₃) (HUNG & MORITA 2008).

Mlevske frakcije, ki imajo višjo količino beljakovin, so lahko tudi bogatejše s pomembnimi polifenolnimi spojinami (LUTHAR 1992a, KREFT in sod. 1994).

BONAFACCIA in sod. (2003b) so ugotovili, da se maščobe, beljakovine in nekateri vitamini skupine B pri mletju na kamnih bolj koncentrirajo v otrobih, najdemo jih predvsem v alevrskem sloju in kalicah. Prav tako poročajo STEADMAN in sod. (2000), da se fagopiritol in topni ogljikovi hidrati koncentrirajo v zunanjih plasteh in otrobih, kakor tudi fitati, minerali in polifenoli, vključno s tanini. Rutin pa se bolj koncentrira v luščinah (STEADMAN in sod. 2001b). Svetla ajdova moka, ki ima tudi nizko granulacijo, vsebuje več škroba in manj beljakovin, maščob, drugih topnih ogljikovih hidratov in netopnih vlaknin (STEADMAN in sod. 2001a).

1.4 Sekundarni metaboliti

Spojine v živih organizmih delimo na dve glavni skupini, primarne in sekundarne metabolite. Sekundarni metaboliti so zelo raznoliki, vrstno specifični, zastopnost posameznih ni pri vseh rastlinah enaka. Nastajajo iz primarnih metabolitov v procesu sekundarnega metabolizma. Včasih je meja med primarnim in sekundarnim metabolizmom nejasna. Rastlinske sekundarne metabolite delimo v fenolne spojine, terpene in dušik vsebujoče snovi (TAIZ & ZEIGER 2006).

Vsaka rastlinska vrsta ima svoj specifičen nabor sekundarnih metabolitov. Ti dajejo rastlinam značilne lastnosti ter imajo velik komercialni pomen. Med te metabolite se uvrščajo alifatske komponente, terpeni in terpenoidi ter fenolne snovi (LUTHAR 1992b).

Fenolne spojine so sekundarni metaboliti, ki so prisotni v rastlinah in nastanejo iz primarnih metabolitov. Imajo aromatski obroč, v naravi so običajne spojine z več hidroksilnimi skupinami, zato jih imenujemo tudi polifenoli.

Fenolne spojine so številčna in kemijsko raznolika skupina spojin. V rastlinah poznamo okoli 10000 različnih fenolnih spojin (TAIZ & ZEIGER 2006).

Fenolne spojine imajo pomembo vlogo tako v rastlinskem svetu kot v prehrani ljudi. Z izgradnjo antioksidativnih zaščitnih snovi se rastline ščitijo pred napadi virusov, bakterij in rastlinojedih organizmov ter pred močnimi sončnimi žarki, ki sprožajo nastanek prostih radikalov. Rastline vsebujejo različne fenolne spojine. Vloga fenolnih spojin je podpora rastlinam, zaščita ra-

stlin, imajo tudi zdravstveni pomen, alelopatija, lahko so farmakološko pomembne snovi. Izgradnja fenolnih spojin poteka po različnih poteh, najpogostejše poteka po poti šikiminske kisline ali po poti malonilne kisline. Fenolne spojine lahko označimo kot spojine, ki izhajajo iz šikimatne in fenilpropanoidne metabolne poti.

Fenolne spojine so spojine z vsaj enim aromatskim obročem (C_6) ter z eno ali več hidroksilnimi skupinami, neposredno vezanimi na aromatski obroč.

Rastlinski fenoli se izgrajujejo na več različnih načinov. Fenolne spojine delimo v več skupin z različnimi lastnostmi, zgradbo in molsko maso (SHAHIDI & NACZK 2003, TAIZ & ZEIGER 2006). Nekatere so topne le v organskih topilih, karboksilne kisline in glukozidi so topni v vodi, nekatere pa so netopni polimeri.

Preglednica 1: Razvrstitev fenolnih spojin po številu C-atomov (Povzeto po ABRAM 2000)

Table 1: Classification of phenolic substances by the number of C-atoms (Adapted from ABRAM 2000)

Št. C atomov	Skupina	Podskupina	Predstavniki
6	Fenoli (C_6)		
7	Fenolne kisline (C_6-C_1)		
8	Fenilacetne kisline (C_6-C_2)		
9	Hidroksicimetne kisline (C_6-C_3)	Fenilpropani Kumarini Izokumarini Kromoni	
15	Flavonoidi ($C_6-C_3-C_6$)	Flavanol Flavonol Flavon Flavanon Antocianidin Izoflavon	Flavanoli (katehin, epikatehin, galokatehin, epikatehingalat) Flavonoli (kvercetin, kemferol, rutin)
18	Lignani (C_6-C_3) ₂ Neolignani		
30	Biflavonoidi ($C_6-C_3-C_6$) ₂		
n	Lignini (C_6-C_3) _n Melanini (C_6) _n Kondenzirani tanini ($C_6-C_3-C_6$) _n		

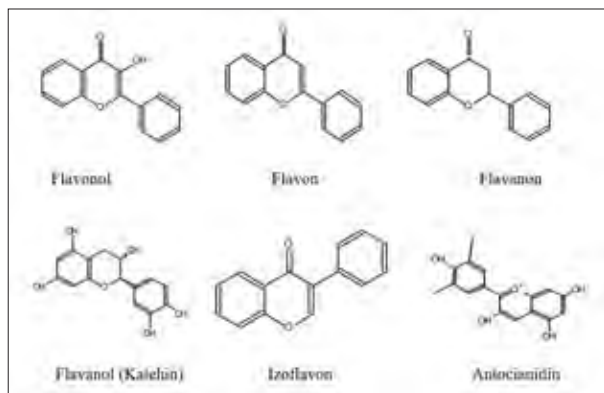
Pomembne fenolne spojine so (HAGELS 1999a):

fenolne kisline in estri,
fenolni amidi,
flavonoidi (flavononi, flavoni, flavononoli,
flavonoli, antociani, katehini)
heliantroni in naftodiantroni,
antrakinoni,
druge dušik vsebujoče spojine.

Osnovni skelet rastlinskih polifenolov tvori aromatski obroč C_6 (enostavni fenoli), osnovni

skelet za fenolne kisline je C_6-C_1 , za hidroksicimetno kislino C_6-C_3 , za flavonoide in izoflavonoide $C_6-C_3-C_6$, za biflavonoide ($C_6-C_3-C_6$)₂, za kondenzirane tanine pa ($C_6-C_3-C_6$)_n.

Vsebnost fenolnih spojin je odvisna od vrste rastline, kultivarja, deloma od rastišča (vsebnost hranil v zemlji), podnebnih razmer (temperature, svetlobe, količine padavin), agrotehničnih dejavnikov ter od načina predelave (HÄKKINEN in sod. 1999).

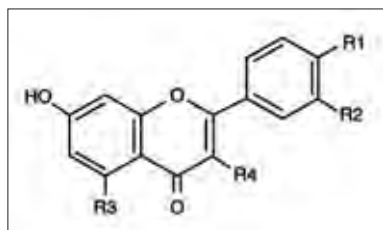


Slika 1: Organska struktura flavonoidov
Figure 1: Organic structure of flavonoids

1.5 Flavonoidi

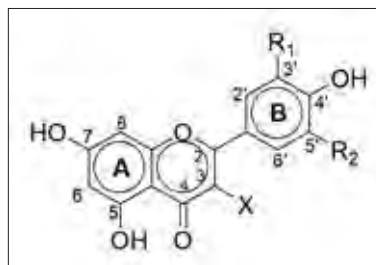
Flavonoidi so najštevilnejša skupina fenolnih spojin. Do sedaj je znanih okoli 5000 različnih spojin (ABRAM 2000, TAIZ & ZEIGER 2006). Osnovno spojino flavon sestavljajo strukture iz 15 C atomov ($C_6-C_3-C_6$), en aromatski obroč (A) ima 6 C atomov, še druga dva obroča (B in C) pa skupaj predstavljata fenilpropanoidno (C_6-C_3) enoto.

Različni razredi flavonoidov se razlikujejo po substitucijah C obroča in oksidacijski stopnji heterocikličnega C_3 obroča, znotraj razredov pa po substitucijah obročev A in B. Hidroksilne skupine kot substituenti se pojavljajo običajno na mestih C_4 , C_5 in C_7 . Flavonoidi so v naravi običajno glikozilirani, kar pomeni, da imajo na obroč vezane različne sladkorje, monosaharide (glukoza, galaktoza, arabinoza, ramnoza), disaharide (rutinoza), ali pa tudi daljše verige. Največkrat je sladkor vezan na C_3 atom, lahko pa tudi na C_5



Slika 2: Struktura v naravi prisotnih flavonoidov s prikazom številčenja na aromatskih obročih (kvercetin: R_1 , R_2 , R_3 so OH; rutin je glikozid kvercetina, na R_4 je disaharid rutinoza) Vir: Rahman in sod. (1989)

Figure 2: Structure of naturally occurring flavonoids showing numbering of ring atoms (in quercetin R_1 , R_2 and R_3 are all OH; rutin is glycoside of quercetin in which R_4 is the disaccharide). Reference: Rahman et al. (1989)



Slika 3: Struktura flavonoidov: flavonoli, $X=OH$; kvercetin, $R=OH$, $R_2=H$; kemferol, $R=H$, $R_2=H$; miricetin, $R_1=OH$, $R_2=OH$; flavoni, $X=H$; apigenin, $R_1=H$, $R_2=H$; luteolin, $R_1=OH$, $R_2=H$.

Figure 3: Structure of flavonoids: flavonols, $X=OH$; quercetin, $R_1=OH$, $R_2=H$; kaempferol, $R=H$, $R_2=H$; myricetin, $R=OH$, $R_2=OH$; flavones, $X=H$; apigenin, $R_1=H$, $R_2=H$; luteolin, $R_1=OH$, $R_2=H$

ali C_7 atom. Le redki flavonoidi imajo sladkor vezan na B obroč. Nesladkorni del molekule imenujemo aglikon.

Hidroksilne skupine in sladkorji, vezani na osnovni flavonoidni ogljikov skelet, povečujejo topnost flavonoidov v vodi (TEIZ & ZEIGER 2006)

Flavonoide delimo po aglikonu (LUTHAR 1992a):

flavoni (apigenin, apiin, kozmoziin, viteksin, luteolin, orientin) in flavonoli (kemferol, kvercetin, kvercitrin, rutin, miricetin, miricitrin), flavanoni (hesperetin, hesperitin, naringin, naringenin, fustin, aromadendrin), halkoni (florethin, florizin, butein, dihidrihalkon), izoflavoni (3-fenilkromon, genistein, genistin, puerarin), antocianidini (antocianini, pelargonidin, cianidin, delfinidin), auroni (aureusidin), biflavoni (amentoflavon, hinokiflavon), neoflavonoidi, flavonolignani.

Flavonoidi se lahko razvrščajo glede na njihovo kemijsko strukturo na osnovi stopnje oksidacije C_3 mosta med aromatskima obročema.

Poznamo več skupin flavonoidov (LUTHAR 1992a):

antocianidini (pelargonidin, cianidin), flavoni (tangeritin, luteolin, apigenin, viteksin, izoviteksin), flavonoli (kvercetin, kemferol, rutin, kvercitrin, miricetin, ramnazin, izoramnetin), izoflavoni (genistein, glicitein), flavanoli (katehin, epikatehin, katehin 3-galat, epikatehin 3-galat),

flavanoni (hesperetin, erodiktio, naringenin, hesperidin),
flavanonoli,
halkoni in
auroni.

Flavonoidi so skupine sekundarnih metabolitov v rastlinah, ki se jim v zadnjem času posveča mnogo pozornosti zaradi njihovega potencialnega antioksidativnega, antimikrobnega, antivirusnega, antivnetnega, antialergijskega in antikancerogenega delovanja (Russo in sod. 2000, ANTHONI in sod. 2008). Flavonoidi kažejo tudi zaščitni učinek pri cepitvi oziroma pri poškodbah DNK verig. Njihova uporaba se širi v medicino, farmacijo, kozmetiko in tudi v prehrano (ANTHONI in sod. 2008). Žal pa je uporaba nekaterih omejena zaradi njihove nizke topnosti in stabilnosti tako v lipofilnih kot v vodnih medijih. Zato se raziskujejo različne metode njihove boljše dostopnosti (ANTHONI in sod. 2008).

1.5.1 Rutin

Rutin ($C_{27}H_{30}O_{16}$) je flavonoid, spada med flavonole. Rutin, kvercetin-3-rutinozid, je v vodi topni glikozid z dobro raziskanimi lastnostmi (BRIGGS in sod. 2004). Na osnovno strukturo flavona s 15 C atomi je vezan disaharid rutinoza (ramnoza in glukoza) (sliki 2 in 3). Sladkor je vezan na C_3 atom.

Rutin rastline štiti pred UV sevanjem (GABERŠČIK in sod. 2002, ROZEMA in sod. 2002). Nahaja se v mnogih rastlinah, a le malo rastlin je pomembno uporabnih v prehrani ljudi. Ekološki faktorji, kot je UV sevanje, lahko pomembno vplivajo na vsebnost rutina v rastlinah (KREFT in sod. 1999, S. KREFT in sod. 2002).

Rutin je glavni bioflavonoid v ajdi (VOMBERGAR 2010). Z encimi, ki razgrajujejo rutin, se le-ta pretvori v kvercetin in rutinozo (LUKŠIČ in sod. 2016ab).

1.5.2 Kvercetin

Kvercetin ($C_{15}H_{10}O_7$) je flavonoid, spada v skupino flavonolov. Ima obliko aglikona. Z vezavo monosaharida ramnoze kot R_4 na C_3 atom nastane kvercitrin, z vezavo disaharida rutinoze na C_3 atom (kot R_4) pa rutin.

Tudi kvercetin se v nadaljnjih procesih razgrajuje oziroma iz njega nastajajo različni metaboliti, na primer 3'-O-metilkvercetin, kvercetin-3'-O-sulfat, kvercetin-3'-glukuronid, 3'-O-metilkvercetin-7-glukuronid.

Kvercetin se v tkivih ob različnih vplivih razgrajuje v biokemijskih reakcijah (COSTA in sod. 2008).

1.5.3 Flavonoidi v ajdi

Različni kultivarji ajde imajo lahko različno vsebnost rutina. O tem sta poročala že OHSAWA & TSUTSUMI (1995). Vsebnost rutina je odvisna od genotipa ajde, rastnih razmer, razvojnih faz, vremenskih razmer ter leta žetve. Že HAGELS (1999a) je objavil kar nekaj podatkov o rutinu in sekundarnih metabolitih v ajdi. Tatarska ajda vsebuje več rutina kot navadna ajda (SUZUKI in sod. 2002, FABJAN in sod. 2003, LIN 2004, ASAMI in sod. 2007, FABJAN 2007).

KREFT in sod. (2006) ugotavljajo, da različne vrste ajde lahko vsebujejo različno količino rutina. Vsebnost rutina v rastlinah je torej odvisna od vrste ajde, tudi od sorte in od drugih faktorjev (okolja rasti, nadmorske višine, drugih faktorjev). V različnih delih rastline je tudi različna vsebnost rutina (KREFT in sod. 2006). Največ rutina je pri ajdi v socvetjih ter v steblih in listih (HAGELS 1999a, B. J. PARK in sod. 2004). V semenih je manj rutina kot v listih, seveda pa je nekaj rutina tudi v ajdovih mokah, v temnejših več kot v svetlejših. Vsebnost rutina variira tako v rastlinah kot v semenih, odvisna pa je od genotipa ter tudi od rastnih razmer.

Vsebnost flavonoida rutina v steblih, listih in cvetovih so preučevali KREFT in sod. (1999) in ugotovili najvišjo vsebnost v cvetovih (46 g/kg SS), sledijo stebila (1 g/kg SS) in listi (0,3 g/kg SS).

Spremljanje 7 kultivarjev navadne ajde na 12 lokacijah in 7 kultivarjev tatarske ajde posejane na 10 lokacijah je pokazalo, da ima tatarska ajda višjo vsebnost rutina v vseh delih rastline (cvetovih, listih, steblih, koreninah in semenih) kakor navadna ajda in ajda *Fagopyrum cymosum*, zadnja pa ima vseeno višje vrednosti kot navadna ajda. Vsebnost rutina je v rastlini običajno najvišja v cvetovih, sledijo listi, semena in steblo, najnižja vsebnost pa je v koreninah (B. J. PARK in sod. 2004). Analize vsebnosti rutina kažejo nižje vrednosti pri navadnih ajdah (0,391–0,502 %) kot pri tatarskih ajdah (0,868–1,334 %). Vsebnost rutina je v zrnih od 22,6 mg/100 g pri navadni ajdi ter do 1469,8 mg/100 g pri tatarski ajdi (B. J. PARK in sod. 2004, M. KREFT 2016, I. KREFT in sod. 2016ab). Vsebnost rutina v cvetovih je v tatarski ajdi približno 2-krat višja kot v semenih, medtem ko je v cvetovih navadne ajde celo 15-krat več rutina kot v semenih.

Vsebnost flavonoidov v kalih tatarske ajde (v prvih desetih dneh kaljenja in rasti) so preučevali KIM in sod. (2007) ter ZHANG in sod. (2015). Dokazali so prisotnost klorogene kisline ter flavonoidov orientina, izoorientina, viteksina, izoviteksina ter rutina in kvercetina. Ugotavljajo, da je vsebnost flavonoidov v kalih 3 do 31-krat višja kot v koreninah in perikarpu (KIM in sod. 2007).

Vsebnost rutina v rastlinah treh tatarskih ajd (izvor Butan, ZDA in neznan) so preučevali tudi ŠROČKOVÁ in sod. (2009). Med seboj so primerjali tri analitične metode za analitiko rutina in sicer dve spektrofotometrični (AOAC metodo ter z AlCl_3) ter kromatografsko (HPLC). V rastlinah so določili od 16,12–34,23 mg rutina/100 g SS. Ugotavljajo nekoliko višje rezultate s spektrofotometričnimi analizami. Tudi S. KREFT in sod. (2002) so primerjali enake tri metode ter ugotovili prav tako nekoliko višje rezultate flavonoidov s spektrofotometričnimi metodami (okoli 30 % višje kot pri HPLC). Te pripisujejo nekoliko manjši selektivnosti AlCl_3 , saj AlCl_3 reagira tudi z drugimi flavonoidi v vzorcih, ki pa so pri HPLC vidni. Prednost pri analitiki rastlinskih vzorcev dajejo metodi z AlCl_3 pred uradno AOAC metodo, ki se uporablja za analize rutina v tabletah, saj ta metoda kaže še bistveno višje rezultate rutina.

GADŽO in sod. (2009) so preučevali flavonoide v kalicah (suhih in zmletih) ter mladih rastlinah tatarske in navadne ajde. V kalicah in mladih rastlinah tatarske ajde so ugotovili višjo količino flavonoidov kot v navadni ajdi (v kalicah tatarske ajde so ugotovili 24 g/kg SS, v mladih rastlinah tatarske ajde 16 g/kg SS, v mladih rastlinah navadne ajde 'darje' 7 g/kg SS in v mladih rastlinah navadne ajde 'bosanka' 19 g/kg SS). Podobne rezultate vsebnosti flavonoidov v kalicah so že ugotovili tudi JANOVSKÁ in sod. (2009). Preučevali so celokupne flavonoide, rutin, kvercetin in kemferol v kalicah navadne in tatarske ajde in ugotovili bistveno večjo vsebnost celokupnih flavonoidov v kultivarjih tatarske ajde (10–15,5 mg/g SS) kot navadne ajde (0,02–1,6 mg/g SS), enako pa velja tudi za vsebnost rutina (tatarska ajda 10,4–14,5 mg/g SS, navadna ajda 0–1 mg/g SS) in kvercetina.

Preglednica 2: Vsebnost flavonoidov v rastlinah ajde

Table 2: Flavonoid content in buckwheat plants

Vrsta ajde	Vzorec	Vsebnost flavonoidov	Reference
Tatarska ajda	mlade rastline	10–15,5 mg/g SS	JANOVSKÁ in sod. (2009)
Navadna ajda	mlade rastline	0,02–1,6 mg/g SS	JANOVSKÁ in sod. (2009)
Navadna ajda	rastline	37,6 µg/mg	GHIMERAY in sod. (2009)
Tatarska ajda	rastline	38,1 µg/mg	GHIMERAY in sod. (2009)
Tatarska ajda	mlade rastline	16 g/kg	GADŽO in sod. (2009)
Navadna ajda 'darja'	mlade rastline	7 g/kg	GADŽO in sod. (2009)
Navadna ajda 'bosanka'	mlade rastline	19 g/kg	GADŽO in sod. (2009)
Navadna ajda	listi steblo	14,85 g/100 g SS 3,33 g/100 g SS	OŽBOLT in sod. (2008)
Navadna ajda - tema - dan	kaljena semena	0,23–0,73 mg/g SS 0,07–0,60 mg/g SS	STEHNO in sod. (2009)
Tatarska ajda - tema - dan	kaljena semena	11,80–18,37 mg/g SS 11,05–16,80 mg/g SS	STEHNO in sod. (2009)
Navadna ajda	kalice	25,9–28,7 mg/g SS	KIM in sod. (2008)
Tatarska ajda	kalice	24,4 mg/g SS	KIM in sod. (2008)

Preglednica 3: Vsebnost flavonoidov v zrnju, luščinah in mlevskih frakcijah ajde

Table 3: Flavonoid content in buckwheat grain, husks and milling fractions

Vrsta ajde	Vzorec	Vsebnost flavonoidov	Reference
Navadna ajda	zrnje	18,8 mg/100 g SS	DIETRYCH-SZOSTAK & OLESZEK (1999)
Navadna ajda	zrnje	0,04 %	JIANG in sod. (2007)
Navadna ajda	zrnje	24,4 µg/mg	GHIMERAY in sod. (2009)
Navadna ajda 12 linij križanja	zrnje	Flavonoli 0–50 mg/100 g SS Flavanoli 15–75 mg/100 g SS	ÖLSCHLÄGER in sod. (2004)
Ajda <i>F. homotropicum</i>	zrnje	0,35 %	JIANG in sod. (2007)
Tatarska ajda	zrnje	142,2 µg/mg	GHIMERAY in sod. (2009)
Tatarska ajda	zrnje	2,04 %	JIANG in sod. (2007)
Navadna ajda	moka	0,313 %	QUETTIER-DELEU in sod. (2000)
Navadna ajda	luščine	74 mg/100 g SS	DIETRYCH-SZOSTAK & OLESZEK (1999)

Navadna ajda (različne sorte)	luščine	102,1–151,5 mg/100 g	DIETRYCH-SZOSTAK (2004)
Navadna ajda 12 linij križanja	luščine	Flavonoli 25–250 mg/100 g Flavanoli 4–66 mg/100 g	ÖLSCHLÄGER in sod. (2004)
Navadna ajda	mlevske frakcije (16 frakcij)	2,35–135,4 mg/100 g	HUNG & MORITA (2008)
Navadna ajda	kruh (pšen.+ajdova moka 9:1 do 1:1)	7,76–26,9 mg/kg	BOJŇANSKÁ in sod. (2009)
Tatarska ajda iz Koreje	kalice v prahu	24 g/kg	GADŽO in sod. (2009)

Vpliv dnevne svetlobe in teme na vsebnost celokupnih flavonoidov ter tudi rutina, kvercetina in kemferola v kalečih semenih navadne in tatarske ajde so preučevali STEHNO in sod. (2009). Ugotovili so bistveno višjo vsebnost flavonoidov in rutina v kalicah tatarske ajde, kaljenih pri dnevni svetlobi, kot pri navadni ajdi, kaljeni v enakih razmerah. Poročajo, da je v kalicah tatarske ajde 14000–18000 µg rutina/g, 50–600 µg kvercetina/g ter 12–18 mg/g SS celokupnih flavonoidov, v kalicah navadne ajde pa 50–1000 µg rutina/g, pod 0,06 µg kvercetina/g ter 0,07–0,7 mg/g SS celokupnih flavonoidov.

GHIMERAY in sod. (2009) so primerjali vsebnost rutina in celokupnih flavonoidov v navadni in tatarski ajdi in sicer v rastlinah, v kalicah pri različni temperaturi kaljenja ter pri rastlinah z različnim namakanjem; ugotovili so razlike med navadno in tatarsko ajdo ter tudi pri različnih pogojih kaljenja in namakanja.

ZHOU in sod. (2015) ter YOON in sod. (2009) so preučevali vsebnost antioksidantov v kalicah navadne in tatarske ajde in ugotovili 2,54 % rutina in 0,022 % kvercetina v kalicah tatarske ajde ter 0,005 % klorogenske kisline. V navadni ajdi pa je vsebnost v kalicah bistveno nižja (0,02 % rutina, 0,001 % kvercetina in 0,001 % klorogenske kisline). BRIGGS in sod. (2004) poročajo o različni vsebnosti rutina v navadni in tatarski ajdi. V vzorcih navadne ajde so določili 0,058 g rutina/100 g zrn, v vzorcih tatarske ajde pa več kot 100-krat več (1,834–1,972 g rutina/100 g zrn). Različni kultivarji tatarske ajde se v vsebnosti rutina med seboj skoraj ne razlikujejo. O veliki razliki v vsebnosti rutina med navadno in tatarsko ajdo poročajo tudi FABJAN in sod. (2003), vsebnost rutina pa se lahko razlikuje tudi v različnih vzorcih tatarske ajde (FABJAN 2007).

Primerjava vsebnosti rutina v semenih tatarske ajde v 7 različnih geografskih regijah pokaže najvišjo vsebnost rutina v tatarski ajdi v Butanu, sledi Slovenija (2139,7 mg/100 g oz. 1938,2 mg/100 g), v vseh ostalih regijah je vsebnost rutina nižja (1199,4–1511,5 mg/100 g) (B. J. PARK in sod. 2004). Primerjava rutina v listih tatarske ajde pa pokaže najvišje vsebnosti rutina v Bu-

tanu (5320 mg/100 g), sledijo Indija in Kitajska (4259,6 mg/100 g oz. 4100 mg/100 g), na Japonskem, v Nepal, Pakistanu in Sloveniji pa so določili nižje vsebnosti rutina v listih (2331,5–3900 mg/100 g).

O vsebnosti rutina v zrnju v 28 navadnih ajdah in 3 tatarskih ajdah poročata tudi BRUNORI & VÉGVÁRI (2007) in ugotavljata veliko variabilnost v vsebnosti rutina med vzorci navadnih ajd, ki so rasle v različnih geografskih legah (na planoti Sila v Kalabriji in v gorskem predelu Pollino). Po pričakovanju so tudi tu večje razlike v vsebnosti rutina med navadno in tatarsko ajdo, saj jih tatarska ajda vsebuje več.

SUZUKI in sod. (2004) so preučevali vsebnost rutina v moki 14 kultivarjev navadnih ajd na Japonskem ter ugotovili 0,064–0,337 mg/100 g rutina v vzorcih mok. Vsebnost rutina je lahko v različnih kultivarjih različna, razlika je lahko tudi za petkratno vrednost. Pet kultivarjev ajde, od 14-ih preiskovanih, ima vsebnost rutina nad 0,3 mg/100 g moke.

ASAMI in sod. (2007) so preučevali vsebnost rutina in kvercetina v 12 vzorcih navadne ajde in v 3 vzorcih tatarske ajde. Vsebnost rutina v vzorcih mok iz navadne ajde je 7,5–22,5 mg/100 g, vsebnost rutina v vzorcih mok iz tatarske ajde pa je okoli stokrat višja.

Vsebnost kvercetina v 12 vzorcih navadne ajde je nizka (okoli 1 mg/100 g moke), medtem ko je v vzorcih tatarske ajde okoli stokrat višja. Razmerje med rutinom in kvercetinom je v obeh ajdah (navadni in tatarski ajdi) približno enako v korist rutina. ASAMI in sod. (2007) ugotavljajo značilno razliko med vzorci navadne in tatarske ajde v vsebnosti rutina in kvercetina.

DIETRYCH-SZOSTAK & OLESZEK (1999) sta izolirala 6 flavonoidov v zrnih navadne ajde – rutin, orientin, viteksin, kvercetin, izoviteksin in izoorientin, od tega rutin in izoviteksin v oluščeni zrnih, vseh šest pa v luščinah. Celokupna vsebnost flavonoidov v oluščeni zrnih je 18,8 mg/100 g SS, v luščinah pa 74 mg/100 g SS. Vsebnost flavonoidov v luščinah je nekajkrat višja kot v zrnju, zato so luščine lahko poceni vir flavonoidov in naravnih antioksidantov (DIETRYCH-SZOSTAK 2004). Ista avtorica je raziskovala vsebnost flavonoidov v aj-

dovih zrnih v 5 poljskih sortah 'emka', 'hrusowska', 'kora', 'luba', 'panda'. Najvišjo vsebnost flavonoidov so določili v luščinah ajde 'luba' 151,5 mg/100 g, najnižjo pa v luščinah 'emke' in 'pande' 102,1–102,5 mg/100 g. Vsebnost rutina je prav tako najvišja v luščinah ajde 'luba' 79,98 mg rutina/100 g, najnižja pa v sorti 'emka' 46,1 mg rutina/100 g. Vsebnost kvercetina je v vseh vzorcih le v sledovih, od 7 mg kvercetina/100 g v sorti 'hrusowska' do najmanj 0,71 mg kvercetina/100 g v sorti 'luba'. DIETRYCH–SZOSTAK (2004) poroča, da so podobne rezultate o vsebnosti kvercetina v ajdi 'la Harpe' (0,6 mg/100 g) dobili tudi QUETTIER–DELEU in sodelavci (2000).

LIU & ZHU (2007) so določili 2,42 % celokupnih flavonoidov v celem zrnu tatarske ajde 'jingqiao2', po mletju in presejanju pa frakcija luščin vsebuje 1,53 % celokupnih flavonoidov, mlevska frakcija iz zunanjega alevronskega dela z nekaj delčki otrobov in luščin pa kar 7,16 % celokupnih flavonoidov. Vsebnost flavonoidov v moki iz centralnega endosperma je bistveno nižja. Glavni flavonoid v tatarski ajdi je rutin, so prav tako v svoji raziskavi ugotovili LIU & ZHU (2007).

Luščenje zrn z različnimi toplotnimi postopki in različnimi temperaturnimi režimi povzroči drastično znižanje celokupnih flavonoidov v oluščeni zrnih, tudi za 75 %.

Preglednica 4: Vsebnost rutina in kvercetina v rastlinah ajde

Table 4: Rutin and quercetin content in buckwheat plants

Vrsta ajde	Vzorec	Vsebnost rutina	Vsebnost kvercetina	Reference
Tatarska ajda	mlado zeleno listje	10,4–14,5 mg/g SS	pod 0,01 mg/g SS	JANOVSKÁ in sod. (2009)
Navadna ajda	mlado zeleno listje	0–1 mg/g SS	0	JANOVSKÁ in sod. (2009)
Navadna ajda tema dan	kaljena semena	134,1–255,1 µg/g 50,2–1072,1 µg/g	pod 0,06 µg/g pod 0,02 µg/g	STEHNO in sod. (2009)
Tatarska ajda tema dan	kaljena semena	9862–16635 µg/g 5646–18770 µg/g	49,9–405,0 µg/g 168,9–595,7 µg/g	STEHNO in sod. (2009)
Navadna ajda	semena 3 dni kaljena semena 7 dni kaljena semena	17,2–17,7 mg/100 g SS 78,3–80,2 mg/100 g SS 327,7–363,1 mg/100 g SS		LEE in sod. (2004)
Navadna ajda	kaljena semena	36,6 mg/100 g SS		PAULÍČKOVÁ in sod. (2004)
Navadna ajda	rastline	273 mg/100 g		GHIMERAY in sod. (2009)
Tatarska ajda	rastline	294 mg/100 g		GHIMERAY in sod. (2009)
Tatarska ajda (ZDA)	rastline	19,01–34,23 mg/100 g SS		ŠTOČKOVÁ in sod. (2009)
Tatarska ajda (Butan)	rastline	16,12–23,02 mg/100 g SS		ŠTOČKOVÁ in sod. (2009)
Tatarska ajda (neznani izvor)	rastline	18,96–26,23 mg/100 g SS		ŠTOČKOVÁ in sod. (2009)
Navadna ajda 'darja' (zmanjšano UV B sevanje)	kalice	3,12 mg/g		GERM in sod. (2009)
Tatarska ajda (Koreja)	kalice v prahu	23,62 mg/g	sledovi	GERM in sod. (2009)
Tatarska ajda (Koreja)	kalice v prahu (ekstrakt)	0,157 mg/g	sledovi	GERM in sod. (2009)
Navadna ajda	listi, cvetovi	2–10 %		KREFT in sod. (1999)
Navadna ajda	listi, cvetovi	2–10 %		HAGELS (1999a)
Tatarska ajda	kalice	2,54 % na SS	0,022 %	YOON in sod. (2009)
Navadna ajda	listi stebila cvetovi	300 ppm 1000 ppm 46000 ppm		KREFT in sod. (1999)
Navadna ajda	cvet list steblo korenina seme	372,8 mg/100 g 115,6 mg/100 g 17,4 mg/100 g 10,1 mg/100 g 22,6 mg/100 g		PARK in sod. (2004)

Tatarska ajda	cvet list steblo korenina seme	3518,6 mg/100 g 2876,0 mg/100 g 482,6 mg/100 g 22,3 mg/100 g 1469,8 mg/100 g		PARK in sod. (2004)
Ajda <i>F. cymosum</i>	cvet list steblo korenina seme	1588,1 mg/100 g 915,2 mg/100 g 17,4 mg/100 g – 453,3 mg/100 g		PARK in sod. (2004)
Navadna ajda 7 vrst	steblo listi cvetovi	0,55–0,97 g/100 g SS 5,5–6,88 g/100 g SS 5,86–7,65 g/100 g SS		KALINOVÁ & DADÁKOVÁ (2004)
Navadna ajda	korenina listi mlade rastline cvet	43,6 mg/100 g SS 4001,1 mg/100 g SS 1792 mg/100 g SS 1272 mg/100 g SS		PAULÍČKOVÁ in sod. (2004)
Navadna ajda	seme kaljeno seme kalice	0,2 mg/g SS 0,2–0,3 mg/g SS 3,8 – 4,9 mg/g SS	PMD PMD PMD	KIM in sod. (2008)
Tatarska ajda	seme kaljeno seme kalice	14,1 mg/g SS 15,1 mg/g SS 21,8 mg/g SS	PMD 0,1 mg/g SS 0,1 mg/g SS	KIM in sod. (2008)

PMD – pod mejo določljivosti

OOMAH & MAZZA (1996) sta že leta 1996 poročala o rutinu v luščinah kultivarjev navadne ajde iz Kanade (50,5–97,4 mg/100 g) ter v olušenih zrnih (le 4,2–51,1 mg rutina/100 g); WATANABE in sod. (1997) pa poročajo o določitvi več flavonoidov (rutin – 4,3 mg/100 g, kvercetin, viteksin, izoviteksin, celo hiperin – 5 mg/100 g) v japonski ajdi 'iwate zairai'.

Rutin se nalaga v luščinah navadne ajde (0,8–4,4 g/kg). Koncentracija rutina v kaši je nizka (0,2–0,3 g/kg), nekoliko višja pa v otrobih (0,7–0,8 g/kg) (STEADMAN in sod. 2001b). Vsebnost rutina v tatarski ajdi je tristostrat višja, v kaši tatarske ajde ga je kar 81 g/kg. V navadni in tatarski ajdi so določili le manjše količine kvercetina.

GHIMERAY in sod. (2009) so primerjali tudi vsebnost rutina in celokupnih flavonoidov v navadni in tatarski ajdi. Razlike v vsebnosti rutina in celokupnih flavonoidov v zrnih so očitne (rutin: navadna ajda 76 mg rutina/100 g, tatarska ajda 1197 mg rutina/100 g; celokupni flavonoidi: navadna ajda 24 µg/mg, tatarska ajda 142 µg/mg).

Vsebnost flavonoida rutina v mlevskih frakcijah ajde so ugotavljali že KREFT in sod. (1999). V moki je vsebnost rutina nizka (19–168 mg/kg), nekoliko višja pa je v frakciji otrobov (131–476 mg/kg). Rezultati nakazujejo možnost uporabe delov ajde kot prehransko dopolnilo za višji vnos flavonoidov v deželah, kjer je dnevni vnos nizek.

ŠKRABANJA in sod. (2004) ter BONAFACCIA in sod. (2003a, 2003b) so ugotovili, da se frakcije zrn ajde med seboj zelo razlikujejo po vsebnosti primarnih in sekundarnih metabolitov. To je bilo podrobneje preučeno za navadno ajdo (ŠKRABANJA in sod. 2004), ne pa še podrobno za tatarsko ajdo.

ŠKRABANJA in sod. (2004) navajajo vsebnost 29,5 ppm rutina v frakciji luščin, zelo podobne vsebnosti pa ugotavljajo tudi v zelo finih mokah nizkih granulacij (19,2–81,6 ppm). V finih in grobih zdrobih (višje granulacije) vsebnost rutina narašča (131,9–259,5 ppm), v otrobih pa je od 326,8 do 476,9 ppm.

SHAN in sod. (2004) poročajo o sorazmerno visoki vsebnosti celokupnih flavonoidov v ajdovi moki (0,18–0,24 %), predvsem pa v otrobih (6,71–7,56 % v SS). Podobno poročajo mnogi drugi avtorji. Vsebnost flavonoidov v mlevskih frakcijah je po rezultatih HUNGA & MORITE (2008) od 23,5 do 1354,1 µg/g moke. S flavonoidi bogatejše so zunanje plasti ajdovih zrn. Flavonoidi se v ajdovih zrnih nahajajo v večjem deležu v vezani obliki, zato je potrebno za uspešnejšo ekstrakcijo opraviiti alkalno, kislo ali encimsko razgradnjo.

HUNG & MURITA (2008) sta raziskovala vsebnost celokupnih flavonoidov in rutina v 16 mlevskih frakcijah ajde. Zunanje plasti zrn ajde imajo višjo prehransko vrednost zaradi višje vsebnosti fenolov in flavonoidov. Njihova vsebnost je v frakcijah mok iz zunanjih plasti zrn bistveno višja. Vsebnost rutina v frakcijah iz

Preglednica 5: Vsebnost rutina in kvercetina v zrnju navadne in tatarske ajde po podatkih več avtorjev**Table 5: Rutin and quercetin content in common and Tartary buckwheat grain according to results of different re-search studies**

Vrsta ajde	Vzorec	Vsebnost rutina	Vsebnost kvercetina	Reference
Navadna ajda	zrnje	76 mg/100 g		GHIMERAY in sod. (2009)
Navadna ajda	zrnje	76 mg/100 g		GHIMERAY in sod. (2009)
Navadna ajda	zrnje	20 mg/100 g		JIANG in sod. (2007)
Navadna ajda	zrnje	0,0584 g/100 g		BRIGGS in sod. (2004)
Navadna ajda	zrnje	12,2–13,6 mg/100 g SS		MORISHITA in sod. (2007)
Navadna ajda	zrnje z luščino	500–800 mg/kg SS		HAGELS (1999a)
Navadna ajda	zrnje z luščino	12,6 mg/100 g SS		PAULÍČKOVÁ in sod. (2004)
Navadna ajda 'darja', 'siva'	zrnje	272–341 mg/kg SS	0	FABJAN (2007)
Navadna ajda 'darina', 'siva', 'darja'	zrnje	115–181 mg/kg SS		KREFT in sod. (2006)
Navadna ajda - različne sorte	zrnje	0,1–0,92 %		YU & LI (2007)
Navadna ajda	zrnje	17,2–17,7 mg/100 g SS		LEE in sod. (2004)
Navadne ajde – 7 sort	zrnje	0,3915–0,5205 %		YAN in sod. (2004)
Navadna ajda iz Kanade	zrnje	44,2–51,1 mg/100 g		OOMAH & MAZZA (1996)
Ajda 'pyra' (diploidna)	zrnje	27,9 mg/100 g		MICHALOVÁ in sod. (2001)
Ajda 'emka' (tertaploidna)	zrnje	11,7 mg/100 g		
Ajda <i>F. homotropicum</i>	zrnje	0,10 %		JIANG in sod. (2007)
Navadna ajda	zrnje	0,01 % /SS	0	FABJAN in sod. (2003)
Tatarska ajda	zrnje	0,8–1,7 % /SS	sledovi	FABJAN in sod. (2003)
Tatarska ajda	zrnje	1,83–1,97 g/100 g		BRIGGS in sod. (2004)
Tatarska ajda	zrnje	1669 mg/100 g		JIANG in sod. (2007)
Tatarska ajda	zrnje	1197 mg/100 g		GHIMERAY in sod. (2009)
Tatarska ajda	zrnje	1808–1853 mg/100 g SS		MORISHITA in sod. (2007)
Tatarska ajda – različne sorte	zrnje	1,19–2,91 %		YU & LI (2007)
Tatarska ajda – 7 vrst	zrnje	0,869–1,334 %		YAN in sod. (2004)
Tatarska ajda	zrnje	1197 mg/100 g		GHIMERAY in sod. (2009)
Tatarska ajda	zrnje	14698 mg/kg SS		PARK in sod. (2004)
Tatarska ajda	zrnje	11994–21397 mg/kg SS		SUZUKI in sod. (2005ab)
Tatarska ajda	zrnje	8684–13341 mg/kg SS		CHAI in sod. (2004)
Tatarska ajda – stara slov.sorta iz Krme (Slovenija)	zrnje	16700 mg/kg SS		KITABAYASHI in sod. (1995)
Tatarske ajde – več vzorcev iz Kitajske	zrnje	8060–16633 mg/kg	473–900 mg/kg SS	FABJAN (2007)
Tatarske ajde – več vzorcev iz Luksemburga	zrnje	6499–12900 mg/kg	493–503 mg/kg SS	FABJAN (2007)
Tatarska ajda iz Italije	zrnje	12148 mg/kg SS	0	FABJAN (2007)
Tatarska ajda ShanXi	zrnje	13378 mg/kg SS	0	FABJAN (2007)

Preglednica 6: Vsebnost rutina in kvercetina v polizdelkih in izdelkih iz navadne ajde**Table 6: Rutin and quercetin content in common buckwheat products**

Vrsta ajde	Vzorec	Vsebnost rutina	Vsebnost kvercetina	Reference
Navadna ajda	zrnje brez luščin	447–510 mg/kg SS		OOMAH & MAZZA (1996)
Navadna ajda 'siva', 'darja', 'darina'	zrnje brez luščin (kaša)	115,9–181,9 mg/kg SS		KREFT in sod. (2006)
Navadna ajda	zrnje brez luščin	17,8 mg/100 g SS		PAULÍČKOVÁ in sod. (2004)
Navadna ajda 'siva'	kaša	248 mg/kg SS	0	FABJAN (2007)
Navadna ajda	kaša surova	230 mg/kg SS		KREFT in sod. (2006)
Navadna ajda	kaša (predhodno kuhana)	87,9 mg/kg		KREFT in sod. (2006)
Navadna ajda 'manor', 'manchan'	luščine	840–4410 mg/kg SS	9–29 mg/kg SS	STEADMAN in sod. (2001b)
Navadna ajda	luščine	29 mg/kg SS		KREFT in sod. (1999)
Navadna ajda	luščine	43 mg/kg SS	25 mg/kg SS	WATANABE in sod. (1997)
Navadna ajda	luščine	505–970 mg/kg SS		OOMAH & MAZZA (1996)
Navadna ajda	luščine	30 mg/kg SS		ŠKRABANJA in sod. (2004)
Navadna ajda	luščine		223–324 mg/kg SS	DIETRYCH-SZOSTAK & OLE- SZEK (1999)
Navadna ajda 'darja'	luščine	547 mg/kg SS	0	FABJAN (2007)
Navadna ajda – 5 sort	luščine	46,1–79,98 mg/100 g	0,7–7 mg/100 g	DIETRYCH-SZOSTAK (2004)
Navadna ajda 'La Harpe'	luščine	0,6 mg/100 g		QUETTIER-DELEU in sod. (2000)
Japonska navadna ajda 'Iwate'	luščine	4,3 mg/100 g		WATANABE in sod. (1997)
Navadna ajda iz Kanade	luščine	50,5–97,4 mg/100 g		OOMAH & MAZZA (1996)
Navadna ajda	zrnje z luščino			STEADMAN in sod. (2001b)
	-fina moka	0,155 g/kg SS	0,002 g/kg SS	
	-otrobi z luščino	0,697–0,784 g/kg SS	0,007–0,01 g/kg SS	
Navadna ajda	-otrobi brez luščine	0,536 g/kg SS	0,003 g/kg SS	STEADMAN in sod. (2001b)
	zrnje brez luščine			
	-kaša	0,259 g/kg SS	0,002 g/kg SS	
	-moka iz zrna	0,193 g/kg SS	0,001 g/kg SS	
Navadna ajda	-fina moka	0,06–0,07 g/kg SS	0–0,001 g/kg SS	STEADMAN in sod. (2001b)
	-otrobi	0,465–0,503 g/kg SS	0,001–0,009 g/kg SS	
Navadna ajda 'siva'	svetla moka temna moka	19 mg/kg SS 168 mg/kg SS		KREFT in sod. (1999)
Navadna ajda	moka	380–1010 mg/kg SS		QIAN in sod. (1999)
Navadna ajda	moka luščine	98 mg/kg 456 mg/kg		QUETTIER-DELEU in sod. (2000)
Navadne ajde 'siva', 'darja'	moka	305–322 mg/kg SS	0	FABJAN (2007)
Navadne ajde - 14 vrst	moke	0,06–0,39 mg/100 g		SUZUKI in sod. (2004)
Navadna ajda	moka iz zrnja	10–20 mg/100 g	cca. 1 mg/100 g	ASAMI in sod. (2007)

Navadna ajda	moka iz zrnja iz zunanjih plasti iz notranjih plasti	5,23–7,40 mg/kg 0,47–0,98 mg/kg		PIAO & LI (2001)
Navadna ajda	moka iz zrnja iz zunanjih plasti iz notranjih plasti	308,9–403,5 µg/g 2,5–5,8 µg/g		HUNG & MORITA (2008)
Navadna ajda	japonska ajdova moka	12,7 mg/100 g		DANILA in sod. (2007)
Navadna ajda	svetla moka	19–168 mg/kg SS		ŠKRABANJA in sod. (2004)
Navadna ajda	svetla moka	112,8 mg/kg SS		KREFT in sod. (2006)
Navadna ajda	temna groba moka	57–77 mg/kg SS		ŠKRABANJA in sod. (2004)
Navadna ajda	temna moka	218 mg/kg		KREFT in sod. (2006)
Navadna ajda 'darja'	zdrob	499 mg/kg SS	0	FABJAN (2007)
Navadna ajda	fin zdrob	132–260 mg/kg SS		ŠKRABANJA in sod. (2004)
Navadna ajda	grob zdrob	195–236 mg/kg		ŠKRABANJA in sod. (2004)
Navadna ajda	otrobi	131–476 mg/kg		KREFT in sod. (1999)
Navadna ajda	otrobi	327–477 mg/kg SS		ŠKRABANJA in sod. (2004)
Navadna ajda 'darja'	otrobi	646 mg/kg SS	0	FABJAN (2007)
Navadna ajda	mlevske frakcije moke (10 frakcij) zdrobi (6 frakcij) otrobi (6 frakcij) luščine	19,2–168,2 ppm 131,9–259,5 ppm 326,8–476,9 ppm 29,5 ppm		ŠKRABANJA in sod. (2004)
Navadna ajda	kolač iz ajdovega zdroba	13,6–21,2 mg/kg SS		IM in sod. (2003)
Navadna ajda 'siva'	keksi	569 mg/kg SS	0	FABJAN (2007)
Navadna ajda	keksi	528 mg/kg SS	0	FABJAN (2007)
Navadna ajda	rezanci	78 mg/kg SS		KREFT in sod. (2006)
Navadna ajda	rezanci - sveži	153 mg/kg SS		KREFT in sod. (2006)
Navadna ajda	rezanci - posušeni	67 mg/kg SS		KREFT in sod. (2006)
Navadna ajda	krispi z ajdo in česnom	75 mg/100 g		PAULÍČKOVÁ in sod. (2004)
Tatarska ajda	fermentirani izdelek iz ajde gochujang	0,4–0,8 mg/100 g	0,01–0,34 mg/100 g	HAN in sod. (2005)
Navadna ajda	kruh (pšenična + ajdova moka 9:1 do 1:1)	7,76–26,9 mg/kg		BOJŇANSKÁ in sod. (2009)

Preglednica 7: Vsebnost rutina in kvercetina v polizdelkih in izdelkih iz tatarske ajde**Table 7: Rutin and quercetin content in Tartary buckwheat products**

Vrsta ajde	Vzorec	Vsebnost rutina	Vsebnost kvercetina	Reference
Tatarska ajda	zrnje brez luščin	13610 mg/kg SS		SOON-MI in sod. (2006)
Tatarska ajda	kaša	80940 mg/kg SS	8 mg/kg SS	STEADMAN in sod. (2001b)
"Rice"-tatarska ajda (tatarska ajda z okroglastimi zrni)	zrnje brez luščin	30000 mg/kg		MUKASA in sod. (2009)
Tatarska ajda Lux06	kaša	5569 mg/kg SS	0	FABJAN (2007)
Tatarska ajda	luščine	1387 mg/kg SS		SOON-MI in sod. (2006)
Tatarska ajda	luščine	4370 mg/kg SS	38 mg/kg SS ali 0,038 g/kg SS	STEADMAN in sod. (2001b)
Tatarska ajda	ekspandirana ajdova kaša	40 mg/kg		PARK in sod. (2000)
Tatarska ajda	ekspandirana ajdova kaša – mleta	50 mg/kg		PARK in sod. (2000)
Tatarska ajda	kuhana ajdova kaša	5 mg/kg SS		PARK in sod. (2000)
Tatarska ajda	oluščeno zrno in voda (300-1500min)	27000 mg/kg		MUKASA in sod. (2009)
Tatarska ajda Lux01	moka	6315 mg/kg SS	0	FABJAN (2007)
Tatarska ajda Lux04	moka	5852 mg/kg SS	0	FABJAN (2007)
Tatarska ajda Lux05	moka	5049 mg/kg SS	0	FABJAN (2007)
Tatarska ajda	moka	30000 mg/kg		MUKASA in sod. (2009)
Tatarska ajda	moka iz zrnja	1200 mg/100 g	cca. 1 mg/100 g	ASAMI in sod. (2007)
Tatarska ajda	moka	20421 mg/kg SS		SOON-MI in sod. (2006)
Tatarska ajda avtotetraploidna diploidna	moka moka	2,37 mg/100 g 1,41 mg/100 g		ZHAO in sod. (2001)
Tatarska ajda iz Luksemburga	testo 2 – 600min	5371–4779 mg/kg SS	6503–7087 mg/kg SS	FABJAN (2007)
Tatarska ajda	moka in voda (pod 100 min)	5000 mg/kg		MUKASA in sod. (2009)
Ajda	stebila-slama zrnje-sušeno z zmrz. slama-7 dni stara - sušena z zmrz.	3,43 mg% 17,23 mg% 363,09 mg%		Y. S. KIM & J. G. KIM (2001)
Tatarska ajda	keksi	5362 mg/kg SS	3196 mg/kg SS	FABJAN (2007)
Tatarska ajda (Luksemburg)	kruh	sledovi	4,99 mg/g	GERM in sod. (2009)

zunanjih plasti zrn je 308,9–403,5 µg/g, frakcije iz notranjih delov zrn pa so prehransko revnejše, vsebujejo le 2,5–5,8 µg/g moke. Na podoben način so razporejeni tudi flavonoidi. Najrevnejše s flavonoidi so mlevske frakcije iz notranjih plasti ajdovih zrn, najbogatejše pa mlevske frakcije iz zunanjih plasti. Vsebnost flavonoidov v mlevskih frakcijah je 5–140 mg/100 g, večina flavonoidov je prostih, le del pa vezanih. Tudi večina rutina je prostega, do okoli 20 % pa je lahko tudi vezanega (HUNG & MORITA 2008). O podobni razporeditvi rutina po frakcijah moke (moka iz zunanjih plasti 5,23–7,40 mg/g, moka iz srednjih plasti zrn 3,10–4,13 mg/g, moka iz notranjih plasti 0,47–0,975 mg/g) so poročali že PIAO & LI (2001).

Vsebnost rutina v kruhu iz tatarske ajde je 4,99 mg/g, vsebnost kvercetina pa je le v sledovih (GERM in sod. 2009).

1.6 Polifenoli v ajdi

Ajda je pomemben vir različnih polifenolov (LUTHAR 1992a). BONAFACCIA in sod. (2009) so preučevali polifenole in ugotovili v koreninah navadne ajde 1400 mg/100 g polifenolov in v koreninah tatarske ajde 1900 mg/100 g SS polifenolov. Preučevali so tudi polifenole v listih in ugotovili v listih navadne ajde 2800 mg/100 g SS in v listih tatarske ajde 3200 mg/100 g SS polifenolov.

BONAFACCIA in sod. (2009) so preučevali polifenole kalic navadne in tatarske ajde in določili od 2300

mg/100 g do 3800 mg/100 g suhe snovi polifenolov, manj v navadni in več v tatarski ajdi.

GADŽO in sod. (2009) so preučevali polifenole v kalicah ter mladih rastlinah tatarske in navadne ajde. Vsebnost polifenolov v kalicah in mladih rastlinah tatarske ajde je okoli 27 g/kg SS, v mladih rastlinah navadne ajde 'darja' 20 g/kg SS in 'bosanka' 38 g/kg SS.

GHIMERAY in sod. (2009) so primerjali vsebnost celokupnih polifenolov v navadni in tatarski ajdi in sicer v rastlinah, kalicah pri različni temperaturi kaljenja ter pri rastlinah z različnim načinom namakanja. Ugotovili so, da je vsebnost celokupnih polifenolov različna med navadno in tatarsko ajdo (višja je vsebnost polifenolov pri tatarski ajdi) ter da se spreminja v kalicah in rastlinah v odvisnosti od razmer kaljenja in namakanja.

Ugotovljena vsebnost polifenolov (GADŽO in sod. 2009) v kalicah tatarske ajde, je 27,53 mg/g, v vodnem ekstraktu kalic (posušeno, v prahu) pa le 0,21 mg/g, kar nakazuje na morebitno pomembno povezavo ob stiku polifenolnih spojin z vodo. Vsebnost polifenolov v kruhu iz tatarske ajde je 8,74 mg/g.

Podobne rezultate so dobili tudi ASAMI in sod. (2007). Preučevali so vsebnost polifenolov in fitinske kisline v moki pri 12 vzorcih navadne ajde in 3 vzorcih tatarske ajde. Vsebnost polifenolov je v vzorcih navadne ajde okoli 300–400 mg/100 g moke, v vzorcih tatarske ajde pa okoli 800–1000 mg/100 g, kar je vsaj dvakrat več kot v navadni ajdi. Vsebnost fitinske kisline je okoli 1–2 mg/100 g ajdove moke, razlike med navadno in tatarsko ajdo niso velike. Ugotavljajo značil-

Preglednica 8: Vsebnost polifenolov v rastlinah ajde

Table 8: Polyphenol content in buckwheat plants

Vrsta ajde	Vzorec	Vsebnost polifenolov	Reference
Navadna ajda	korenine	1394 mg/100 g SS	BONAFACCIA in sod. (2009)
Tatarska ajda	korenine	1976 mg/100 g SS	BONAFACCIA in sod. (2009)
Navadna ajda	listi	2865 mg/100 g SS	BONAFACCIA in sod. (2009)
Tatarska ajda	listi	3251 mg/100 g SS	BONAFACCIA in sod. (2009)
Navadna ajda	kalice	3129 mg/100 g SS	BONAFACCIA in sod. (2009)
Tatarska ajda	kalice	3888 mg/100 g SS	BONAFACCIA in sod. (2009)
Tatarska ajda	kalice	0,0053 % (klorogenska kisl.)	YOON in sod. (2009)
Tatarska ajda iz Koreje	kalice v prahu	27 g/kg	GADŽO in sod (2009)
Tatarska ajda	rastline	96,5 µg/mg	GHIMERAY in sod. (2009)
Tatarska ajda	rastline	109,8 µg/mg	GHIMERAY in sod. (2009)
Tatarska ajda iz Koreje	kalice v prahu	27,53 mg/g	GERM in sod. (2009)
Tatarska ajda iz Koreje	kalice v prahu – raztopljeni ekstrakt	0,213 mg/g	GERM in sod. (2009)
Tatarska ajda	mlade rastline	27 g/kg	GADŽO in sod. (2009)
Navadna ajda 'darja'	mlade rastline	20 g/kg	GADŽO in sod. (2009)
Navadna ajda 'bosanka'	mlade rastline	38 g/kg	GADŽO in sod. (2009)
Navadna ajda	kalice v prahu	670 mg/100 g SS	ALVAREZ-JUBETE in sod. (2010)

no razliko med vzorci navadne in tatarske ajde v vsebnosti polifenolov.

GHIMERAY in sod. (2009) so primerjali tudi vsebnost celokupnih polifenolov v zrnju navadne in tatarske ajde in ugotovili v navadni ajdi 113 µg/mg, v tatarski ajdi pa 208 µg/mg polifenolov (GHIMERAY in sod. 2009).

BONAFACCIA in sod. (2009) so preučevali polifenole v moki navadne in tatarske ajde in ugotovili nižjo vsebnost polifenolov pri navadni ajdi v primerjavi s tatarsko ajdo (v navadni ajdi 296 mg/100 g in 730 mg/100 g v tatarski ajdi).

Vsebnost polifenolnih spojin v otrobih ajde je preučevala STEADMAN in sod. (2001b). Polifenoli so v ajdi koncentrirani v otrobih (11–15 g/kg).

HUNG & MORITA (2008) sta preučevala vsebnost celokupnih fenolov v 16-ih mlevskih frakcijah ajde,

prejete s Kitajske. V mlevskih frakcijah je bilo 0,5–20 mg celokupnih fenolov/g moka. Frakcije, v katere so zmlete zunanje plasti ajdovih zrn, so bogatejše s celokupnimi fenoli, vsebujejo tudi do 30-krat več celokupnih fenolov kot frakcije izključno iz notranjih delov zrn (HUNG & MORITA 2008). Fenolne kisline so večinoma nameščene v zunanjih plasteh zrn v prosti obliki in se enostavno ekstrahirajo z raztopinami etanola ali metanola (HUNG & MORITA 2008).

MATILLA in sod. (2005) so preučevali celokupne fenolne kisline v zrnih žit in nepravih žit, otrobih, drobljencih, mokah in kosmičih. Fenolne kisline so hidroksilirani derivati benzojeve in cimetne kisline. Hidroksicimetne kisline so pogostejše kot hidroksibenzojeve kisline. Mnoge od teh kislin najdemo v žitnih izdelkih iz zrnja, najvidnejši predstavnik in tudi najpogostejša je ferulna kislina. Fenolne kisline se koncentrirajo v

Preglednica 9: Vsebnost polifenolov v zrnju, polizdelkih in izdelkih iz navadne in tatarske ajde

Table 9: Polyphenol content in buckwheat grain and products from common and Tartary buckwheat

Vrsta ajde	Vzorec	Vsebnost polifenolov	Reference
Navadna ajda	zrnje	113 µg/mg	GHIMERAY in sod. (2009)
Tatarska ajda	zrnje	208 µg/mg	GHIMERAY in sod. (2009)
Navadna ajda	moka iz zrnja	cca. 300–400 mg/100 g	ASAMI in sod. (2007)
Navadna ajda	moka	296 mg/100 g SS	BONAFACCIA in sod. (2009)
Tatarska ajda	moka iz zrnja	cca. 800–1000 mg/100 g	ASAMI in sod. (2007)
Tatarska ajda	moka	738 mg/100 g SS	BONAFACCIA in sod. (2009)
Navadna ajda	celo zrno oluščeno zrno (kaša) luščine	2,15 % 2,08 % 2,55 %	KREFT in sod. (1994)
Navadna ajda	mlevske frakcije 10 frakcij	0,45–7,45 %	KREFT in sod. (1994)
Navadna ajda	zrnje z luščino -fina moka -otrobi z luščino -otrobi brez luščine	1,36 g/kg SS 9,48–12,46 g/kg SS 8,17 g/kg SS	STEADMAN in sod. (2001b)
Navadna ajda	zrnje brez luščine -kaša -moka iz celega zrna -fina moka -otrobi	2,44 g/kg SS 3,74 g/kg SS 1,13–1,24 g/kg SS 11,12–15,48 g/kg SS	STEADMAN in sod. (2001b)
Navadna ajda	mlevske frakcije 16 frakcij	100–2000 mg/100g	HUNG & MORITA (2008)
Navadna ajda	presejana moka, mlevske frakcije	0,5–20 mg/g	HUNG in sod. (2007)
Navadna ajda	drobljenec	248 mg/kg	MATILLA in sod. (2005)
Navadna ajda	bela moka surova	1,79 mg/g (galna kislina)	ŞENSOY in sod. (2006)
Navadna ajda	temna moka surova	10,47 mg/g (galna kislina)	ŞENSOY in sod. (2006)
Navadna ajda	termično obdelana moka	0,25 %	KREFT in sod. (1994)
Navadna ajda	testenine	0,24–0,28 %	KREFT in sod. (1994)
Navadna ajda	ekstrudirani izdelek	0,12 %	KREFT in sod. (1994)
Navadna ajda	bela moka pražena 200 °C 10 min	2,83 mg/g (galna kislina)	ŞENSOY in sod. (2006)

Navadna ajda	temna moka pražena 200 °C 10 min	8,9 mg/g (galna kislina)	ŠENSOY in sod. (2006)
Navadna ajda	zrnje kruh (riževa : ajdova moka 1:1) kruh (ajdova moka in moka iz posušenih ajdovih kalic)	323 mg/100 g SS 64,5 mg/100 g SS 116 mg/100 g SS	ALVAREZ-JUBETE in sod. (2010)
Tatarska ajda (Luksemburg)	kruh	8,74 mg/g	GERM in sod. (2009)

zunajih plasteh zrn in so zanimive predvsem zaradi potencialne zaščitne vloge proti raku in boleznim srca. Pšenični in rženi otrobi imajo med žiti najvišjo vsebnost celokupnih fenolnih kislin, med vsemi pa vidno visoko količino ferulne kisline in njenih spojin. Ajdov drobljenec vsebuje več kavne kisline in p-hidroksi benzojeve kisline kot žita oziroma moka žit, otrobi in kosmiči. MATILLA in sod. (2005) ugotavljajo, da so pšenični in rženi otrobi vir alkilrezorcinolov, saj jih je v otrobih stokrat več kot v mokah istih žit, sicer pa so tudi pšenične in ržene moka vir alkilrezorcinolov. Avtorji izpostavijo, da je količina celokupnih alkilrezorcinolov podobna v pšenični in ajdovi moki, vendar pa so vrste alkilrezorcinolov v obeh mokah popolnoma različne. Alkilrezorcinoli so sorazmerno stabilni med predelavo zrnja, zato jih najdemo v večjih količinah v izdelkih iz polnozrnatih mok in iz celih žitnih zrn. Alk(en)ilrezorcinoli so spojine s sorazmerno dolgimi verigami C atomov (najpogostejše od 15 do 25 C atomov v verigi).

1.7 Tanini

Tanini so pri rastlinah zelo razširjeni metaboliti. Tanini kot rastlinski fenoli spadajo med vodotopne polifenolne spojine z molsko maso med 600 in 3000 Da (TAIZ & ZEIGER 2006). Tanini so aromatske spojine, ki so sestavljene iz estrov fenol karboksilnih kislin in molekul heksoz, najpogostejše glukoz. Tanini zelo lahko oksidirajo (produkta oksidacije sta pirogalol in pirokatehin) in jim je težko določiti zgradbo in sestavo (LUTHAR 1992b).

Tanini so v prehrani nezaželeni, saj precipitirajo beljakovine, zavirajo delovanje prebavnih encimov in preprečujejo absorpcijo vitaminov in mineralov. Tanini delujejo antimikrobno na različne bakterije, viruse, kvasovke in glive ter zato služijo v rastlinah kot naravni obrambni sistem proti mikrobnim okužbam (TAIZ & ZEIGER 2006). Tanini lahko delujejo tudi antikancerogeno in antimutageno.

V višjih rastlinah sta prisotni predvsem dve skupini taninov, ki se razlikujeta tako glede zgradbe kot v biogenetskem izvoru: hidrolizirajoči tanini (galotanini, elagotanini) in kondenzirani tanini (proantocianidini, katehinski tanini) (TAIZ & ZEIGER 2006). Obstaja še tretja skupina taninov, mešani tanini (galokatehini), ki tudi spadajo med hidrolizirajoče, ker jih sestavljajo strukture hidrolizirajočih taninov in flavan-3-olov (katehina), ki so ena od komponent kondenziranih taninov. Med seboj se povezujejo preko C–C vezi (LUTHAR 1992b).

Kondenzirani tanini so polimeri flavonoidov, hidrolizirajoči pa so sestavljeni iz glikoziliranih galnih kislin, ki so vezane z estrskimi vezmi na glukoze. Hidrolizirajoči tanini so estri sladkorja, največkrat glukoze in različnega števila fenolnih kislin. Po hidrolizi estrskih vezi dobimo posamezne sestavine: glukozo in fenolne kisline. Kondenzirani tanini se delijo na: procianidine, prodelfinidine in propelargonidine. Najpogostejši kondenzirani tanini so procianidini, ki so polimeri katehina in (ali) epikatehina (flavan-3-ola) (LUTHAR 1990b). Mešani tanini ali tako imenovani galokatehini nastanejo, če se na kondenzirane tanine (najpogostejše monomere, redkeje oligomere) estrsko veže ena ali več galnih kislin. Te vrste taninov so največkrat prisotne v rastlinah skupaj z galotanini.

Tanini imajo sposobnost tvoriti komplekse z makromolekulami, zlasti z beljakovinami (TAIZ & ZEIGER 2006). Kompleksacija je lahko reverzibilna ali ireverzibilna. Pri reverzibilni kompleksaciji tanini tvorijo na površini beljakovin bolj hidrofobno plast, kar povzroči obarjanje beljakovin, tanini pa jih med seboj povezujejo. Privlačnost taninov do beljakovin narašča s številom prolinov v beljakovinah in pada z rigidnostjo taninov. Najvišjo afiniteto do beljakovin imajo galotanini, manjšo elagotanini, najmanjšo pa kondenzirani tanini. Pri ireverzibilni kompleksaciji, ki je posledica spontane oksidacije taninov do o-kinonov, ki reagirajo z nukleofilnimi skupinami beljakovin, nastajajo kovalentne vezi. Biotski učinek taninov se uporablja v terapiji diareje, kjer imajo prednost taninske droge pred

izoliranimi tanini. V drogah so tanini vezani na celične beljakovine in se počasi sproščajo vzdolž prebavnega trakta. Izolirane tanine pa moramo prav zaradi tega predhodno vezati na beljakovine. Število rastlin s tanini je zelo veliko, le omejeno število rastlin pa uporabljamo zaradi taninov.

GADŽO in sod. (2009) so preučevali tanine v kalih ter mladih rastlinah tatarske in navadne ajde. Vsebnost taninov v mladih rastlinah tatarske ajde je okoli 1 g/100 g SS, pri mladih rastlinah navadne ajde 'darja' pod 0,8 g/100 g SS ter 'bosanka' okoli 2,5 g/100 g SS.

Mlade rastline navadne in tatarske ajde vsebujejo torej od 0,8–2,5 g taninov/100 g. Višja vsebnost taninov je v listih (okoli 13 g/100 g SS) v primerjavi z drugimi deli rastline (OŽBOLT in sod. 2008).

Vsebnost taninov v zrnih navadne ajde je po naravnem sušenju okoli 1,29 g/100 g SS, pri sušenju z zmrazovanjem pa je vsebnost taninov v zrnih višja in sicer 2,25 g/100 g SS. Vsebnost taninov nekoliko naraste s kaljenjem zrn, a ne tako močno kot rutin. Po treh dneh naraste vsebnost taninov v kalečih zrnih na 2,51 g/100 g SS oz. 1,4 g/100 g SS; po sedmih dneh pa na 3,25 g/100 g SS oz. 2,42 g/100 g (LEE in sod. 2004).

Otrobi so vir fitinske kisline in taninov. Predvsem otrobi ajde so lahko kot vir teh sestavin, prehransko dopolnilo ter zato širše uporabni v prehranske in medicinske namene (STEADMAN in sod. 2001b). V otrobih ajde so koncentrirani predvsem kondenzirani tanini (proantocianidini) poročajo STEADMAN in sod. (2001b). Nizko prebavljivost ajde povezujejo s prisotnostjo taninov in fitinske kisline v ajdi (WIJNGAARD & ARENDT 2006ab).

ŠKRABANJA in sod. (2004) poročajo o zanimivi razporeditvi fitatov v škrobu v mlevskih frakcijah navadne ajde ter ugotavljajo močno povezavo med fitati in frakcijami zdrobov, otrobov in luščin, medtem ko je vsebost fitatov v mlevskih frakcijah mok značilno nizka. Oluščeno zrnje (kaša) vsebuje okoli 1,7 g taninov/kg SS, kar je okoli 10-krat manj kot v neoluščenem zrnju. Bela ajdova moka, ki je iz centralnega dela zrn, ima minimalno količino taninov (0,6–0,8 g/kg SS), medtem ko je vsebnost taninov v integralni moki okoli 2,2 g/kg SS in se približuje vsebnosti v otrobih (2,5–5,5 g/kg SS).

Sestava mlevskih frakcij navadne ajde je odvisna od količine različnih sestavin v zrnju. Svetle (bele) moke so sestavljene v glavnem iz centralnega endosperma, medtem ko frakcije z otrobi sestavljajo površinski deli zrna in delčki kalic. Fitati iz proteinskih delov kalčkov (embrijev) in alevronskih plasti celic so bogati s P, Zn, Mg in drugimi mikroelementi. Fitinska kislina je koncentrirana v otrobih (35–38 g/kg), zato so frakcije otrobov bogate s fitinsko kislino (STEADMAN in sod. 2001b).

Fitinska kislina je mio-inozitol heksafosfat. Fitati vsebujejo do 85 % celokupnega fosforja zrn. Nahajajo se v obliki soli mono in divalentnih kationov, npr. Ca^{2+} in Mg^{2+} . Mineralni kompleks ni topen v črevesju pri fiziološkem pH. Fitati se v fazi dozorevanja zelo hitro akumulirajo in so močno prisotni (1–3 %) v zrnju žit. Fitati imajo sposobnost tvorbe netopnih kompleksov z minerali pri fiziološkem pH. Posledica interakcije fitinske kisline z minerali in elementi v sledovih je inhibicija absorpcije Fe, Zn, Ca, Mg in Mn, a brez učinka na Cu. Biološka dostopnost mineralov iz fitatov je odvisna od koncentracije mineralov in fitatov v živilih, sposobnosti endogenih prenašalcev intestinalne mukoze za absorpcijo kompleksa mineral-fitat, procesiranja proizvodov (dodatek encimov, izločanje inhibitorjev, prilagajanje pH, kaljenje, namakanje, kuhanje – hidrotermična obdelava, fermentacija, itd.) ter prebavljivosti živil. Tvorba kompleksov s kovinskimi ioni je značilna lastnost fitatov, manj značilne, a možne, pa so tudi interakcije z beljakovinami, encimi in ogljikovimi hidrati (TVARI S UČINCIMA ..., 2009).

Predvsem moke, zmlete iz celih žitnih zrn, vsebujejo fitate. Ti zmanjšujejo absorpcijo in izkoriščanje nekaterih mineralov, predvsem Fe, Zn in Ca (HURRELL 2003). Za večino ljudi fitati v prehrani ne predstavljajo večjega problema, pri pretiranem uživanju izdelkov iz celih žitnih zrn, posebej še nekuhanih surovih žit, pa je potrebno razmišljati tudi o dodatnem vnosu mineralov.

1.8 Fenolne spojine in antioksidativna aktivnost ajde

V zadnjem obdobju je opravljenih več raziskav in tudi objavljenih veliko rezultatov o pozitivnih lastnostih ajde na zdravje ljudi in živali. Fenolne spojine v ajdi delujejo antioksidativno. HOLASOVÁ in sod. (2002) ugotavljajo, da najvišji del antioksidativne aktivnosti prispevajo v metanolu topne sestavine, to so fenolne spojine (3-flavanoli, flavonoli in fenolne kisline), medtem ko lipofilne komponente (tokoferoli, karotenoidi) ne prispevajo značilno k antioksidativni aktivnosti ajde. Ugotavljajo statistično značilno povezavo med celokupnimi fenoli in antioksidativno aktivnostjo ter med rutinom in antioksidativno aktivnostjo v ajdi.

ARTS in sod. (2002) menijo, da interakcija med beljakovinami in flavonoidi lahko prikrije del antioksidativne aktivnosti fenolnih spojin. Tudi VELIOGLU in sod. (1998) so opazili korelacijo (ki pa ni bila značilna) med antioksidativno aktivnostjo in celokupnimi fenolnimi spojinami pri nekaterih izdelkih, ki vsebujejo sestavine, bogate z antocianini (npr. borovnice, višnje, rdeča čebula).

Preglednica 10: Vsebnost taninov v ajdi
Table 10: Tannin content in buckwheat

Vrsta ajde	Vzorec	Vsebnost taninov	Reference
Navadna ajda 'darja'	listi	12,96 g/100 g SS	OŽBOLT in sod. (2008)
Navadna ajda 'darja'	steblo	1,83 g/100 g SS	OŽBOLT in sod. (2008)
Navadna ajda 'darja'	mlade rastline	pod 0,8 g/100 g	GADŽO in sod. (2009)
Navadna ajda 'bosanka'	mlade rastline	2,5 g/100 g	GADŽO in sod. (2009)
Tatarska ajda	mlade rastline	okoli 1 g/100 g	GADŽO in sod. (2009)
Navadna ajda	kalice – 3 dni kaljenje kalice – 7 dni kaljenje	naravno suš. 1,40 g/100 g suš. z zmrz. 2,51g/100 g naravno suš. 2,42 g/100 g suš. z zmrz. 3,25 g/100 g	LEE in sod. (2004)
Navadna ajda	luščine testa	2,35–2,94 %/SS 6,35–9,6 %/SS	LUTHAR (1992a)
Navadna ajda iz Slovenije	zrnje	1–3 g/kg SS	LUTHAR & KREFT (1996)
Tatarska ajda	zrnje	121 mg katehina/kg SS 42 mg epikatehina/kg SS	SOON-MI in sod. (2006)
Navadna ajda	zrnje	naravno suš. 1,29 g/100 g suš. z zmrz. 2,25 g/100 g	LEE in sod. (2004)
Navadna ajda (Italija)	kaša	0,31–0,48 %	BONAFACCIA in sod. (1994)
Navadna ajda	zrnje z luščino -fina moka -otrobi z luščino -otrobi brez luščine	1,18 g/kg SS 10,44–16,63 g/kg SS 4,10 g/kg SS	STEADMAN in sod. (2001b)
Navadna ajda	zrnje brez luščine -kaša -moka iz celega zrna -fina moka -otrobi	1,68 g/kg SS 2,25 g/kg SS 0,57–0,83 g/kg SS 2,57–5,50 g/kg SS	STEADMAN in sod. (2001b)
Navadna ajda	mlevske frakcije moke (10 frakcij) zdrobi (6 frakcij) otrobi (6 frakcij) luščina	0,1–1,2 %/SS 0,7–2,2 %/SS 2,2–6 %/SS 0,3 %/SS	ŠKRABANJA in sod. (2004)

DIETRYCH–SZOSTAK (2004) ugotavlja, da je antioksidativna aktivnost različnih flavonoidov različna. Antioksidativna aktivnost rutina in kvercetina je višja kot antioksidativna aktivnost orientina (luteolin glikozida) in izoorientina (izomera orientina). Antioksidativna aktivnost viteksina in izoviteksina pa je še nižja. Antioksidativna aktivnost je najvišja pri kvercetinu, sledi rutin, izoorientin, orientin, izoviteksin, najnižja je pri viteksinu. DIETRYCH–SZOSTAK (2004) navaja, da so podobne rezultate objavili že TOREL in sodelavci (1986).

MORISHITA in sod. (2007) so v raziskavah o vsebnosti polifenolnih spojin v dveh sortah navadne ajde in dveh sortah tatarske ajde dokazali prisotnost rutina, epikatehina in epikatehingalata v zrnih navadne ajde. Vsebnost rutina v zrnih navadne ajde je med 12,2–13,6 mg/100 g ter epikatehina 15,6–20,2 mg/100 g, odvisno

od sorte. Prispevek epikatehinov k antioksidativni aktivnosti v navadni ajdi je 11–13 %, rutina pa okoli 2 %. Ugotavljajo, da so v navadni ajdi očitno prisotne še druge neznane antioksidativne spojine. V tatarski ajdi so dokazali prisotnost rutina, kvercitrina in kvercetina in sicer 1808,7–1853,8 mg/100 g rutina, ki prispeva 85–90 % k celotni antioksidativni aktivnosti. Rutin je torej glavni antioksidant v tatarski ajdi (MORISHITA in sod. 2007).

JIANG in sod. (2007) so preučevali vsebnost flavonoidov in rutina v treh vrstah ajde – navadni ajdi (*F. esculentum*), tatarski ajdi (*F. tataricum*) in ajdi *F. homotropicum* ter njihovo antioksidativno kapaciteto. Skupaj so preučili 11 vzorcev. Vsebnost rutina in flavonoidov se je značilno razlikovala med vrstami in je bila pri navadni ajdi 0,02 % rutina in 0,04 % flavonoidov, pri *F. homotropicum* 0,10 % rutina in 0,35 % flavonoi-

dov ter pri tatarski ajdi 1,67 % rutina in 2,04 % flavonoidov. Antioksidativna aktivnost je najvišja pri tatarski ajdi in najnižja pri navadni ajdi. Z linearno regresijo je ugotovljena statistično značilna korelacija med antioksidativno aktivnostjo in vsebnostjo rutina ($r^2 = 0,98$) in celokupnimi flavonoidi ($r^2 = 0,77$) v vseh raziskovanih kultivarjih ajde. Raziskava kaže pomembno vlogo rutina in flavonoidov v antioksidativni aktivnosti ajdovih zrn.

Vsebnost rutina v posameznih delih ajde in povezave z antioksidativno aktivnostjo so ugotavljali PAULÍČKOVÁ in sod. (2004). Ugotovili so 12,6 mg rutina/100 g SS v celih zrnih, v oluščanih zrnih 17,8 mg rutina/100 g SS, v kaljenih neoluščanih zrnih 36,6 mg/100 g SS, v koreninah rastline 43,6 mg/100 g SS, v kalicah 169,2 mg/100 g SS, v steblih 563,4 mg/100 g SS, v cvetovih 1272,0 mg/100 g SS, v mladih rastlinah 1792 mg/100 g SS, v vršičkih 2337,4 mg/100 g SS in listih 4001,1 mg rutina/100 g SS. Najvišjo antioksidativno aktivnost kažejo listi (faktor zaščite 4,1), sledijo oluščena zrna (2,6), semena (2,2), luščine in slama pa imajo nižjo antioksidativno aktivnost (pod 1,5).

Poleg rutina je pomemben antioksidant v ajdovih zrnih še ferulna kislina, ki je ena od fenolnih kislin. Antioksidativna aktivnost se povečuje proti zunanjim plastem ajdovega zrna. Celokupna antioksidativna kapaciteta narašča s frakcijami, ki vsebujejo več zunanjih plasti ajdovih zrn (HUNG & MORITA 2008).

ŠENSOY in sod. (2006) poročajo, da ima temna ajdova moka višje celokupne fenole kot svetla ajdova moka. Ugotovili so, da ima surova bela ajdova moka 1,79 mg fenolov/g, surova temna ajdova moka pa okoli petkrat več (10,47 mg fenolov/g). Istočasno ugotavljajo, da ima bela ajdova moka in ajdova moka iz celega zrna približno enako antioksidativno aktivnost in višjo v primerjavi s polnovredno pšenično moko in koruzno moko.

Višjo antioksidativno aktivnost v luščinah navadne ajde kakor v oluščanih zrnih (94,9 % oz. 63,7 %) so ugotovili VELIOGLU in sod. (1998), to pa pripisujejo višji količini fenolov v luščinah. Ugotovili so, da je koncentracija celokupnih fenolov v luščinah višja kot je v oluščanih zrnih (3900 mg/100 g oz. 726 mg/100 g). Primerjava antioksidativne aktivnosti iste količine fenolnih spojin v oluščanih ajdovih zrnih ter v luščinah kaže višjo antioksidativno aktivnost fenolnih spojin v oluščanih zrnih (VELIOGLU in sod. 1998, ZIELINSKI & KOZLOWSKA 2000).

HOLASOVÁ in sod. (2002) poroča o višji antioksidativni aktivnosti v oluščanih zrnih navadne ajde v substratu nasičenih maščob, kakor je v luščinah ajde. Rezultati VELIOGLA in sod. (1998) ter ZIELINSKEGA & KOZLOWSKE (2000) so podobni. Čeprav so vrednosti antioksidativne aktivnosti pri raziskavah VELIOGLA

(1998) v luščinah ajde višje, to pripisujejo višji količini fenolov v luščinah. To kaže na možnost, da imajo različne fenolne spojine različno antioksidativno aktivnost. ŠENSOY in sod. (2006) razlagajo metodologijo določanja fenolov z metodo ekstrakcije s Folin-Ciocalteau reagentom, ki dokaže vse fenolne skupine, prisotne v ekstraktu, vključno s tistimi, ki so v topnih beljakovinah (FOLIN 2009).

OOMAH & MAZZA (1996) ugotavljata, da vsebnost flavonoidov ne korelira tesno z antioksidativno aktivnostjo v ajdovih zrnih in luščinah. Bela ajdova moka ima večjo antioksidativno aktivnost kot luščine, čeprav imata oba vzorca približno enako količino fenolnih spojin (QUETTIER-DELEU in sod. 2000). Ugotavljajo, da višje vsebnosti flavonoidov ali posameznih flavanolov v moki dajejo višjo antioksidativno aktivnost kot višje vsebnosti flavonoidov v luščinah. Prav zaradi teh rezultatov je pomembno natančno poznavanje sestave ekstraktov, da bolje razumemo antioksidativno aktivnost v ajdovih oluščanih zrnih in luščinah.

Antioksidativna aktivnost v temni ajdovi moki se zmanjšuje s toplotno obdelavo (200 °C 10 minut), ne pa tudi pri ekstrudiranju (170 °C ~10 sekund) (ŠENSOY in sod. 2006). Zato je pomembno določiti učinke posameznih tehnologij oziroma tehnoloških procesov na antioksidativno aktivnost, da bi v izdelkih čim bolj ohranili antioksidativno aktivne sestavine ter izbrali najbolj optimalne procese, ki bi čim manj vplivali na zmanjševanje antioksidativne aktivnosti celokupnih fenolov. Ta območja bodo še predmet mnogih raziskovanj.

1.9 UV sevanje in ajda

Eden pomembnih okoljskih dejavnikov, ki vplivajo na rastlinski metabolizem, je UV-B sevanje (ROZEMA in sod. 1997, BJÖRN 1999, GERM 2004, SUZUKI in sod. 2005a, GERM in sod. 2013). Zaščita pred UV-B sevanjem je zelo pomembna pri fotosintezni organizmih, ki temeljijo na sončni svetlobi kot primarnem viru energije. Rutin, kvercetin, kvercitrin in drugi flavonoidi so sekundarni rastlinski metaboliti. Izgrajujejo se v višjih rastlinah in jih zaščitijo pred UV sevanjem, boleznimi in plenilci. UV absorbirajoče fenolne spojine imajo pomembno vlogo v rastlinah, kot so prenos signalov, barva rastlin, obramba proti mikroorganizmom, strukturna trdnost rastlin, absorbiranje škodljivega UV žarčenja, zaščita ranljivih delov rastlin, itd. Vrste spojin in njihova količina je odvisna tudi od vrste rastlin ter seveda količine UV sevanja. UV sevanje inducira aktivnost genov, ki pospešijo metabolizem fenilpropanoidne poti in izgradnjo flavonoidov. Flavonoidi so konjugirane aromatske spojine, ki imajo spo-

sobnost absorpcije v UV spektru. UV absorbirajoče spojine so locirane v vakuolah epidermalnih plasti, lahko pa so vezane tudi na celične stene (DAY in sod. 1994). Flavonoidi imajo zelo različno sposobnost vezanja prostih radikalov (prostega kisika, superoksidov in peroksi radikalov). Znano je, da so flavonoidi, ki vsebujejo dodatno hidroksi skupino na B obroču flavonoidnega skeleta, uspešnejši lovilci prostih radikalov. UV-B sevanje v rastlinah vzpodbuja nastajanje flavonolov z več hidroksi skupinami, kot je kvercetin. Poleg neposredne absorpcije UV-B sevanja dihidroksilirani flavonoli ščitijo rastline pred poškodbami, tudi posredno, z vezanjem prostih radikalov (OLSSON 1999).

Zmožnost rastlin za sintezo rutina in sorodnih sestavin je lahko potencialno možen evolucijski odgovor rastlin na ekstremne razmere rasti. Ajda je, prav zaradi rutina in nekaterih drugih sestavin, pomembno funkcijsko živilo.

Ajda je enoletna rastlina s kratko vegetacijsko dobo. Raste tudi na visokih nadmorskih višinah, ki niso več primerne za vse kulturne rastline. Predvsem v vzhodnem Tibetu so lokacije vasi ter tudi polj ajde celo več kot 2500 m nad morjem. Količina in kakovost zrnja ajde je odvisna od okoljskih razmer med rastjo. Ugodne razmere so pomembne za rast rastlin in razvoj semen. Vsak stres zahteva dodatno energijo za nastanek zaščitnih mehanizmov, rezultat tega pa so nižji pridelki in slabši reprodukcijski potencial.

V novejšem času se zaradi tanjšanja ozonske plasti povečuje delež UV-B sevanja, ki lahko ima negativne posledice tudi za ajdo in druge gojene rastline (ADAMSE & BRITZ 1996, HÄDER in sod. 1996, STAPLETON in sod. 1997, SANTOS in sod. 1998, BJÖRN 1999, LI in sod. 2000).

Setev ajde v zgodnjem poletju daje višjo vsebnost rutina v rastlinah in semenih, setev v poznem poletju pa nižjo vsebnost rutina.

Več raziskav v svetu poteka z namenom razložiti ali pojasniti učinke UV-B sevanja na rast rastlin ter povezavo sevanja s procesi fotosinteze. Flavonoidi so snovi, ki so občutljive na svetlobo in njihova izgradnja se sproži s svetlobo (S. L. KIM in sod. 2001bc). Koncentracija antocianinov in flavonoidov je povezana z intenziteto in s kakovostjo svetlobe.

Organske kisline Krebsovega cikla, kot npr. citronska, izocitronska, izoketoglutarna, jantarna, fumarna, malonska, oksalocetna imajo največji pomen v procesu aerobnega dihanja ob nastajanju energije, ki se skladišči v ATP molekulah. Organske kisline Krebsovega cikla imajo tudi druge dodatne vloge v rastlinskih metabolnih procesih. Manj znanega je o izgradnji različnih spojin, kot so organske kisline, prosti sladkorji, flavonoidi in njihove analogne spojine (kot so rutin, kvercitrin in aglikon kvercetin) v rastlinah ajde ob obsevanju z raz-

ličnimi tipi svetlobe. S. L. KIM in sod. (2001bc) ugotavljajo, da v rastlinah ajde prevladujejo citronska, malonska in očetna kislina. Obsevanje z rdečo in modro svetlobo zmanjšuje vsebnost organskih kislin v rastlinah ajde. Fruktaza, glukoza in maltoza so prevladujoči prosti sladkorji, vendar njihova koncentracija v rastlinah variira. Obsevanje z rdečo in modro svetlobo povzroča znižanje vsebnosti rutina, kvercitrina in kvercetina v rastlinah ajde, povečanje se zazna le pri cvetovih.

LEE in sod. (2001b) poročajo o vsebnosti rutina v rastlinah navadne in tatarske ajde. Najvišja je vsebnost rutina pri rasti ob naravni svetlobi, srednja ob modri svetlobi in najnižja ob rdeči svetlobi.

Fluorescenca klorofila je občutljiv parameter, ki pokaže, kakšna je učinkovitost izrabe energije in obseg fotosinteznih reakcij in je v širšem smislu pokazatelj stanja rastlin (SCHREIBER in sod. 1995).

LEE in sod. (2001a) ugotavljajo povezavo med količino rutina v rastlinah navadne ajde in fotoperiodizmom. Daljša fotoperioda povečuje vsebnost rutina.

Rutin je antioksidant z mnogimi zanimivimi farmakološkimi učinki. Med drugim so preučevali tudi vplive povečanega UV-B sevanja na ajdo (GABERŠČIK in sod. 2002, S. KREFT in sod. 2002). S. KREFT in sod. (2002) so preučevali vsebnost rutina v rastlinah ajde pri različnih nivojih UV-B sevanja in ugotovili, da je vsebnost rutina najvišja pri običajnem sevanju v okolju, sledi vsebnost ob zvišanem sevanju, najnižjo vsebnost rutina pa so zaznali pri znižanem sevanju.

UV-B sevanje stimulira aktivnost encimov fenilpropanoidnega metabolizma, pri čemer prihaja do izgradnje flavonoidov in drugih polifenolov (tanini, lignini) v rastlinah (ROZEMA in sod. 1997, BJÖRN 1999). Nekateri raziskave nakazujejo, da UV-B sevanje vpliva na vsebnost rutina v rastlinah. Flavonoidi in fenoli kažejo sposobnost absorpcije v UV-B območju in tvorijo poseben UV-B filter, ki ščiti rastlinske dele pred škodljivimi žarki (ROZEMA in sod. 2002).

GERM in sod. (2009) so preučevali vsebnost rutina in kvercetina v kalih navadne in tatarske ajde v povezavi z UV-B sevanjem in pri znižanem UV-B sevanju ugotovili bistveno večjo vsebnost rutina pri tatarski ajdi kot pri navadni ajdi, kvercetin pa le v sledovih. Koncentracija rutina v kalih navadne ajde 'darja' pri znižanem UV-B sevanju je 3,12 mg/g, koncentracija rutina v kalih (tatarska ajda) je 23,63 mg/g, medtem ko je vsebnost kvercetina le v sledovih. Koncentracija rutina v raztopini kalic (tatarska ajda) je bistveno nižja in sicer le 0,157 mg/g. Tudi tu je vsebnost kvercetina le v sledovih (GERM in sod. 2009).

OŽBOLT in sod. (2008) so preučevali možnosti povišanja vsebnosti selena v rastlinah ajde ter v povezavi s selenom tudi fenolnih sestavin v rastlinah ajde v od-

visnosti od UV-B sevanja. Raziskave seleno so še nadaljevali (GOLOB in sod. 2015, 2016ab, KREFT in sod. 2013, 2016ab). Vsebnost flavonoidov v listih rastlin navadne ajde je 14,85 g/100 g SS (25 % SS v listih) ter v stebelu 3,33 g/100 g SS (19 % SS v stebelu). Pri znižanem UV-B sevanju se vsebnost flavonoidov v listih in stebelu zniža (11,58 g/100 g SS v listih in okoli 13 % SS v listih; 1,75 g/100 g v steblih in 19 % SS v stebelu). Prav tako se vsebnost flavonoidov zmanjša pri povišanem UV-B sevanju.

Prav tako so OŽBOLT in sod. (2008) preučevali vsebnost taninov v listih in stebelu navadne ajde v povezavi z UV-B sevanjem. Ugotavljajo, da se koncentracija taninov pri znižanem UV-B sevanju poveča v listih, prav tako tudi fagopirina, kar pa ne velja za stebela. Pri zvišanem UV-B sevanju se koncentracija taninov v listih zmanjša, ne pa tudi fagopirina, medtem ko se v stebelu vsebnost taninov poveča. Fagopirin je fototoksična snov, predvsem v zelenih delih rastlin ajde (I. KREFT in sod. 2013, STOJILKOVSKI in sod. 2013).

UV-B sevanje je pomemben faktor za izgradnjo flavonoidov v ajdi. Premočno sevanje ima lahko tudi negativni učinek, saj lahko poškoduje rastline in posledično se zniža tudi vsebnost flavonoidov (KREFT in sod. 1999, 2002). Selen lahko poveča strpnost rastlin za UV-induciran oksidativni stres. Ko so organizmi v stresu, zahtevajo več energije, ATP produkcija in potreba po kisiku v mitohondrijih narašča (BARTOLI in sod. 2005).

UV-B sevanje negativno vpliva na fotosintezo, znižuje količino pridelka, poveča občutljivost na zmrzal, za bolezn, okužbe z mikroorganizmi, itd. UV-B sevanje vpliva na povečano izgradnjo nekaterih flavonoidov, v primeru ajde je to rutin.

Antioksidativne učinke ajde so preučevali WATANABE (1998), PARK in sod. (2000), HOLASOVÁ in sod. (2002) in MORISHITA in sod. (2007). Kemijska struktura flavonoidnih molekul, vključno s številom, lokacijo in načinom substitucije na osnovno flavansko molekulo, so pomembne za antioksidativni učinek posameznih flavonoidov (HEIM in sod. 2002). Antioksidativni učinki ajde temeljijo na interakcijah genetskih in okoljskih faktorjev (OOMAH & MAZZA 1996).

Ajda ima sorazmerno visoko vsebnost rutina v semenih, listih, socvetjih in kotiledonih. Različne raziskave kažejo različne vzorce akumulacije rutina v različnih fazah rasti, pa tudi spremembe koncentracije rutina med zorenjem ajde. Tatarska ajda ima zelo močno glukozidazno aktivnost zaradi aktivnega encima flavonol 3-glukozidaze, ki razgradi rutin (YASUDA & NAKAGAVA 1994, SUZUKI in sod. 2002). Encim deluje kot katalizator pri hidrolizi rutina v kvercetin. Predpostavlja se, da rutin in encim v procesu zorenja ajde va-

rujeta seme pred UV sevanjem, lahko pa imata tudi druge fiziološke učinke za njegovo razgradnjo (SUZUKI in sod. 2005b). Zelo malo raziskav je opravljenih za razumevanje vloge rutina v obdobju rasti ajdovih rastlin ter spreminjanja njegove koncentracije v rastlini med obdobjem rasti (SUZUKI in sod. 2007).

1.10 Tehnološki in drugi procesi pri predelavi ajde v povezavi s fenolnimi spojinami

ÖLSCHLÄGER in sod. (2004) ugotavljajo, da je akumulacija različnih fenolnih spojin neodvisna druga od druge ter da je biosinteza ločeno regulirana v zrnih in luščinah. V 12 linijah navadne ajde pri križanjih ugotavljajo več flavonolov v luščinah (25–250 mg flavonolov/100 g) kot v oluščenihih semenih, kjer jih je malo (0–50 mg/100 g). Obratno pa je s flavanoli, teh je v luščinah manj (4–66 mg/100 g), v oluščenihih semenih pa več (15–75 mg/100 g SS).

Ugotovili so tudi korelacijo med vsebnostjo rutina v ajdovi moki ter vsebnostjo v vodi topnih kislin med skladiščenjem moke ter tudi korelacijo z vsebnostjo karbonilnih sestavin (kot so aldehidi in ketoni). Povezav med rutinom ter lipazno, lipoksigenazno ter peroksidazno aktivnostjo pa niso dokazali (SUZUKI in sod. 2004).

KREFT in sod. (2006) poročajo o vsebnosti 115,9–181,9 mg rutina/kg suhe snovi v zrnju ajd 'darina', 'darja' in 'siva II'. Vsebnost rutina v toplotno obdelani ajdi (kaši) je bistveno nižja kot v surovi ajdi. Toplotno obdelana kaša vsebuje 87,9 mg rutina/kg SS, surova ajdova kaša pa 230,1 mg rutina/kg SS. Svetla ajdova moka iz notranjosti zrn ima nižjo vsebnost rutina (112,8 mg/kg SS) kot temnejša moka iz bolj zunanijih plasti zrn (218,5 mg/kg SS). Vsebnost rutina v svežih testeninah (ajdovih rezancih) je bila 78,4 mg/kg SS, v sušenih pa 67,6 mg/kg. Pričakovali bi večjo količino rutina v svežih testeninah (KREFT in sod. 2006). Dejansko nižjo količino rutina v testeninah povezujejo z možno aktivnostjo encima flavonol-3-glukozidaza. Encim je bil najprej izoliran v tatarski ajdi (YASUDA & NAKAGAVA 1994, SUZUKI in sod. 2002), a kasneje je bila njegova prisotnost potrjena tudi v zrnju navadne ajde, predvsem v testi (SUZUKI in sod. 2002). Encim flavonol-3-glukozidaza, ki omogoča spreminjanje rutina v kvercetin, ni enakomerno razporejen v delih zrna ajde, ampak je predvsem v testi. Na aktivnost tega encima lahko vplivajo druge sestavine ajdovega zrna, zlasti na primer tanini, pa tudi polifenolne spojine, ki lahko zavirajo dejavnost encimov. Tanine ajdovega zrnja je doslej raziskovala predvsem LUTHARJEVA (1992ab). Encimi, ki razgrajujejo rutin, so lahko razgrajeni v proteo-

litskih procesih, ki jih prav tako lahko sproži namakanje zrn ajde ali njihovih delov v vodi.

Pomemben, a še ne do konca raziskan, je hidrotermični vpliv na zrnje ajde. Vpliv toplotne obdelave in obdelave z vodo lahko pomembno vpliva na znižanje koncentracije rutina v ajdi (KREFT in sod. 2006). Ena od možnih razlag je, da se rutin v povezavi z dodano vodo ali ob toplotni obdelavi razgradi ali spremeni v druge spojine na tak način, da postane netopen v topilu.

O vplivu toplotne obdelave na vsebnost flavonoidov v oluščeni zrnji ajde sta poročala že DIETRYCH-SZOSTAK & OLESZEK (1999). DIMBERG in sod. (1996) so preučevali nizkomolekularne fenolne spojine (kavno, kumarno, ferulno, vanilinsko kislino in druge) v ovsu ob toplotni obdelavi ter ob stiku z vodo. Poročajo o znižanju vsebnosti fenolnih spojin v ovsu (brez luščin) ob toplotni obdelavi ovsu, medtem ko se v ovsu z luščinami v enakem procesu vsebnost fenolnih spojin poveča (DIMBERG in sod. 1996). Ugotavljajo, da je količina fenolnih spojin povezana z vsebnostjo oziroma dodajanjem vode v tehnoloških postopkih ter je odvisna tudi od temperature in trajanja procesov.

Luščenje zrn z različnimi toplotnimi postopki in različnimi temperaturnimi režimi povzroči drastično znižanje vsebnosti celokupnih flavonoidov v oluščeni zrnji (tudi za 75 %), medtem ko se zmanjša količina celokupnih flavonoidov v luščinah le za okoli 15-20 % (DIETRYCH-SZOSTAK & OLESZEK 1999).

Vsebnost rutina po naravnem sušenju zrn navadne ajde je v preiskovanih vzorcih 17,74 mg/100 g SS, po sušenju z zmrzovanjem pa je vsebnost rutina skoraj nespremenjena (17,23 mg/100 g SS). S kaljenjem semen koncentracija rutina v kalečih semenih narašča, po treh dneh je okoli 80 mg/100 g, po sedmih dneh pa že preko 300 mg/100 g SS (LEE in sod. 2004).

YASUDA (2001) ugotavlja, da zrna tatarske ajde vsebujejo veliko količino rutina, pa tudi encimov, ki razgrajujejo rutin. Ugotavlja, da se rutin ob dodatku vode v moko hitro razgradi v kvercetin. Encimi, ki razgrajujejo rutin, pa se ob parjenju tatarske moke skoraj popolnoma inaktivirajo (99,9 %), zato se iz take moke lahko pridobijo rezanci z visoko vsebnostjo rutina (100 mg/100 g vzorca). V vodi, v kateri so se kuhale testenine, ni ugotovil niti rutina niti askorbinske kisline. V študiji je uporabljal rezance iz tatarske ajdove moke, saj je iz predhodnih virov znano, da vsebujejo okoli 100-krat več rutina kot rezanci iz navadne ajdove moke. Pri prostovoljcih, ki so zaužili rezance iz tatarske ajde, je dokazal pozitiven vpliv na krvni tlak v povezavi z večjo vsebnostjo rutina v izdelku.

Mnogo ajdovih jedi se pripravlja z mešanjem ajdove moke in vode (KREFT 1994, 2003). Testo, ki ga obi-

čajno uporabljamo za kruh, pecivo ali testenine, lahko počiva določen čas, da razvije ustrezno teksturo in tehnološke lastnosti. Pri pripravi mešanic med moko in vodo (na primer za palačinke) je potrebno namakanje moke v vodi celo daljši čas (nekaj ur), da se pridobi ustrezna viskoznost in druge lastnosti.

Uporaba tatarske ajdove moke kot vir rutina je omejena zaradi encimske razgradnje rutina v procesu priprave testa, kar povzroči tudi grenak okus (LI in sod. 2008). Da bi ugotovili potencialno inaktivacijo encimov, ki razgrajujejo rutin in povzročijo znižanje vsebnosti rutina v izdelkih, pa tudi spremembo barve med pripravo testa, so preučili različne predhodne obdelave ajde (segrevanje, parjenje, kuhanje, ekstrudiranje). Pri parjenju (120 sekund), kuhanju (90 sekund) in ekstrudiranju (pri 140 °C) se zadrži več kot 85 % rutina, grenak okus pa izgine. Pri toplotni obdelavi s suhim zrakom (140 °C 9 minut), pa tudi pri segrevanju z mikrovalovi, se vsebnost rutina ne znižuje, grenak okus pa ostaja.

S toplotno obdelavo nastajajo kemijske spremembe v hrani. Pomembno je razumeti vpliv fizikalno kemijskih procesov na fenolne spojine, saj so za končne izdelke iz ajde, ki jih uživamo, nujno potrebni različni fizikalni, kemijski in biološki postopki. Predvsem pomembna je toplotna obdelava ajdovih zrn kot predpostopek v proizvodnji ali toplotna obdelava kaše pred uživanjem. Več znanstvenih raziskav je o vplivu procesov na nekatere funkcijske sestavine v hrani. Vpliv temperature na rutin v kolačih je neugoden (IM in sod. 2003). Povečanje vsebnosti rutina so zaznali tudi ob zmernem gama žarčenju (50 Gy), pri močnem žarčenju (100 Gy) pa znižanje vsebnosti rutina (ORSAK in sod. 2001).

ŠENSOY in sod. (2006) so preučevali vpliv toplotne obdelave (praženje zrn) in ekstrudiranja na vsebnost fenolnih spojin v ajdi in ugotovili, da se antioksidativna aktivnost ne spreminja v surovi moki in tudi ne v ekstrudirani (pri 170 °C ~ 10 sekund) ajdovi moki, medtem ko se pri toplotni obdelavi (praženju pri T=200 °C) antioksidativna aktivnost znižuje. Pri ekstrudiranju ne zaznamo vpliva predvidoma zaradi zelo kratkega časa procesa. Vsebnost celokupnih fenolov se ob toplotni obdelavi (praženju) pri T=200 °C 10 minut ne spreminja niti v temni niti v beli ajdovi moki. Obsežnejša toplotna obdelava lahko vpliva na razpad flavonoidov (DIETRYCH-SZOSTAK & OLESZEK 1999). Praženje vpliva na polarne in nepolarne snovi v ajdovi moki. Ekstrudiranje pa povzroči le spremembe polarnih spojin. Mehanska energija iz ekstrudiranja lahko vpliva na oblikovanje nekaterih kompleksov med spojinami v moki in razgradnjo večjih molekul, na primer škroba. Naraščanje specifične mehanske energije ekstrudiranja vpliva na fenolne spojine v moki.

MUKASA in sod. (2009) poročajo o hitri razgradnji rutina ob dodatku vode k moki iz okroglaste tatarske ajde. Ni zaznana razgradnja rutina ob namakanju celih oluščanih zrn okroglaste tatarske ajde v vodi. Predpostavljajo, da se to zgodi zaradi strukturne izolacije med rutinom in encimi, ki razgrajujejo rutin, v oluščanih zrnih. Poročajo o okoli 3 % količini rutina v suhi snovi v oluščanih zrnih okroglaste tatarske ajde pred namakanjem zrn v vodi ter o enaki vsebnosti tudi po 1500 minutnem namakanju, medtem ko vsebnost rutina v moki iz istega vzorca ob dodatku vode pade že v prvih 10 minutah na 0,5 % rutina v SS.

SUZUKI in sod. (2002) poročajo, da je encim rutin-3-glukozidaza, ki razgrajuje rutin, najaktivnejši v testi, čeprav se rutin nahaja pretežno v kotiledonih.

Lažje luščljiva semena (kot so npr. pri okroglasti tatarski ajdi) lahko pomenijo lažji razvoj visokorutinskih živil. MUKASA in sod. (2009) so potrdili, da v zrnih, ki se kuhajo eno uro, ostaja več kot 80 % rutina.

Posušene vršičke rastlin navadne ajde sorte 'jana' so dodajali v testo za kruh pri čemer so ugotovili, da se pri izdelavi kruha (pripravi testa in toplotni obdelavi) izgubi okoli 60 % rutina (PAULÍČKOVÁ in sod. 2004). Poročajo tudi, da vsebnost rutina v kruhu v času skladiščenja ni padla tudi do 72 ur. Navedeni avtorji poročajo o zmanjšanju količine rutina (v mešanici mok za kruh z dodatkom suhih ajdovih vršičkov, listov ali stebel) po ekstrudiranju za okoli 50 %.

PAULÍČKOVÁ in sod. (2004) ugotavljajo prisotnost rutina tudi v čebuli in česnu. Med večmesečnim skladiščenjem (6 mesecev) ugotavljajo manj kot 5 % znižanje vsebnosti rutina v čebuli in česnu. Analizirali so tudi vsebnost rutina v koruznih krispih z dodatkom ajde in česna ter določili 75 mg rutina/100 g izdelka, ki ima le 8 % vsebnost vode (PAULÍČKOVÁ in sod. 2004).

Dogajanja s fenolnimi spojinami v živilih med kuhanjem niso dokončno raziskana. Fenolne spojine že dalj časa povezujejo z aromatskimi značilnostmi sadja in zelenjave ter barvo. ANDLAUER in sod. (2003) so preučevali vsebnost nekaterih fenolnih spojin med kuhanjem (rutina pri cukinih, rutina in kvercitrina v fižolu, klorogenske kisline pri korenju, klorogenske in kavne kisline v krompirju). Kuhanje različnih vrst zelenjave v manjših količinah vode vpliva na značilno višje količine fenolnih spojin v zelenjavi kot kuhanje v večjih količinah vode. Le pri krompirju ne zaznavajo bistvenih razlik v povezavi z volumnom vode pri kuhanju. Dejanski vnos fenolnih spojin se z zaužitjem kuhanih živil zmanjšuje v primerjavi s surovimi živili (ANDLAUER in sod. 2003).

O vsebnostih rutina in kvercetina v korejski jedi gochujang, narejeni iz ajdove moke, poročajo LEE in sod. (2005). Jed gochujang se pari in fermentira približno en mesec. Neparjena ajdova moka kaže prisotnost

rutina, ne pa tudi kvercetina. Vsebnost rutina po parjenju pada, narašča pa količina kvercetina. Najvišjo vsebnost rutina in kvercetina v ajdovi moki so ugotovili po 20 urah fermentacije. Pri uporabi fermentiranega ajdovega testa za gochujang so ugotovili rahel padec koncentracije rutina in naraščanje le-te za kvercetin, kar pripisujejo verjetni razgradnji rutina. Ves rutin se v gochujangu razgradi po 20-ih dneh.

1.11 Terapevtski in drugi učinki ajde na zdravje

Ajda je naravno funkcijsko živilo, saj ima biološko pozitivne vplive na človekov organizem zaradi sestavin, ki jih vsebuje. Predvsem pomembna je njena prehranska vrednost pa tudi terapevtski učinki. Zanimiva je vsebnost flavonoidov, predvsem rutina, v ajdi. O terapevtskih, medicinskih, farmacevtskih, kozmetičnih, prehranskih in drugih vplivih in učinkih poročajo različni avtorji (WIESLANDER & NORBÄCK 2001ab, WIESLANDER in sod. 2012, YANG 2014).

Polifenoli, kot so tanini in flavonoidi, imajo vlogo zaščitnega sredstva v semenih in so prisotni predvsem v zunanjih plasteh zrn in v luščini (STEADMAN 2001b).

Tanini (visokomolekularni polifenoli z relativno molsko maso 500-3000) so lahko prepoznani kot anti-nutrienti (antihranila), če se uživajo v velikih količinah. Kompleksi taninov in beljakovin zmanjšujejo razpoložljivost beljakovin za absorpcijo (ŠKRABANJA in sod. 1998).

Flavonoidi so učinkoviti pri mnogih patoloških procesih in pri boleznih ljudi, tudi pri raku (STEADMAN 2001b). Antioksidativna aktivnost je ena najpomembnejših lastnosti živil, saj prav ta aktivnost zelo močno korelira z mnogimi biološkimi funkcijami, kot so antimutagenost, antikancerogenost in druge (WATANABE in sod. 1997, ZHAO in sod. 2001, 2004ab). Ta lastnost je predvsem pomembna zaradi zaščite proti oksidativnim poškodbam celic. Rutin, kvercetin in drugi polifenoli imajo lahko v ustreznih količinah potencialno antikancerogeno vlogo – predvsem pri raku na črevesju pa tudi drugih vrstah raka. Antikancerogene in antimutagene lastnosti polifenolov, predvsem rutina, lahko povezujemo z antioksidativnimi lastnostmi ajde. Pri tatarski ajdi so opazili citotoksično aktivnost, ki se (že) uporablja v boju proti humanim kancerogenim celicam (B. J. PARK & C. H. PARK 2004).

Beljakovine ajde lahko, z vplivom na nižanje estradiola v krvnem serumu, zavirajo ali upočasnijo proces nastanka raka dojk, raka debelega črevesa ter preprečujejo nastajanje žolčnih kamnov bolj učinkovito kot podobni beljakovinski izdelki iz soje (KAYASHITA in sod. 1999, TOMOTAKE in sod. 2000). O zaviralnem vpli-

vu polifenolov na raka trebušne slinavke poročajo MORURIA in sod. (2002). Ugotavljajo zaviralni učinek rutina na aktivnost tirozinaze (YASUDA 2007).

V številnih študijah ugotavljajo antimikrobno delovanje flavonoidov, predvsem rutina. O antibakterijski aktivnosti rutina poročajo ARIMA in sod. (2002). Preučevali so učinke na *Bacillus cereus* in *Salmonella enteritidis*. Objavljene pa so tudi raziskave o protivirusnem delovanju flavonoidov proti humanim virusom, tudi HIV-1 in HSV-1 in 2.

PRESTAMO in sod. (2003) poročajo, da se ajda lahko uporablja kot hrana s prebiotičnimi učinki, saj vzpodbuja razmnoževanje laktobacilov v črevesju pri miših.

Uživanje flavonoidov povezujejo z zmanjšanjem smrtnosti zaradi koronarnih srčnih bolezni (STEADMAN 2001b).

Ajda, kot vir rutina in pozitivna povezava rutina s preprečevanjem previsokega krvnega tlaka se omenja že v sredini 20. stoletja. COUCH in sod. (1946) so poročali o vsebnosti rutina v celih rastlinah ajde (2,07 % rutina v SS), v listih in cvetovih (2,50 % rutina v SS), navajajo pa tudi nekatere druge avtorje, ki so raziskovali vsebnost rutina v svežih in posušenih listih, cvetovih in celih rastlinah ter v steblih v povezavi s krvnim tlakom in pozitivnim vplivom na zdravje.

Rutin kot sekundarni metabolit vpliva na krvni tlak in ga znižuje (ABEYWARDENA & HEAD 2001). Učinke na zniževanje krvnega tlaka (antihipertenzijski učinek) so preučevali tudi CHOI in sod. (2001). Rutin ima mnoge pozitivne zdravstvene lastnosti tudi v povezavi s perifernimi žilnimi boleznimi. Rutin je pomembna terapevtska sestavina, saj pozitivno vpliva na elastičnost krvnih žil, preprečuje motnje cirkulacije in aterosklerozo, znižuje krvni tlak in stimulira organizem k boljši razpoložljivosti C vitamina. Znižuje tveganja za nastanek srčnožilnih bolezni ter ateroskleroze. Vpliva na zmanjšanje pokanja kapilar in posledično notranjih krvavitev in ima antioksidativni učinek (GRIFFITH in sod. 1944, WATANABE 1998, C. H. PARK in sod. 2000, HOLASOVÁ in sod. 2002). Rutin, ki ga je v listih in zrnju ajd od 0,5 do 1,2 %, lahko sodeluje pri mnogih fizioloških funkcijah, kot so vzdrževanje trdnosti krvnih kapilar, zmanjševanje njihove propustnosti in krhkosti (ZHAO in sod. 2001). Več kliničnih študij in poskusov na živalih je potrdilo, da tatarska ajda deluje preventivno in tudi kurativno pri srčnožilnih boleznih (ZHAO in sod. 2001).

LUTHAR (1992ab), LUTHAR & KREFT (1996) in HAGELS (1999ab) so preučevali tanine in druge polifenole v ajdi.

Fenolne spojine lahko znižujejo tudi koncentracijo sladkorja in holesterola v krvi. Več raziskav na živalih

dokazuje, da so izdelki iz ajde koristni za zniževanje krvnega sladkorja ter sladkorjev v urinu (ZHAO in sod. 2001). Ajda pozitivno vpliva na zniževanje koncentracije glukoze v krvi (poskusi pri miših) zaradi prisotnosti D-chiro-inozitola, ki uravnava inzulin (PRESTAMO in sod. 2003). Vpliv učinkov ajde na koncentracijo glukoze v krvi so pri poskusih na živalih (miših) preučevali tudi YOON in sod. (2001). Učinke ajde pri ljudeh na nivo glukoze v krvi in nivo inzulina so ugotavljali ZHAO in sod. (2001). Klinične študije in poskusi na živalih so potrdile pomembne vplive tatarske ajde na zdravje človeka ter zniževanje glukoze v krvi (ugoden vpliv na sladkorno bolezen) (ZHAO in sod. 2001). O učinkih kuhane ajde na raven glukoze v krvi poročajo tudi KANG in sod. (2001), o učinkih ajdovega čaja (kitajskega proizvajalca) pa LIN in sod. (2004).

Ugotovljeni so tudi učinki na uravnavanje holesterola v krvi (ZHAO in sod. 2001). Klinične raziskave na živalih dokazujejo, da so izdelki iz ajde koristni za zniževanje krvnih maščob. WANG in sod. (2001) so s poskusi na živalih (miši) ugotovili pozitiven vpliv na znižanje serumskih trigliceridov in holesterola ter pozitiven vpliv na antioksidativne encime v jetrih mišk. Vpliv učinkov ajde na maščobe v krvi (holesterol, trigliceride) so v poskusih na živalih (miši) preučevali tudi YOON in sod. (2001). O vplivu bioaktivnih substanc ajdovih kalic na nivo holesterola v krvi poročajo WIESLANDER in sod. (2011, 2012), o vplivu rutina in kvercetina na serumske in jetrne lipide pa NAKAMURA in sod. (2000).

Rutin preprečuje vnetja, anafilaktične pojave, deluje kot diuretik, spazmolitik, srčni stimulator. Preventivno deluje tudi proti sterilnosti in senilnosti. Je tudi nekoliko boljši zaščitnik pred radioaktivnostjo, zato se uporablja tudi v kurativi za bolnike z radiacijskimi boleznimi (ZHAO in sod. 2001, 2004ab).

Ajda se zaradi visoke vsebnosti flavonoidov (antioksidantov) uporablja tudi kot kozmetično sredstvo za kreme, losijone, kopeli, zobno pasto, regeneratore za lase ter za žvečilne gumije, čaj in druge izdelke (LIN in sod. 2004, ZHAO in sod. 2004ab).

Ajda se uporablja kot zel v zdravstvene namene. Predvsem zanimiv je zeleni ajdov čaj, pa tudi moka iz zelenih listov, ki se dodaja živilom kot funkcijski dodatek. Deli svežih rastlin se uporabljajo tudi kot zelenjava. Zeleni deli rastlin ajde so bogati s flavonoidi (KREFT in sod. 2006). Ker pa zeleni deli rastline lahko vsebujejo tudi fototoksičen fagopirin, jih je treba uporabljati previdno (STOJILKOVSKI in sod. 2013, S. KREFT in sod. 2013).

HOBOWICZ & OBENDORF (2005) poročata o šestih različnih oligomerah fagopiritola (A_1 , A_2 , A_3 , B_1 , B_2 in B_3) v kalicah semen navadne ajde. Njihova asimilacija

in akumulacija je odvisna od temperatur med kalitvijo. Nižje temperature med zorenjem in formiranjem zrn vplivajo na povečanje vsebnosti fagopiritola A_1 in B_1 v kalicah.

Fagopiritole, mono-, di-, in trigalaktozil derivate *D-chiro*-inozitola, povezujejo z zmanjšanjem simptomov pri bolnikih s sladkorno boleznijo neodvisnih od inzulina in jih lahko uporabljajo za naravno sestavino pri zdravljenju sladkorne bolezni (KAWA in sod. 2003). Fagopiritol deluje kot inzulinski mediator in inzulinski inhibitor.

V temnih ajdovih mokah ugotavljajo bistveno višjo vsebnost fagopiritola (1400–2200 mg/100 g) kot v belih mokah (100–200 mg/100 g) (HATCHER in sod. 2008).

Zrnye ajde akumulira topne ogljikove hidrate, med njimi fagopiritol B_1 v kotiledonih v procesu zorenja (ODORCIC & OBENDORF 2003).

Beljakovine ajde ne vsebujejo toksičnih prolaminov, na katere so preobčutljivi bolniki s celiakijo (JAVORNIK 1980, JAVORNIK & KREFT 1984, AUBRECHT &

BIACS 2001, IM in sod. 2003, ŠKRABANJA 2014, VOMBERGAR in sod. 2014, COSTANTINI in sod. 2014). Ajda ne vsebuje glutena in jo uporabljajo v dietah pri celiakiji, razen v primerih, ko se kaže tudi specifična intoleranca na beljakovine ajde (WIESLANDER & NORBÄCK 2001a).

Prebavljivost beljakovin celega ajdovega zrna je relativno nizka (pod 80 %) zaradi visoke vsebnosti surovih vlaknin in tanina (K. IKEDA in sod. 1991). JAVORNIK in sod. (1981) ugotavljajo, da so beljakovine tatarske ajde manj prebavljive kot beljakovine v navadni ajdi. Ta pojav lahko povezujemo z visokimi količinami polifenolnih snovi v tatarski ajdi.

Tudi ŠKRABANJA in sod. (2001) ugotavljajo, da zaradi počasne prebavljivosti škroba ajde (na kar lahko vplivajo polifenoli), pri uživanju ajde dalj časa občutimo sitost kot pri uživanju pšeničnih jedi. Pri počasnejši razgradnji beljakovin se ne izključuje povezava s polifenoli (ŠKRABANJA in sod. 2000).

Priporočena količina dnevnega vnosa rutina v organizem ni določena, naj pa ne bi presegla 50 mg (PAULÍČKOVÁ in sod. 2005).

2 SUMMARY

Buckwheat is an interesting alternative crop, similar to cereals in regard to cultivation and utilisation. Two species, common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and Tartary buckwheat (*F. tataricum* Gaertn.) are mainly cultivated, and used in human nutrition. Buckwheat grain contain nutritionally important polyphenolic compounds; their concentration in buckwheat grain and products is higher in comparison to wheat, maize, rice or barley. Grain, as well as the green parts of buckwheat plants, contain flavonoids, tannins and other phenolic substances.

Popularity of buckwheat in nutrition is increasing (BIAN et al. 2004). It is also important in regard to its traditional therapeutic value (MA et al. 2001, YASUDA 2001, ZHAO et al. 2001, 2004a). Main components with health maintaining value are flavonoids, especially rutin. Tartary buckwheat contain much more rutin in comparison to common buckwheat, up to hundred times higher concentration in grain (BRIGGS et al. 2004, PARK et al. 2004). So, Tartary buckwheat grain is possible to use in production of nutraceuticals.

Recently special attention is given to the content of rutin and other flavonoids in buckwheat grain. Many buckwheat products are functional food items; buckwheat flour is added to diverse bread products and other foods to improve their nutritional value (KREFT et al. 1996, ŠKRABANJA et al. 2001, KREFT 2003).

Rutin is the product of metabolism of higher plants, able to protect plants from UV radiation (GABERŠČIK et al. 2002, ROZEMA et al. 2002). It is contained in many plants, but only few of them, including buckwheat, are suitable in human nutrition. Environmental factors, like UV radiation have important impact on the content of rutin and other flavonoids in buckwheat plants (S. KREFT et al. 2002).

Among buckwheat species and varieties, there are differences in the content of flavonoids, including rutin. Buckwheat is a natural functional food with a beneficial influence on human health due to its chemical composition. Several authors have reported medical, pharmaceutical, cosmetic, nutritional and other benefits of a buckwheat diet. Suggested amount of daily intake of rutin for humans is not determined, but it is supposed to be not more than daily 50 mg (PAULÍČKOVÁ et al. 2005).

Health maintaining value of buckwheat is more and more important (KREFT 1989, 2001, 2003).

For buckwheat products and dishes the acceptability by customers is very relevant (K. IKEDA et al. 2001). Buckwheat pasta could be made by using different milling fractions, i. e. different flours originating from different grain parts. For the palatability of buckwheat dishes and mechanical properties there are of importance proteins and starch, contained in diverse milling

fractions in different concentrations (K. IKEDA et al. 2001).

Buckwheat grain contains high quality proteins, starch, vitamins and mineral elements. Of special importance are essential amino acids, like lysine (EGGUM 1980, EGGUM et al. 1981, JAVORNIK et al. 1981, JAVORNIK 1983, 1986, K. IKEDA et al. 1991) and rich selection of elements (S. IKEDA & YAMASHITA 1994, S. IKEDA et al. 2004).

Important part of buckwheat proteins are resistant to digestion or are slowly digested (K. IKEDA et al. 1986, 1991). Authors report about low digestibility rate of buckwheat proteins because of the presence of enzyme inhibitors including protease inhibitors (K. IKEDA & KISHIDA 1993).

Buckwheat globulins (proteins soluble in salt solution) are formed by six acidic and six basic polypeptides, connected with each other by disulfide bonds.

Based on the results of solubility experiments it proceeds that protein aggregates are not needed to be connected by covalent bonds. Buckwheat globulins have ability to bond water and are able to form emulsions. Sulfhidril and disulfid groups are important in the maintaining of structure and reactivity of proteins, and in forming technological (FESSAS et al. 2008).

Buckwheat milling products are able to replace wheat flour in products suitable for people with celiac disease (SKERRITT 1986). In such products, there should be no traces of gluten proteins (WIESLANDER & NORBÄCK 2001a, SCHÖBER et al. 2003, STØRSRUD et al. 2003, WIJNGAARD & ARENDT 2006a, KRAHL et al. 2008). ŠKRABANJA et al. (2001) reported that slow digestibility of proteins, due to the presence of polyphenols, prolong satiety in comparison to meals based on wheat. In the slow digestion of proteins, there are not disconnected the bonds with polyphenols (ŠKRABANJA et al. 2000).

ZAHVALA

Projekt (št. L4-7552, »Optimizacija predelave ječmena in ajde za trajnostno pridobivanje živil z visoko uporabno vrednostjo«) in raziskovalni program (št. P1-

0212 »Biologija rastlin«), je sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors acknowledge the project (»Optimisation of barley and buckwheat processing for sustainable use in high quality functional food«, ID L4-7552) and Re-

search core funding (No. P1-0212 »Biology of Plants«), which were financially supported by the Slovenian Research Agency.

LITERATURA – REFERENCES

- ABEYWARDENA, M. Y. & R. J. HEAD, 2001: *Dietary polyunsaturated fatty acid and antioxidant modulation of vascular disfunction in the spontaneously hypertensive rat*. Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids (Bethesda) 65(2): 91–97. <http://dx.doi.org/10.1054/plef.2001.0294>
- ABRAM, V., 2000: *Antioksidativno delovanje flavonoidov*. V: Žlender B. & L. Gašperlin (ur.): *Antioksidanti v živilstvu*. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož 26. in 27. oktober 2000. Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo (Ljubljana): 23–32 str.
- ADAMSE, P. & S. J. BRITZ, 1996: *Rapid fluence-dependent responses to ultraviolet-B radiation in cucumber leaves: the role of UV-absorbing pigments in damage protection*. Journal of Plant Physiology (Amsterdam) 148(1-2): 57–62. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(96\)80294-X](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(96)80294-X)
- ALVAREZ-JUBETE, L., E. K. WIJNGAARD, E. K. ARENDT & E. GALLAGER, 2010: *Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa, buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking*. Food Chemistry (Amsterdam) 119(2): 770–778. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.032>
- ANDLAUER, W., C. STUMPF, M. HUBERT, A. RINGS & P. FÜRST, 2003: *Influence of cooking process on phenolic marker compounds of vegetables*. International Journal for Vitamine Nutrition Research (Göttingen) 73(2): 152–159.

<https://doi.org/10.1024/0300-9831.73.2.152>

- ANTHONI, J., F. LIONNETON, J. M. WIERUSZESKI, J. MAGDALOU, J. M. ENGASSER, L. CHEBIL, C. HUMEAU & M. GHOUL, 2008: *Investigation of enzymatic oligomerization of rutin*. *Rasayan Journal of Chemistry* (Amsterdam) 4: 718–731.
- ARIMA, H., H. ASHID & G. DANNO, 2002: *Rutin – enhanced antibacterial activities of flavonoids against Bacillus cereus and Salmonella enteritidis*. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* (Oxford) 66(5): 1009–1014. <http://dx.doi.org/10.1271/bbb.66.1009>
- ARTS, M. J. T. J., G. R. M. M. HAENEN, L. C. WILMS, S. A. J. N. BATSTRA, C. G. M. HEIJNEN, H. P. VOSS & A. BAST, 2002: *Interactions between flavonoids and proteins: effect on the total antioxidant capacity*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (München) 50 (5): 1184–1187. <https://doi.org/10.1021/jf010855a>
- ASAMI, Y., R. ARAI, R. LIN, Y. HONDA, T. SUZUKI & K. IKEDA, 2007: *Analysis of components and textural characteristics of various buckwheat cultivars*. *Fagopyrum* (Ljubljana) 24: 41–48.
- AUBRECHT, E. & P. A. BIACS, 2001: *Characterization of buckwheat grain proteins and its products*. *Acta Alimentaria* (Budapest) 30(1): 71–80. <https://doi.org/10.1556/AAlim.30.2001.1.8>
- BARTOLI, C. G., F. GOMEZ, G. GERGOFF, J. J. GUINAMÉT & S. PUNTARULO, 2005: *Up-regulation of the mitochondrial alternative oxidase pathway enhances photosynthetic electron under drought conditions*. *Journal of Experimental Botany* (Oxford) 56(415): 1269–1276. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri111>
- BIAN, J., F. SHAN, Z. TIAN, G. XU, R. LIN, X. CHUNSHENG, D. YALI & J. MINGJIE, 2004: *Study on new health foods of tartary buckwheat*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceeding of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 714–718.
- BJÖRN, L. O., 1999: *Effects of ozone depletion and increased ultraviolet-B radiation on terrestrial plants*. In: Baumstark-Khan et al. (Eds.): *Fundamentals for the Assessment Risks from Environmental radiation*. Kluwer Academic Publishers (Dordrecht), pp. 463–470.
- BOJŇANSKÁ, T., H. FRANČÁKOVÁ, P. CHLEBO & A. VOLLMANNOVÁ, 2009: *Rutin content in buckwheat enriched bread and influence of its consumption on plasma total antioxidant status*. *Czech Journal of Food Science, Special Issue* (Praha) 27: S236–S240.
- BONAFACCIA, G. & I. KREFT, 1994: *Technological and qualitative characteristics of food products made with buckwheat*. *Fagopyrum* (Ljubljana) 14: 35–42.
- BONAFACCIA, G., R. ACQUISTUCCI & Z. LUTHAR, 1994: *Proximate chemical composition and protein characterization of the buckwheat cultivated in Italy*. *Fagopyrum* (Ljubljana) 14: 43–48.
- BONAFACCIA, G., L. GAMBELLI, N. FABJAN & I. KREFT, 2003a: *Trace elements in flour and bran from common and tartary buckwheat*. *Food Chemistry* (Amsterdam) 83(1): 1–5. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00228-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00228-0)
- BONAFACCIA, G., M. MAROCCHINI & I. KREFT, 2003b: *Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat*. *Food Chemistry* (Amsterdam) 80(1): 9–15. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00228-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00228-5)
- BONAFACCIA, G., F. MACCATI & V. GALLI, 2009: *Dietary fiber and phenolic compounds in common and tartary buckwheat*. In: Park C. H. & I. Kreft (Eds.): *Development and Utilization of Buckwheat as medicinal natural products*. ISBS–International Symposium of Buckwheat Sprouts. (Bongpyoung, IBRA), pp. 16–19.
- BRIGGS, C. J., C. CAMPBELL, G. PIERCE & P. JIANG, 2004: *Bioflavonoid analysis and antioxidant properties of tartary buckwheat accessions*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceeding of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 593–597.
- BRUNORI, A. & G. VÉGVÁRI, 2007: *Rutin content of the grain of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench and Fagopyrum tataricum Gaertn.) varieties grown in southern Italy*. *Acta Agronomica Hungarica* (Budapest) 55(3): 265–272. <https://doi.org/10.1556/AAgr.55.2007.3.1>
- CHAI, Y., B. FENG, Y. G. HU, J. GAO & X. GAO, 2004: *Analysis on the variation of rutin content in different buckwheat genotypes*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceeding of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 688–691.
- CHOI, Y. S., B. H. LEE, T. H. SHIM & H. H. LEE, 2001: *Hypotensive effects of dietary buckwheat in SHR*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 554–560.

- CHRUNGOO, N. K., N. DEVADASAN, I. KREFT & M. GREGORI, 2013: *Identification and characterization of granule bound starch synthase (GBSS-I) from common buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench)*. Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology (Chennai) 22(3): 269-276. <https://doi.org/10.1007/s13562-012-0153-y>
- COSTA, A. M. M. B., F. C. PIMENTA, W. C. LUZ & V. DE OLIVEIRA, 2008: *Selection of the Beauveria genus able to metabolize quercetin like mammalian*. Brazilian Journal of Microbiology (Amsterdam) 39(2): 405-408.
- COSTANTINI, L., L. LUKŠIČ, R. MOLINARI, I. KREFT, G. BONAFACCIA, L. MANZI & N. MERENDINO, 2014: *Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients*. Food Chemistry (Amsterdam) 165: 232-240. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.095>
- COUCH, J. F., J. NAGHSKI & C. F. KREWSON, 1946: *Buckwheat as a source of rutin*. Science (Washington) 103(2668): 197-198. <https://doi.org/10.1126/science.103.2668.197>
- DANILA, A. M., A. KOTANI, H. HAKAMATA & F. KUSU, 2007: *Determination of rutin, catechin, epicatechin, and epicatechingallate in buckwheat Fagopyrum esculentum Moench by micro-high-performance liquid chromatography with electrochemical detection*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 55: 1139-1143. <https://doi.org/10.1021/jf062815i>
- DAY, T. A., B. W. HOWELLS & W. J. RICE, 1994: *Ultraviolet absorption and epidermal spectra in foliage*. Physiologia Plantarum (Helsinki) 92 (2): 207-218. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1994.tb05328.x>
- DIETRICH-SZOSTAK, D. & W. OLESZEK, 1999: *Effect of processing on the flavonoid content in buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) grain*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 47(10): 4384-4387. <https://doi.org/10.1021/jf990121m>
- DIETRICH-SZOSTAK, D., 2004: *Flavonoids in hulls of different varieties of buckwheat and their antioxidant activity*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceeding of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 621-625.
- DIMBERG, L. H., E. L. MOLTEBERG, R. SOLHEIM & W. FRÖLICH, 1996: *Variation in oat groats due to variety, storage and heat treatment. I: Phenolic compounds*. Journal of Cereal Science (Amsterdam) 24 (3): 263-272. <https://doi.org/10.1006/jcrs.1996.0058>
- DVOŘÁČEK, V., P. ČEPKOVA & A. MICHALOVÁ, 2004: *Protein content evaluation of several buckwheat varieties*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceeding of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 734-736.
- EGGUM, B. O., 1980: *The protein quality of buckwheat in comparison with other protein sources of plant or animal origin*. In: Kreft I., B. Javornik & B. Dolinšek (Eds.): *Symposium on buckwheat*. Biotechnical faculty (Ljubljana), pp.115-120.
- EGGUM, B. O., I. KREFT & B. JAVORNIK, 1981: *Chemical composition and protein quality of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench)*. Plant Foods for Human Nutrition (New York) 30: 175-179. <https://doi.org/10.1007/BF01094020>
- FABJAN, N., J. RODE, I. J. KOŠIR, Z. WANG, Z. ZHANG & I. KREFT, 2003: *Tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercitrin*. Journal of Agriculture and Food Chemistry (München) 51(22): 6452-6455. <https://doi.org/10.1021/jf034543e>
- FABJAN, N., 2007: *Zel in zrnje tatarske ajde kot vir flavonoidov*. Biotehniška fakulteta. Oddelek za agronomijo. Univerza v Ljubljani. Ljubljana. (Doktorska disertacija, 104 str.).
- FESSAS, D., M. SIGNORELLI, A. PAGANI, M. MARIOTTI, S. IAMETTI & A. SHIRALDI, 2008: *Guidelines for buckwheat enriched bread. Thermal analysis approach*. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry (Washington) 91(1): 9-16.
- FOLIN – Ciocalteu reagent. 2009. <http://www.sigmaaldrich.com/etc/medialib/docs/Sigma/Datasheet/6/47641dat.Par.0001.File.tmp/47641dat.pdf> (11.11.2009)
- FRONTELA, C., F. J. GARCIA – ALONSO, G. ROS & C. MARTINEZ, 2008: *Phytic acid and inositol phosphates in raw flours and infant cereals. The effect of processing*. Journal of Food Composition Analysis (Amsterdam) 21(4): 343-350. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.02.003>

- GABERŠČIK, A., M. VONČINA, T. TROŠT, M. GERM & L. O. BJÖRN, 2002: *Growth and production of buckwheat (Fagopyrum esculentum) treated with reduced, ambient and enhanced UV-B radiation*. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology (Amsterdam) 66(1): 30–36.
[https://doi.org/10.1016/S1011-1344\(01\)00272-X](https://doi.org/10.1016/S1011-1344(01)00272-X)
- GADŽO, D., M. DJIKIĆ, T. GAVRIĆ & I. KREFT, 2009: *Comparison of phenolic composition of buckwheat sprouts and young plants*. In: Park C. H. & I. Kreft (Eds.): *Development and Utilization of Buckwheat Sprouts as medicinal natural products*. ISBS–Symposium of Buckwheat Sprouts. (Bongpyoung, IBRA), pp. 60–65.
- GAO, J., I. KREFT, G. CHAO, Y. WANG, W. LIU, L. WANG, P. WANG, X. GAO & B. FENG, 2016: *Tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum Gaertn.) starch, a side product in functional food production, as a potential source of retrograded starch*. Food Chemistry (Amsterdam) 190: 552–558.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.122>
- GERM, M., 2004: *Enviromental factors stimulate synthesis of protective substances in buckwheat*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceeding of the 9th International on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 55–60.
- GERM, M., A. VOLLMANNOVA, M. TIMORACKA, S. MELICHACOVA, V. STIBILJ, M. VOGRINČIČ & I. KREFT, 2009: *Antioxidative substances of tartary buckwheat sprouts and impact of Se and Zn on the sprout development*. In: Park C. H. & I. Kreft (Eds.): *Development and Utilization of Buckwheat Sprouts as medicinal natural products*. ISBS – International Symposium of Buckwheat Sprouts. (Bongpyoung, IBRA), pp. 46–53.
- GERM, M., B. BREZNIK, N. DOLINAR, I. KREFT & A. GABERŠČIK, 2013: *The combined effect of water limitation and UV-B radiation on common and Tartary buckwheat*. Cereal Research Communications (Budapest) 41(1): 97–105.
<https://doi.org/10.1556/CRC.2012.0031>
- GHIMERAY, A. K., P. SHARMA & X. BRIATIA, 2009: *Phenolic content and free radical scavenging activity of seed, seedling and sprout of buckwheat*. In: Park C. H. & I. Kreft (Eds.): *Development and Utilization of Buckwheat Sprouts as medicinal natural products*. ISBS – International Symposium of Buckwheat Sprouts. (Bongpyoung, IBRA), pp. 41–45.
- GOLOB, A., V. STIBILJ, I. KREFT & M. GERM, 2015: *The feasibility of using Tartary buckwheat as a Se-containing food material*. Journal of Chemistry (Hindawi) Article ID 246042: 1–4. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/246042>
- GOLOB, A., M. GERM, I. KREFT, I. ZELNIK, U. KRISTAN & V. STIBILJ, 2016a: *Selenium uptake and Se compounds in Se-treated buckwheat*. Acta botanica Croatica (Zagreb) 75 (1): 17–24. <https://doi.org/10.1515/bot-cro-2016-0016>
- GOLOB, A., D. GADŽO, V. STIBILJ, M. DJIKIĆ, T. GAVRIĆ, I. KREFT & M. GERM, 2016b: *Sulphur interferes with selenium accumulation in Tartary buckwheat plants*. Plant Physiology and Biochemistry (Amsterdam) 108: 32–36.
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.07.001>
- GREGORI, M. & I. KREFT, 2012: *Breakable starch granules in a low-amylose buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) mutant*. International journal of food, agriculture & environment – JFAE (Helsinki) 10(2): 258–262.
- GRIFFITH, J. Q., J. F. COUCH & A. LINDAUER, 1944: *Effect of rutin on increased capillary fragility in man*. Proceedings of Society for Experimental Biology and Medicine (Hoboken) 55: 228–229.
- HÄDER, D. P., H. HERRMANN & R. SANTAS, 1996: *Effect of solar radiation and solar radiation deprived of UV-B and total UV on photosynthetic oxygen production and pulse amplitude modulated fluorescence in the brown alga Padina pavonia*. FEMS Microbiol Ecol 19 (1): 53–61. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.1996.tb00198.x>
- HAGELS, H., 1999a: *Fagopyrum esculentum Moench. Chemical review*. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani (Ljubljana) 73: 29–38.
- HAGELS, H., 1999b: *Fagopyrum esculentum Moench. Medical review*. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani (Ljubljana) 73: 315–329.
- HÄKKINEN, S. H., S. O. KÄRENLAMPI, I. M. HEINONEN, H. M. MYKKÄNEN & A. R. TÖRRÖNEN, 1999: *Content of the flavonols quercetin, myricetin and kaempferol in 25 edible berries*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 47(6): 2274–2279. <https://doi.org/10.1021/jf9811065>
- HAN, M., Y. I. CHANG, S. J. LEE, J. M. PARK & B. K. KWON, 2005: *Stability of rutin by pH and enzymes during fermentation of buckwheat gochujang*. IFT Annual Meeting. (New Orleans).
- HATCHER, D. W., S. YOU, J. E. DEXTER, C. CAMPBELL & M. S. IZYDORCZYK, 2008: *Evaluation of the performance of flours from cross- and self-pollinating canadian common buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) cultivars in soba noodles*. Food Chemistry (Amsterdam) 107(2): 722–731.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.072>

- HEIM, K. E., A. R. TAGLIAFERRO & D. J. BOBILYA, 2002: *Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships*. The Journal of Nutrition and Biochemistry (Hoboken) 13(10): 572–584. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(02\)00208-5](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(02)00208-5)
- HOBOWICZ, M. & R. L. OBENDORF, 2005: *Fagopyritol accumulation and germination of buckwheat seeds matured at 15, 22 and 300C*. Crop Science (Madison) 45: 1264–1270.
- HOLASOVÁ, M., V. FIDLEROVÁ, H. SMRCINOVÁ, M. ORSAK, J. LACHMAN & S. VAVREINOVÁ, 2002: *Buckwheat - the source of antioxidant activity in functional foods*. Food Research International (Hoboken) 35(2-3): 207–211. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00185-5](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00185-5)
- HUNG, P. V., T. MAEDA, R. TSUMORI & N. MORITA, 2007: *Characteristics of fractionated flours from whole buckwheat grain using a gradual milling system and their application for noodle making*. Journal of the Science of Food and Agriculture (Hoboken) 87 (15): 2823–2829. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3018>
- HUNG, P. V. & N. MORITA, 2008: *Distribution of phenolic compounds in the graded flours milled from whole buckwheat grains and their antioxidant capacities*. Food Chemistry (Amsterdam) 109(2): 325–331. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.060>
- HURRELL, R. F., 2003: *Influence of vegetable protein sources on trace element and mineral bioavailability*. The American Society for Nutritional Sciences. Journal of Nutrition (Rockville) 133(9): 2973–2977.
- IKEDA, K., M. OKU, T. KUSANO & K. YASUMOTO, 1986: *Inhibitory potency of plant antinutrients towards the in vitro digestibility of buckwheat protein*. Journal of Food Science (Hoboken) 51(6): 1527–1530. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1986.tb13851.x>
- IKEDA, S., M. EDOTANI & S. NAITO, 1990: *Zinc in buckwheat*. Fagopyrum (Ljubljana) 10: 51–57.
- IKEDA, K., T. SAKAGUCHI, T. KUSANO & K. YASUMOTO, 1991: *Endogenous factors affecting protein digestibility in buckwheat*. Cereal Chemistry (St. Paul) 68: 424–427.
- IKEDA, K. & M. KISHIDA, 1993: *Digestibility of protein in buckwheat seed*. Fagopyrum (Ljubljana) 13: 21–24.
- IKEDA, S. & Y. YAMAGUCHI, 1993: *Zinc contents in various samples and products of buckwheat*. Fagopyrum (Ljubljana) 13: 11–15.
- IKEDA, S. & Y. YAMASHITA, 1994: *Buckwheat as a dietary source of zinc, copper and manganese*. Fagopyrum (Ljubljana) 14: 29–34.
- IKEDA, K., 1997: *Molecular cookery science*. In: Cookery Science for the 21st Century, Vol. 4. (Tokyo).
- IKEDA, K., R. ARAI, J. FUJIWARA, Y. ASAMI & I. KREFT, 2001: *Food-scientific characteristics of products*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 489–493.
- IKEDA, S., K. TOMURA, Y. YAMASHITA & I. KREFT, 2001: *Nutritional profile of minerals in buckwheat and its products*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 485–488.
- IKEDA, K., 2002: *Buckwheat composition, chemistry, and processing*. Advances in Food and Nutrition Research (Amsterdam) 44: 395–434. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(02\)44008-9](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(02)44008-9)
- IKEDA, K. & S. IKEDA, 2003: *Buckwheat in Japan*. In: Kreft I., K. J. Chang, Y. S. Choi & C. H. Park (Eds.): *Ethnobotany of Buckwheat*. Jinsol Publishing Co. (Seoul), pp. 54–69.
- IKEDA, S., K. TOMURA, M. MIYA & I. KREFT, 2004: *Buckwheat minerals and their nutritional role*. In: *Advances in Buckwheat research*. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 650–652.
- IKEDA, K., S. IKEDA, I. KREFT & R. LIN, 2012: *Utilization of tartary buckwheat*. Fagopyrum (Ljubljana) 29: 27–30.
- IM, J. S., H. E. HUFF & F. H. HSIEH, 2003: *Effect of processing conditions on the physical and chemical properties of buckwheat grit cakes*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 51(3): 659–666. <https://doi.org/10.1021/jf0259157>
- JANOVSKÁ, D., L. ŠTOČKOVÁ & Z. STEHNO, 2009: *Evaluation of buckwheat sprouts as microgreens*. In: Park C. H. & I. Kreft (Eds.): *Development and Utilization of Buckwheat Sprouts as medicinal natural Products*. ISBS – International Symposium of Buckwheat Sprouts. (Bongpyoung, IBRA), pp. 20–24.
- JAVORNIK, B., 1980: *Proučevanje nekaterih lastnosti beljakovin ajde*. Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani. Oddelek za agronomijo. Ljubljana. (Magistrsko delo, 45 str.).
- JAVORNIK, B., B. O. EGGUM & I. KREFT, 1981: *Studies on protein fractions and protein quality of buckwheat*. Genetika (Beograd) 13: 115–121.

- JAVORNIK, B., 1983: *Nutritional quality and composition of buckwheat proteins*. In: Proceedings of the 2nd International Symposium on Buckwheat. (Miyazaki, IBRA), pp. 199–212.
- JAVORNIK, B. & I. KREFT, 1984: *Characterization of buckwheat proteins*. Fagopyrum (Ljubljana) 4: 30–38.
- JAVORNIK, B., 1986: *Buckwheat in human diets*. In: Proceedings of the 3rd International Symposium on Buckwheat. (Pulawy, IBRA), pp. 51–78.
- JIANG, P., F. BURCZYNSKI, C. CAMPBELL, G. PIERCE, J. A. AUSTRIA & C. J. BRIGGS, 2007: *Rutin and flavonoid contents in three buckwheat species Fagopyrum esculentum, F. tataricum and F. homotropicum and their protective effects against lipid peroxidation*. Food Research International (Hoboken) 40(3): 356–364. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.10.009>
- KALINOVÁ, J. & E. DADÁKOVÁ, 2004: *Varietal differences of rutin in common buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) determined by micellar electrokinetic capillary chromatography*. In: *Advances in Buckwheat research*. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 719–722.
- KANG, M. J., J. I. KIM, S. H. JUNG, H. Y. KIM & J. C. KIM, 2001: *The Effect of buckwheat on postprandial blood glucose and insulin level in normal subjects*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chuncheon, IBRA), pp. 577–580.
- KAYASHITA, J., I. SHIMAOKA, M. NAKAJOH, N. KISHIDA & N. KATO, 1999: *Consumption of a buckwheat protein extract retards 7,12-dimethylbenz[alpha]anthracene-induced mammary carcinogenesis in rats*. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry (Oxford) 63(10): 1837–1839. <https://doi.org/10.1271/bbb.63.1837>
- KAWA, J.M., C.G. TAYLOR & R. PRZYBYLSKI, 2003: *Buckwheat concentrate reduces serum glucose in streptozotocin-diabetic rats*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 51(25): 7287–7291. <https://doi.org/10.1021/jf0302153>
- KIM, Y. S. & J. G. KIM, 2001: *Studies on the rutin content and fatty acid composition in buckwheat sprouts*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chuncheon, IBRA), pp. 561–563.
- KIM, S. L., S. K. KIM, Y. H. LEE & C. H. PARK, 2001a: *Varietal Differences of Fatty Acid and Vitamin E Content in Buckwheat Grains*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. Proceedings of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chuncheon, IBRA), pp. 523–531.
- KIM, S. L., H. B. LEE, C. H. PARK & S. D. KIM, 2001b: *Effect of different types of light on accumulation of organic acids, sugars and phenolic compounds in buckwheat plants*. In: *Buckwheat research I*. The Proceeding of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chuncheon, IBRA), pp. 24–26.
- KIM, S. L., Y. K. SOON, J. J. HWANG, S. K. KIM, H. S. HUR & C. H. PARK, 2001c: *Development and utilization of buckwheat sprouts as functional vegetables*. Fagopyrum (Ljubljana) 18: 6.
- KIM, S., S. KIM & C. H. PARK, 2004: *Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable*. Food Research International (Hoboken) 37(4): 319–327. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2003.12.008>
- KIM, S. J., I. S. M. ZAIDUL, T. MAEDA, T. SUZUKI, N. HASHIMOTO, S. TAKIGAWA, T. NODA, C. MATSUURA-ENDO & H. YAMAUCHI, 2007: *A time-course study of flavonoids in the sprouts of (Fagopyrum tataricum Gaertn.) buckwheats*. Scientia Horticulture (Amsterdam) 115(1): 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.07.018>
- KIM, S. J., I. S. M. ZAIDUL, T. SUZUKI, Y. MUKASA, N. HASHIMOTO, S. TAKIGAWA, T. NODA, C. MATSUURA-ENDO & H. YAMAUCHI, 2008: *Comparison of phenolic compositions between common and tartary buckwheat (Fagopyrum) sprouts*. Food Chemistry (Amsterdam) 110: 814–820. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.050>
- KITABAYASHI, H., A. UJIHARA, T. HIROSE & M. MINAMI, 1995: *On the genotypic differences for rutin content in tartary buckwheat Fagopyrum tataricum Gaertn.* Breeding Science (Tokyo) 45: 189–194. <https://doi.org/10.1270/jsbbs1951.45.189>
- KRAHL, M., W. BACK, M. ZAZNKOW & S. KREISZ, 2008: *Determination of optimised malting conditions for the enrichment of rutin, vitexin and orientin in common buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench)*. Journal of the Institute of Brewing (Hoboken) 114: 294–299. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2008.tb00772.x>
- KREFT, I., 1989: *Breeding of determinate buckwheat*. Fagopyrum (Ljubljana) 9: 57–59.
- KREFT, I. & A. DE FRANCISCO, 1989: *Morphological studies on the location and size of the buckwheat embryo*. Fagopyrum (Ljubljana) 9: 47–48.
- KREFT, I. & Z. LUTHAR, 1993: *Sekundarni metaboliti ječmena, ajde in šentjanževke kot možne protivirusne učinkovine*. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani – Agronomija (Ljubljana) 61: 29–32.
- KREFT, I., 1994: *Traditional buckwheat food in Europe*. Bulletin of the Research Institute for Food Science (Kyoto) 57: 1–8.

- KREFT, I., G. BONAFACCIA & A. ŽIGO, 1994: *Secondary metabolites of buckwheat and their importance in human nutrition*. Prehrambeno-tehnološka i biotehnološka revija (Zagreb) 32(4): 195–197.
- KREFT, I., 1995: Ajda. Ljubljana.
- KREFT, I., V. SKRABANJA, S. IKEDA, K. IKEDA & G. BONAFACCIA, 1996: *Dietary value of buckwheat*. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani (Ljubljana) 67: 73–78.
- KREFT, M. & S. KREFT, 1999: *Computer aided three-dimensional reconstruction of the buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seed morphology*. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani (Ljubljana) 73: 331–336.
- KREFT, S., M. KNAPP & I. KREFT, 1999: *Extraction of rutin from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seeds and determination by capillary electrophoresis*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 47(11): 4649–4652.
<https://doi.org/10.1021/jf990186p>
- KREFT, S. & M. KREFT, 2000: *Localization and morphology of the buckwheat embryo*. Fagopyrum (Ljubljana) 17: 15–19.
- KREFT, I., 2001: *Buckwheat research, past, present and future perspectives – 20 years of internationality coordinated research*. In: *Advances in Buckwheat Research I*. The proceeding of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 361–366.
- KREFT, I. & V. ŠKRABANJA, 2002: *Nutritional properties of starch in buckwheat noodles*. Journal of Nutritional Science and Vitaminology (Tokyo) 48(1): 47–50.
- KREFT, S., B. ŠTRUKELJ, A. GABERŠČIK & I. KREFT, 2002: *Rutin in buckwheat herbs grown at different UV-B radiation levels: comparison of two UV spectrophotometric and an HPLC method*. Journal of Experimental Botany (Oxford) 53(375): 1801–1804.
<https://doi.org/10.1093/jxb/erf032>
- KREFT, I., 2003: *Buckwheat in Slovenia*. In: Kreft I., J. K. Chang, Y. S. Choi & C. H. Park (Eds.): *Ethnobotany of Buckwheat*. Jinsol Publishing Co. (Seoul), pp. 91–115.
- KREFT, I., N. FABJAN & K. YASUMOTO, 2006: *Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) food materials and products*. Food Chemistry (Amsterdam) 98(3): 508–512. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.081>
- KREFT, I., 2009: Tatarska ajda na Dolenjskem, Gorenjskem in Koroškem pred 30-imi leti. Biotehniška fakulteta. Ljubljana. (osebni vir, december 2009).
- KREFT, I., 2013: *Buckwheat research from genetics to nutrition*. Fagopyrum (Ljubljana) 30: 3–7.
- KREFT, I., Š. MECHORA, M. GERM & V. STIBILJ, 2013: *Impact of selenium on mitochondrial activity in young Tartary buckwheat plants*. Plant physiology and biochemistry (Amsterdam) 63: 196–199. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.11.027>
- KREFT, S., D. JANEŠ & I. KREFT, 2013: *The content of fagopyrin and polyphenols in common and Tartary buckwheat sprouts*. Acta Pharmaceutica (Zagreb) 63(4): 553–560.
<https://doi.org/10.2478/acph-2013-0031>
- KREFT, I., B. VOMBERGAR, P. PONGRAC, C. H. PARK, K. IKEDA, S. IKEDA, A. VOLLMANNOVÁ, K. DZIEDZIC, G. WIESLANDER, D. NORBÄCK, V. ŠKRABANJA, I. PRAVST, A. GOLOB, L. LUKŠIČ, G. BONAFACCIA, N. K. CHRUNGOO, M. ZHOU, K. VOGEL-MIKUŠ, M. REGVAR, A. GABERŠČIK & M. GERM, 2016a: *Coordinated buckwheat research: genetics, environment, structure and function*. In: The 13th international symposium on buckwheat. (Korea), pp. 29–37.
- KREFT, I., G. WIESLANDER & B. VOMBERGAR, 2016b: *Bioactive flavonoids in buckwheat grain and green parts*. In: Zhou M. & I. Kreft (Eds.): *Molecular breeding and nutritional aspects of buckwheat*. Academic Press is an imprint of Elsevier (London), pp. 161–167.
- KREFT, M., 2016: *Buckwheat phenolic metabolites in health and disease*. Nutrition Research Reviews (Cambridge) 29(1): 30–39. <https://doi.org/10.1017/S0954422415000190>
- LEE, H. B., S. L. KIM & C. H. PARK, 2001a: *Productivity of whole plant and rutin content under the different photo-periods in buckwheat*. In: *Advances in Buckwheat Research I*. The Proceeding of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 79–83.
- LEE, H. B., S. L. KIM & C. H. PARK, 2001b: *Productivity of whole plant and rutin content under the different quality of light in buckwheat*. In: *Advances in Buckwheat Research I*. The Proceeding of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 84–89.
- LEE, M. H., J. S. LEE & T. H. LEE, 2004: *Germination of buckwheat grain: Effects on minerals, rutin, tannins and colour*. In: *Advances in Buckwheat research*. Proceedings the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 50–54.

- LEE, S. J., S. J. KIM, M. S. HAN & K. S. CHANG, 2005: *Changes of rutin in quercetin in commercial Gochujang prepared with buckwheat flour during fermentation*. Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition (Busan) 34(4): 509–512.
<https://doi.org/10.3746/jkfn.2005.34.4.509>
- LI, Y., Y. J. ZU, H. CHEN, J. YANG & Z. HU, 2000: *Intraspecific differences in physiological response of 20 wheat cultivars to enhanced ultraviolet-B radiation under field conditions*. Environmental and Experimental Botany (Amsterdam) 44(2): 95–103.
[https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(00\)00057-5](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(00)00057-5)
- LI, D., X. LI, X. DING & K. H. PARK, 2008: *A process for preventing enzymatic degradation of rutin in tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum Gaertn.) flour*. The Food Science and Biotechnology (Seoul) 17: 118–122.
- LIN, R., 2004: *The development and utilization of tartary buckwheat resources*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 252–258.
- LIN, R., R. JIANZHEN & S. WEI, 2004: *An observation of the effect of tartary buckwheat tea on lowering blood glucose*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 543–546.
- LIU, B. & Y. ZHU, 2007: *Extraction of flavonoids from flavonoid-rich parts in tartary buckwheat and identification of the main flavonoids*. Journal of Food Engineering (Amsterdam) 78(2): 584–587. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.001>
- LIU, C. L., Y. S. CHEN, J. H. YANG & B. H. CHIANG, 2008: *Antioxidant activity of tartary (Fagopyrum tataricum (L.) Gaertn.) and common (Fagopyrum esculentum Moench) buckwheat sprouts*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 56(1): 173–178. <https://doi.org/10.1021/jf072347s>
- LUKŠIČ, L., J. ÁRVAY, A. VOLLMANNOVÁ, T. TÓTH, V. SKRABANJA, J. TRČEK, M. GERM & I. KREFT, 2016a: *Hydrothermal treatment of Tartary buckwheat grain hinders the transformation of rutin to quercetin*. Journal of Cereal Science (Amsterdam) 72: 131–134. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.10.009>
- LUKŠIČ, L., G. BONAFACCIA, M. TIMORACKÁ, A. VOLLMANNOVÁ, J. TRČEK, T. KOŽELJ NYAMBE, V. MELINI, R. ACQUISTUCCI, M. GERM & I. KREFT, 2016b: *Rutin and quercetin transformation during preparation of buckwheat sourdough bread*. Journal of cereal science (Amsterdam) 69: 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.011>
- LUTHAR, Z., 1992a: *Polyphenol classification and tannin content of buckwheat seeds (Fagopyrum esculentum Moench)*. Fagopyrum (Ljubljana) 12: 36–42.
- LUTHAR, Z., 1992b: *Vsebnost in razporeditev tanina v semenih ajde*. Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani. Oddelek za agronomijo. Ljubljana. (Doktorska disertacija, 84 str.).
- LUTHAR, Z. & I. KREFT, 1996: *Composition of tannin in buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) seeds*. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani (Ljubljana) 67: 59–65.
- MA, R., G. ZHAO & Y. TANG, 2001: *Nutritional and medicinal values of Fagopyrum dibortrys Hara*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. Proceedings of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 537–539.
- MATILLA, P., J. M. PIHLAVA & J. HELLSTÖM, 2005: *Contents of phenolic acids, alkyl- and alkenylresorcinols, and avenanthramides in commercial grain products*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 53(21): 8290–8295.
<https://doi.org/10.1021/jf051437z>
- MERENDINO, N., R. MOLINARI, L. COSTANTINI, A. MAZZACUTO, A. PUCCI, F. BONAFACCIA, M. ESTI, B. CECCANTONI, C. PAPESCHI & G. BONAFACCIA, 2014: *A new “functional” pasta containing Tartary buckwheat sprouts as an ingredient improves the oxidative status and normalizes some blood pressure parameters in spontaneously hypertensive rats*. Food & Function (Cambridge) 5(5): 1017–1026.
<https://doi.org/10.1039/C3FO60683J>
- MICHALOVÁ, A., D. GABROVSKA, V. FIEDLEROVÁ, M. HOLASOVÁ, E. MASKOVA & H. SMRCINOVA, 2001: *Nutritional changes during the germination of diploid and tetraploid buckwheat*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8th International on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 564–570.
- MIYAKE, K., R. MORITA, T. HANDOYO, T. MAEDA & N. MORITA, 2004: *Characteristics of graded buckwheat flours and functional properties of germinated buckwheat*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 660–664.
- MORISHITA, T., H. Y. YAMAGUCHI & K. DEGI, 2007: *The contribution of polyphenols to antioxidative activity in common buckwheat and tartary buckwheat grain (Post harvest Physiology)*. Plant Production Science (Oxford) 10(1): 99–104.

<http://dx.doi.org/10.1626/ppp.10.99>

- MOURIA, M., A. S. GUKOVSKAYA, Y. JUNG, P. BUECHLER, O. J. HINES, H. A. REBER & S. J. PANDOL, 2002: *Food – derived polyphenols inhibit pancreatic cancer growth through cytochrome C release and apoptosis*. International Journal of Cancer (Hoboken) 98(5): 761–769. <https://doi.org/10.1002/ijc.10202>
- MUKASA, Y., T. SUZUKI & Y. HONDA, 2009: *Suitability of rice-tartary buckwheat for crossbreeding and for utilization of rutin*. Japan Agricultural Research Quarterly (Ibaraki) 43(3): 199–206. <http://doi.org/10.6090/jarq.43.199>
- NAKAMURA, Y., S. ISHIMITSU & Y. TONOGAI, 2000: *Effects of quercetin and rutin on serum and hepatic lipid concentrations, fecal steroid excretion and serum antioxidants properties*. Journal of Health Science (Tokyo) 46(4): 229–240. <http://doi.org/10.1248/jhs.46.229>
- NEMCOVA, L., J. ZIMA, J. BAREK & D. JANOVSKA, 2011: *Determination of resveratrol in grains, hulls and leaves of common and tartary buckwheat by HPLC with electrochemical detection at carbon paste electrode*. Food Chemistry (Amsterdam) 126(1): 374–378. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.108>
- ODORCIC, S. & R. L. OBENDORF, 2003: *Galactosyl cyclitol accumulation enhanced by substrate feeding of soybean embryos*. In: Nicolás G., K. J. Bradford, D. Come & H. W. Pritchard (Eds.): *The Biology of Seeds - Recent Research Advances*. The proceedings of 7th International Workshops on Seeds. (Salamanca, CAB International), pp. 51–60.
- OHNISHI, O., 2004: *On the Origin of Cultivated Buckwheat*. In: *Advances in Buckwheat research*. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 16–21.
- OHSAWA, R. & T. TSUTSUMI, 1995: *Inter-varietal variations of rutin content in common buckwheat flour (Fagopyrum esculentum Moench)*. Euphytica (Dordrecht) 86(3): 183–189.
- ÖLSCHLÄGER, C., D. TREUTTER & F. J. ZELLER, 2004: *Breeding buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) for flavonoids*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 674–678.
- OLSSON, L., 1999: *Modification of flavonoid content and photosynthesis by ultraviolet-B radiation. Atrazine-tolerant and sensitive cultivars of Brassica napus*. Lund University, Section of plant physiology. Lund. (Doctoral dissertation, 104 pp.).
- OOMAH, B. D. & G. MAZZA, 1996: *Flavonoids and antioxidant activities in buckwheat*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 44(7): 1746–1750. <https://doi.org/10.1021/jf9508357>
- ORGANSKA STRUKTURA FLAVONOIDOV.
http://www.akspublication.com/paper05_jul-dec2007/figure1.gif (17.1.2010)
- ORSAK, M., J. LACHMAN, M. VEJDOVA, V. PIVEC & K. HAMOUZ, 2001: *Changes of selected secondary metabolites in potatoes and buckwheat caused by UV, gamma and microwave irradiation*. Rostlinna Vyroba (Hosín) 47: 493–500.
- OŽBOLT, L., S. KREFT, I. KREFT, M. GERM & V. STIBILJ, 2008: *Distribution of selenium and phenolics in buckwheat plants grown from seeds soaked in Se solution and under different levels of UV-B radiation*. Food Chemistry (Amsterdam) 110(39): 691–696. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.073>
- PARK, C. H., Y. B. KIM, Y. S. CHOI, K. HEO, S. L. KIM, K. C. LEE, K. J. CHANG & H. B. LEE, 2000: *Rutin content in food products processed from groats, leaves and flowers of buckwheat*. Fagopyrum (Ljubljana) 17: 63–66.
- PARK, B. J. & C. H. PARK, 2004: *Cytotoxic activities of tartary buckwheat against human cancer cells*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9th International on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 665–668.
- PARK, B. J., J. I. PARK, K. J. CHANG & C. H. PARK, 2004: *Comparison in rutin content in seed and plant of tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum)*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 626–629.
- PAULÍČKOVÁ, I., K. VYŽRALOVÁ, M. HOLASOVÁ, V. FIEDLEROVÁ & S. VAVREINOVÁ, 2004: *Buckwheat as functional food*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 587–592.
- PAULÍČKOVÁ, I., A. LANDFELD, V. FIEDLEROVÁ & S. VAVREINOVÁ, 2005: *Bakery products with higher rutin content*. Poster. In: *3rd International Congress Flour – Bread 2005*. Fakultet za prehrambeno tehnologiju Osijek. (Opatija), pp. 43.
- PIAO, S. I. & L. H. LI, 2001: *The actuality of produce and exploitation of Fagopyrum in China*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. Proceedings of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 571–576.

- POMERANZ, Y., 1983: *Buckwheat: structure, composition, utilization*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition (Oxford) 19(3): 213–258.
<https://doi.org/10.1080/10408398309527376>
- PONGRAC, P., K. VOGEL-MIKUŠ, L. JEROMEL, P. VAVPETIČ, P. PELICON, B. KAULICH, A. GIANONCELLI, D. EICHERT, M. REGVAR & I. KREFT, 2013a: *Spatially resolved distributions of the mineral elements in the grain of tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum)*. Food Research International 54(1): 125–131.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.020>
- PONGRAC, P., I. KREFT, K. VOGEL-MIKUŠ, M. REGVAR, M. GERM, N. GR LJ, L. JEROMEL, D. EICHERT, B. BUDIČ & P. PELICON, 2013b: *Relevance for food sciences of quantitative spatially resolved element profile investigation in wheat (Triticum aestivum) grain*. Journal of Royal Society Interface (London) 10(84): 20130296.
<https://doi.org/10.1098/rsif.2013.0296>
- PONGRAC, P., N. SCHEERS, A.-S. SANDBERG, M. POTISEK, I. ARČON, I. KREFT, P. KUMP & K. VOGEL-MIKUŠ, 2016a: *The effects of hydrothermal processing and germination on Fe speciation and Fe bioaccessibility to human intestinal Caco-2 cells in Tartary buckwheat*. Food Chemistry (Amsterdam) 199: 782–790.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.071>
- PONGRAC, P., K. VOGEL-MIKUŠ, M. POTISEK, E. KOVAČEC, B. BUDIČ, P. KUMP, M. REGVAR & I. KREFT, 2016b: *Mineral and trace element composition and importance for nutritional value of buckwheat grain, groats and sprouts*. In: Zhou M., I. Kreft, S.-H.Woo, N. Chrungoo & G.Wieslander (Eds.): *Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat*. Academic Press, Elsevier (Amsterdam), pp. 261–272.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803692-1.00020-1>
- PONGRAC, P., M. POTISEK, A. FRAŠ, M. LIKAR, B. BUDIČ, K. MY SZKA, D. BOROS, M. NEČEMER, M. KELEMEN, P. VAVPETIČ, P. PELICON, K. VOGEL-MIKUŠ, M. REGVAR & I. KREFT, 2016c: *Composition of mineral elements and bioactive compounds in Tartary buckwheat and wheat sprouts as affected by natural mineral-rich water*. Journal of Cereal Science (Amsterdam) 69: 9–16.
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.002>
- PONGRAC, P., P. KUMP, B. BUDIČ & K. VOGEL-MIKUŠ, 2016d: *Magnesium and phosphorus distributions in developing tartary buckwheat cotyledons = Razporeditev magnezija in fosforja v razvijajočih se kličnih listih tatarske ajde*. Folia Biologica et Geologica (Ljubljana) 57 (2): 45–56. <http://dx.doi.org/10.3986/fbg0011>
- PONGRAC, P., N. SCHEERS, A. S. SANDBERG, M. POTISEK, I. ARČON, I. KREFT, P. KUMP & K. VOGEL-MIKUŠ, 2016e: *The effects of hydrothermal processing and germination on Fe speciation and Fe bioaccessibility to human intestinal Caco-2 cells in Tartary buckwheat*. Food Chemistry (Amsterdam) 199: 782–790.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.071>
- PONGRAC, P., M. POTISEK, A. FRAŠ, M. LIKAR, B. BUDIČ, K. MY SZKA, D. BOROS, M. NEČEMER, M. KELEMEN, P. VAVPETIČ, P. PELICON, K. VOGEL-MIKUŠ, M. REGVAR & I. KREFT, 2016f: *Composition of mineral elements and bioactive compounds in tartary buckwheat and wheat sprouts as affected by natural mineral-rich water*. Journal of Cereal Science (Amsterdam) 69: 9–16.
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.002>
- PRESTAMO, G., A. PEDRAZUELA, E. PENAS, M. A. LASUNCION & G. ARROYO, 2003: *Role of buckwheat diet on rats as prebiotic and healthy food*. Nutrition Research (Amsterdam) 23(6): 803–814. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(03\)00074-5](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(03)00074-5)
- QIAN, J. Y., D. MAYER & M. KUHN, 1999: *Flavonoids in fine buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) flour and their free radical scavenging activities*. Deutsche Lebensmittel-Rundschau (München) 95: 343–349.
- QUETTIER-DELEU, C., B. GRESSIER, J. VASSEUR, T. DINE, C. BRUNET, M. LUYCKX, M. CAZIN, J. C. CAZIN, F. BAILLEUL & F. TROTIN, 2000: *Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) hulls and flour*. Journal of Ethnopharmacology (Amsterdam) 72(1-2): 35–42.
[https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00196-3](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00196-3)
- RAHMAN, A., SHAHABUDDIN, S. M. HADI, J. H. PARISH & K. AINLEY, 1989: *Strand scission in DNA induced by quercetin and Cu(II): role of Cu(I) and oxygen free radicals*. Carcinogenesis (Oxford) 10(10): 1833–1839.
<https://doi.org/10.1093/carcin/10.10.1833>
- REGVAR, M., U. BUKOVNIK, M. LIKAR & I. KREFT, 2012: *UV-B radiation affects flavonoids and fungal colonisation in Fagopyrum esculentum and F. tataricum*. Central European Journal of Biology (Warsaw) 7(2): 275–283.
<https://doi.org/10.2478/s11535-012-0017-4>

- ROZEMA, J., J. VAN DE STAAL, L. O. BJÖRN & M. CALDWELL, 1997: *UV-B as an environmental factor in plant life: stress and regulation*. Trends in Ecology & Evolution (Amsterdam) 12(1): 22–28.
[https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(96\)10062-8](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(96)10062-8)
- ROZEMA, J., L. O. BJÖRN, J. F. BORNMAN et al., 2002: *The role of UV-B radiation in aquatic and terrestrial ecosystems – an experimental and functional analysis of the evolution of UV-B compound*. Journal of Photochemistry and Photobiology, B. Biology (Amsterdam) 66(1): 2–12. [https://doi.org/10.1016/S1011-1344\(01\)00269-X](https://doi.org/10.1016/S1011-1344(01)00269-X)
- RUSSO, A., R. ACQUAVIVA, A. CAMPISI, A. SORRENTI, C. DI GIACOMO, G. VIRGATA, L. BARCELLONA & A. VANELLA, 2000: *Bioflavonoids as antiradicals, antioxidants and DNA cleavage protectors*. Cell Biology and Toxicology (Dordrecht) 16: 91–98.
<https://doi.org/10.1023/A:1007685909018>
- SANTOS, A., J. M. ALMEIDA, I. SANTOS & R. SALEMA, 1998: *Biochemical and ultrastructural changes in pollen of Zea mays L. grown under enhanced UV-B radiation*. Annals of Botany (Oxford) 82(5): 641–645. <https://doi.org/10.1006/anbo.1998.0724>
- SCHÖBER, T. J., C. M. O'BRIEN, D. MCCARTHY, A. DARNEDDE & E. K. ARENDT, 2003: *Influence of gluten-free flour mixes and fat powders on the quality of gluten-free biscuits*. European Food Research Technology (Berlin) 216(5): 369–376.
<https://doi.org/10.1007/s00217-003-0694-3>
- SCHREIBER, U., W. BILGER & C. NEUBEUER, 1995: *Chlorophyll fluorescence as a noninvasive for rapid assessment of in vivo photosynthesis*. In: Schulze E. D. & M. M. Caldwell (Eds.): *Ecophysiology of Photosynthesis*. Springer-Verlag (Berlin), pp. 49–70.
- ŞENSOY, İ., R. T. ROSEN, C. T. HO & M. V. KARWE, 2006: *Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity*. Food Chemistry (Amsterdam) 99(2): 388–393.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.007>
- SHAHIDI, F. & M. NACZK, 2003: *Phenolics in foods and nutraceuticals*. London.
- SHAN, F., H. LI, J. BIAN, X. DENG, Q. SUN, R. LIN, G. REN, A. YEUNG & S. KWONG, 2004: *Tartary buckwheat cultivation according to SFDA good agriculture practice (GAP) guidelines for traditional chinese medicine. II. High quality tartary buckwheat production technology and tartary buckwheat quality management*. In: *Advances in buckwheat research*. Proceeding of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 581–586.
- SKERRITT, J. H., 1986: *Molecular comparison of alcohol-soluble wheat and buckwheat proteins*. Cereal Chemistry (St. Paul) 63(4): 365–369.
- SMRKOLJ, P., V. STIBILJ, I. KREFT & M. GERM, 2006: *Selenium species in buckwheat cultivated with foliar addition of Se (VI) and various levels of UV-B radiation*. Food Chemistry (Amsterdam) 96(4): 675–681.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.002>
- SOON-MI, K., J. I. PARK, B. J. PARK, K. J. CHANG & C. H. PARK, 2006: *Flavonoid content and antioxidant activity of tartary buckwheat*. Proceedings of International forum on tartary industrial economy (Peking): 149–153.
- STAPLETON, A. E., C. S. THORNBOROUGH & A. WALBOT, 1997: *UV-B component of sunlight causes measurable damage in field-grown maize (Zea mays L.): Development and cellular heterogeneity of damage and repair*. Plant Cell & Environment (Chichester) 20: 279–290.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.1997.d01-81.x>
- STEADMAN, K. J., K. J. BURGOON, M. S. SCHUSTER, B. A. LEWIS, S. E. EDWARDSON & R. L. OBENDORF, 2000: *Fagopyritols, D-chiro-Inositol, and other soluble carbohydrates in buckwheat Seed Milling Fractions*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 48(7): 2843–2847. <https://doi.org/10.1021/jf990709t>
- STEADMAN, K. J., M. S. BURGOON, B. A. LEWIS & S. E. EDWARDSON, 2001a: *Buckwheat seed milling fractions: description, macronutrient composition, and dietary fibre*. Journal of Cereal Science (Amsterdam) 33(3): 271–278.
<https://doi.org/10.1006/jcrs.2001.0366>
- STEADMAN, K. J., M. S. BURGOON, B. A. LEWIS, S. E. EDWARDSON & R. L. OBENDORF, 2001b: *Minerals, phytic acid, tannin and rutin in buckwheat seed milling fractions*. Journal of the Science of Food and Agriculture (Hoboken) 81(11): 1094–1100.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.914>
- STEHNÓ, Z., D. JANOVSKA & L. ŠTOČKOVÁ, 2009: *Changes in buckwheat sprout composition during germination*. In: Park C. H. & I. Kreft (Eds.): *Development and Utilization of Buckwheat Sprouts as medicinal natural products*. ISBS – International Symposium of Buckwheat Sprouts. (Bongpyoung, IBRA), pp. 25–30.

- STIBILJ, V., I. KREFT, P. SMRKOLJ & J. OSVALD, 2004: *Enhanced selenium content in buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) and pumpkin (Cucurbita pepo L.) seeds by foliar fertilisation*. European Food Research and Technology (Heidelberg) 219(2): 142–144. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0927-0>
- STOJILKOVSKI, K., N. KOČEVAR GLAVAČ, S. KREFT & I. KREFT, 2013: *Fagopyrin and flavonoid contents in common, Tartary, and cymosum buckwheat*. Journal of Food Composition and Analysis (Amsterdam) 32(2): 126–130. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.07.005>
- STØRSRUD, S., I. M. YMAN & R. A. LENNER, 2003: *Gluten contamination in oat products and products naturally free gluten*. European Food Research Technology (Berlin) 217(6): 481–485. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0786-0>
- STRUKTURA FLAVONOIDOV.
<http://www.mateleao.com.br/imagens/artigos/flavonoids.gif> (17.1.2010)
- STRUKTURA V NARAVI PRISOTNIH FLAVONOIDOV S PRIKAZOM ŠTEVILČENJA ZA AROMATSKIH OBROČIH. <http://www.chiro.org/nutrition/FULL/querc-fig1.jpg> (6.9.2009)
- SUZUKI, T., Y. HONDA, W. FUNATSUKI & K. NAKATSUKA, 2002: *Purification and characterization of flavonol 3-glucosidase, and its activity during ripening in tartary buckwheat seeds*. Plant Science (Amsterdam) 163(3): 417–423. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00158-9](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00158-9)
- SUZUKI, T., Y. HONDA & Y. MUKASA, 2004: *Effect of lipase, lipoxygenase and peroxidase on quality deteriorations in buckwheat flour*. In: *Advances in buckwheat research*. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 692–698.
- SUZUKI, T., Y. HONDA & Y. MUKASA, 2005a: *Effect of UV-B radiation, cold and desiccation stress on rutin concentration and rutin glucosidase activity in tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum) leaves*. Plant Science (Amsterdam) 168(5): 1303–1307. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.01.007>
- SUZUKI, T., S. J. KIM, H. YAMAUCHI, S. TAKIGAWA, Y. HONDA & Y. MUKASA, 2005b: *Characterization of flavonoid 3-O-glucosyltransferase and its activity during cotyledon growth in buckwheat (Fagopyrum esculentum)*. Plant Science (Amsterdam) 169(5): 943–948. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.06.014>
- SUZUKI, T., S. J. KIM, S. TAKIGAWA, Y. MUKASA, N. HASHIMOTU, K. SAITO, T. NODA, C. MATSUURA-ENDO, S. M. ZAIDUL & H. YAMAUCHI, 2007: *Changes in rutin concentration and flavonol-3-glucosidase activity during seedling growth in tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum Gaertn.)*. Canadian Journal of Plant Science (Ottawa) 87(1): 83–87. <https://doi.org/10.4141/P05-151>
- ŠKRABANJA, V. & I. KREFT, 1994: *Resistant starch in human nutrition*. In: *Proceedings of IPBA*, Biotehniška fakulteta, Ljubljana (Rogla), pp. 267–272.
- ŠKRABANJA, V. & I. KREFT, 1998: *Resistant starch formation following autoclaving of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) groats. An in vitro study*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 46(5): 2020–2023. <https://doi.org/10.1021/jf970756q>
- ŠKRABANJA, V., H. N. LAERKE & I. KREFT, 1998: *Effects of hydrothermal processing of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) groats on starch enzymatic availability in vitro and in vivo in rats*. Journal of Cereal Science (Amsterdam) 28: 209–214.
- ŠKRABANJA, V., H. N. LAERKE & I. KREFT, 2000: *Protein-polyphenol interactions and in vivo digestibility of buckwheat groat proteins*. Pflügers Archiv - European Journal of Applied Physiology (Berlin) 440 (Suppl. 1): R129–R131. <https://doi.org/10.1007/s004240000033>
- ŠKRABANJA, V., H. G. M. LILJEBERG ELMSTÅHL, I. KREFT & I. M. E. BJÖRCK, 2001: *Nutritional properties of starch in buckwheat products: Studies in Vitro and in Vivo*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 49(1): 490–496. <https://doi.org/10.1021/jf000779w>
- ŠKRABANJA, V., I. KREFT, T. GOLOB, M. MODIC, S. IKEDA, K. IKEDA, S. KREFT, G. BONAFACCIA, M. KNAPP & K. KOSMELJ, 2004: *Nutrient content in buckwheat milling fractions*. Cereal Chemistry (St. Paul) 81(2): 172–176. <https://doi.org/10.1094/CHEM.2004.81.2.172>
- ŠKRABANJA, V., 2014: *Rad bi vedel več --- o ajdi = Ich würde gern mehr wissen --- über Buchweizen = I'd like to know more --- about buckwheat = Vorrei saperne di più ---sul grano saraceno*. Novo mesto.

- ŠKRABANJA, V., B. KOVAČ & I. KREFT, 2015: *Prebavljivost ajdovega škroba = Digestibility of buckwheat starch*. V: Raspor P. & S. Smole Možina (ur.): *Ajda od njive do zdravja, (Hrana in prehrana za zdravje, 2)*. Fakulteta za vede o zdravju, Inštitut za živila, prehrano in zdravje (Izola), str. 107-118.
- ŠKRABANJA, V. & I. KREFT, 2016: *Nutritional value of buckwheat proteins and starch*. In: Zhou M. & I. Kreft (Eds.): *Molecular breeding and nutritional aspects of buckwheat*. Academic Press is an imprint of Elsevier. (London), pp. 169-176.
- ŠTOČKOVÁ, L., E. MATĚJOVÁ, D. JANOVSKÁ & S. SÝKOROVÁ, 2009: *Laboratorní přístroje a postupy*. Chemické Listy (Praha) 103: 827–831.
- TAIZ, L. & E. ZEIGER, 2006: *Plant physiology. Fourth Edition*. Sunderland Massachusetts.
- TOMOTAKE, H., I. SHIMAOKA, J. KAYASHITA, F. YOKOYAMA, M. NAKAJOH & N. KATO, 2000: *A buckwheat protein product suppresses gallstone formation and plasma cholesterol more strongly than soy protein isolate in hamsters*. Journal of Nutrition (Rockville) 130: 1670–1674.
- TOREL, J., J. CILLARD & P. CILLARD, 1986: *Antioxidant activity of flavonoids and reactivity with peroxy radical*. Phitochemistry (Amsterdam) 25(2): 383–385.
[https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)85485-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)85485-0)
- TVARI S UČINCIMA NA BIOLOŠKU DOSTOPNOST MINERALA. 2009. *Prehrambenobiotehnoški fakultet. Zagreb*.
<http://www.pbf.hr/.../Tvari+s+ucincima+na+biolosku+dostupnost+minerala.pdf> (11.11.2009)
- VELIOGLU, Y. S., G. MAZZA, L. GAO & B. D. OOMAH, 1998: *Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 46(10): 4113–4117.
<https://doi.org/10.1021/jf9801973>
- VOGRINČIČ, M., P. CUDERMAN, I. KREFT & V. STIBILJ, 2009: *Selenium and its species distribution in above-ground plant parts of selenium enriched buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench)*. Analytical Sciences (Bethesda) 25(11): 1357–1362.
- VOGRINČIČ, M., M. TIMORACKA, S. MELICHACOVA, A. VOLLMANNOVA & I. KREFT, 2010: *Degradation of rutin and polyphenols during the preparation of Tartary buckwheat bread*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 58(8): 4883–4887.
<http://dx.doi.org/10.1021/jf9045733>
- VOGRINČIČ, M., I. KREFT, M. FILIPIČ & B. ŽEGURA, 2013: *Antigenotoxic effect of Tartary (Fagopyrum tataricum) and common (Fagopyrum esculentum) buckwheat flour*. Journal of Medicinal Food (New York) 16(10): 944–952.
<https://doi.org/10.1089/jmf.2012.0266>
- VOMBERGAR, B., 2010: *Rutin v frakcijah zrn navadne ajde (Fagopyrum esculentum Moench) in tatarske ajde (Fagopyrum tataricum Gaertn.)*. Biotehniška fakulteta. Oddelek za agronomijo. Univerza v Ljubljani. Ljubljana. (Doktorska disertacija, 147 str.).
- VOMBERGAR, B., I. KREFT, M. HORVAT & S. VORIH, 2014: *Ajda = Buckwheat*. 1. ponatis Ljubljana.
- WANG, Z., L. CHEN, B. YANG & Z. ZHANG, 2001: *The growing of tartary buckwheat and function of nutrient and medicine*. In: *Advances in Buckwheat research II*. The Proceeding of the 8th International Symposium on Buckwheat (Chunchon, IBRA), pp. 520–522.
- WATANABE, M., H. OHSHITA & T. TSUSHIDA, 1997: *Antioxidant compounds from buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) hulls*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 45(4): 1039–1044. <https://doi.org/10.1021/jf9605557>
- WATANABE, M., 1998: *Catechins as antioxidants from buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) groats*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 46(4): 839–845. <https://doi.org/10.1021/jf9707546>
- WIESLANDER, G. & D. NORBÄCK, 2001a: *Buckwheat allergy*. Allergy (West Sussex) 56: 703–704.
- WIESLANDER, G. & D. NORBÄCK, 2001b: *Buckwheat consumption and its medical and pharmacological effects – A review of the literature*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. Proceedings of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 608–612.
- WIESLANDER G., N. FABJAN, M. VOGRIČIČ, I. KREFT, C. JANSON, U. SPETZ-NYSTRÖM, B. VOMBERGAR, C. TAGES-SON, P. LEANDERSON, & D. NORBÄCK, 2011: *Eating buckwheat cookies is associated with the reduction in serum levels of myeloperoxidase and cholesterol: a double blind crossover study in day-care centre staffs*. Tohoku Journal of Experimental Medicine (Sendai, Japan) 225(2): 123–130.
- WIESLANDER, G., N. FABJAN, M. VOGRIČIČ, I. KREFT, B. VOMBERGAR & D. NORBÄCK, 2012: *Effects of common and Tartary buckwheat consumption on mucosal symptoms, headache and tiredness: A double-blind crossover intervention study*. International Journal of Food, Agriculture & Environment – JFAE (Helsinki) 10(2): 107–110.

- WIJNGAARD, H. H. & E. K. ARENDT, 2006a: *Optimisation of a mashing program for 100 % malted buckwheat*. Journal of the Institute of Brewing, 112(1): 57–65.
<https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2006.tb00708.x>
- WIJNGAARD, H. H. & E. K. ARENDT, 2006b: *Buckwheat*. Cereal Chemistry (St. Paul) 83(4): 391–401. <https://doi.org/10.1094/CC-83-0391>
- YAN, C., F. BAILL, H. YINGANG, G. JINFENG & G. XIAOLI, 2004: *Analysis on the variation of rutin content in different buckwheat genotypes*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga), pp. 688–691.
- YANG, J., 2014: *Application perspective of tartary buckwheat as sports supplements*. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research (Berlin) 6(3): 1239–1241.
- YASUDA, T. & H. NAKAGAWA, 1994: *Purification and characterization of rutin-degrading enzymes in tartary buckwheat seeds*. Phytochemistry (Amsterdam) 37(1): 133–136.
[https://doi.org/10.1016/0031-9422\(94\)85012-7](https://doi.org/10.1016/0031-9422(94)85012-7)
- YASUDA, T., 2001: *Development of tartary buckwheat noodles through research on rutin- degrading enzymes and its effect on blood fluidity*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 499–502.
- YASUDA, T., 2007: *Synthesis of new rutinoid by rutin-degrading enzymes from tartary buckwheat seeds and its inhibitory effects on tyrosinase activity*. In: Proceedings of the 10th International Symposium on Buckwheat. (Yangling, IBRA), pp. 558–562.
- YOON, D. H., Y. H. HAN, H. Y. WON, H. H. LEE, B. R. KIM & Y. S. CHOI, 2001: *Comparative on dietary grains to lipid profiles in rats*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chuncheon, IBRA), pp. 549–553.
- YOON, Y. H., J. G. LEE, J. C. JEONG, D. C. JANG & C. S. PARK, 2009: *The effect of temperature and light conditions on growth and antioxidant contents of tartary buckwheat sprouts*. In: Park C. H. & I. Kreft (Eds.): *Development and Utilization of Buckwheat Sprouts as medicinal natural products*. ISBS – International Symposium of Buckwheat Sprouts. (Bongpyong, IBRA), p. 59.
- YU, Z. & X. LI, 2007: *Determination of rutin content on chinese buckwheat cultivars*. In: Proceedings of the 10th International Symposium on Buckwheat. (Yangling, IBRA), pp. 465–468.
- ZHANG, G., Z. XU, Y. GAO, X. HUANG, Y. ZOU & T. YANG, 2015: *Effects of germination on the nutritional properties, phenolic profiles, and antioxidant activities of buckwheat*. Journal of Food Science (Hoboken) 80(5): H1111–9.
<http://dx.doi.org/10.1111/1750-3841.12830>
- ZHAO, G., Y. TANG, R. MA & Z. HU, 2001: *Nutritional and medicinal values of tartary buckwheat and its development and application*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8th International Symposium on Buckwheat. (Chuncheon, IBRA), pp. 503–506.
- ZHAO, G., A. WANG & Z. HU, 2004a: *China's buckwheat resources and their medical values*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 630–632.
- ZHAO, G., A. WANG, Y. TANG & Z. HU, 2004b: *Research on nutrient constituents and medicinal values of Fagopyrum cymosum seeds*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceeding of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 669–673.
- ZHOU, X., T. HAO, Y. ZHOU, W. TANG, Y. XIAO, X. MENG & X. FANG, 2015: *Relationships between antioxidant compounds and antioxidant activities of Tartary buckwheat during germination*. Journal of Food Science and Technology (Chennai) 52(4): 2458–2463. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-014-1290-1>
- ZIELINSKI, H. & H. KOZŁOWSKA, 2000: *Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions*. Journal of Agricultural Food Chemistry (München) 48(6): 2008–2016.
<https://doi.org/10.1021/jf990619o>

APPEARANCE AND SPREADING OF COMMON RAGWEED (*AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L.) IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

POJAVLJANJE IN ŠIRJENJE AMBROZIJE (*AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L.) V BOSNI IN HERCEGOVINI

Fejzo BAŠIĆ¹, Mirha ĐIKIĆ¹ & Drena GADŽO^{1*}

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0032>

ABSTRACT

Appearance and spreading of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in Bosnia and Herzegovina

It has been more than seven decades since the first data on the presence of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) in Bosnia and Herzegovina was published. The literature data show that this invasive weed species has spread and became naturalized in a major part of Bosnia and Herzegovina, and has a tendency of further spreading. It is believed that was introduced from the north and spread towards the south. Depending on the weather conditions, common ragweed occurs predominantly during the mid-spring and produces inflorescences from July until the first frost. The common ragweed plants can grow to be over 2 meters high. This species is very adaptive to different environmental conditions, and its fast expansion in the area of Bosnia and Herzegovina was favored by the increase of areas under uncultivated and abandoned land after the war. Since common ragweed is harmful both as a weed species and as an allergenic plant dangerous to human health, it is necessary to take all available measures to prevent its further spread, but also to reduce the number of populations in the areas where it is already established.

Key words: common ragweed, invasive weeds, Bosnia and Herzegovina

IZVLEČEK

Pojavljanje in širjenje ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia* L.) v Bosni in Hercegovini

Pred več kot 70 leti so bili objavljeni prvi podatki o pojavu ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia*) v Bosni in Hercegovini. Literaturni podatki kažejo, da se je ta invazivna vrsta razširila in postala običajna v večjem delu Bosne in Hercegovine in kaže da se bo širila še naprej. Velja prepričanje, da je bila uvedena in se širila od severa proti jugu. Odvisno od vremenskih razmer se ambrozija pojavlja predvsem sredi pomladi in se na njej razvijajo socvetja od meseca julija do prve slane. Rastline ambrozije lahko zrastejo do višine preko 2 m. Vrsta se zelo prilagaja različnim okoljskim razmeram, k njenemu širjenju na območju Bosne in Hercegovine je prispevalo v času vojne tudi širjenje neobdelanih in zapuščenih zemljišč. Ker je ambrozija škodljiva tako kot plevelna rastlina, kot rastlina, ki povzroča alergije in škoduje zdravju ljudi, je nujno izvajati ukrepe za preprečevanje nadaljnega širjenja. Zelo pomembno pa je tudi zmanjševanje števila rastlin v populacijah, kjer je že razširjena.

Ključne besede: ambrozija, invazivni pleveli, Bosna in Hercegovina

¹ Faculty of Agriculture and Food Science, University of Sarajevo, Zmaja od Bosne 8, 71 000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

* d.gadzo@ppf.unsa.ba

1 INTRODUCTION

Biological invasions are today considered to be among the major threats to biodiversity, ecosystem functioning, agricultural production and human health.

Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) originates from North America and is one of the most aggressive invasive plants in Europe. It is highly adaptable and has a wide ecological valence. As a weed species, it causes great economic losses by reducing the yield and the quality of agricultural crops. Because of a fast initial growth and more expressed competition in the spring, it is particularly threatening to wide-row crops (maize, sunflower, soybeans, sugar beets, vegetable crops).

Common ragweed is more common in sunflower than in other arable crops because of their botanical similarity, i.e. belonging to the same family, so that most selective herbicides used for sunflower protection do not affect it strongly enough.

According to GENTON et al. (2005), *Ambrosia artemisiifolia* was introduced in Europe in the 18th century and has been spreading since then. The rapid spread of this plant in Europe began after the World War II. CHAUVEL et al. (2006) studied the introduction and spread of common ragweed in France and neighboring countries on the basis of herbarium specimens and have found that, by 1890, this plant was mostly found

on arable soils. During the first half of the 20th century, it was described as a weedy plant of arable areas (42%), but was also present around roads (33%) and in other ruderal areas (25%). In the last few decades, road verges and agricultural areas are listed as the main habitat of this species. During the revisions of herbarium collections performed by CSONTOS et al. (2010) it was found that, around 1922, *Ambrosia artemisiifolia* was already widely present in the territory of Hungary. BRUCKNER & MOLNAR (1999) state that the abundance of common ragweed in Hungary was 12 times higher in 1998 than in 1950, and that one of the main reasons for such increase is the allelopathic inhibitory potential and the strong competitive power.

In the territory of the former Yugoslavia, *Ambrosia artemisiifolia* was first recorded and described in the vicinity of Derventa in Bosnia and Herzegovina, where it was nicknamed „the Kraus grass“ after the Kraus family on whose property it was growing (HULINA 1998). It was first recorded in Croatia in 1941, in the area of Podravina (KOVAČEVIĆ 1956). Since then, the common ragweed has spread to almost all of Croatia. In Serbia, this species was first recorded in the northern part in 1953 (BOŽA et al. 2006), but today it is widely distributed throughout the country (VRBNIČANIN & JANJIĆ 2011).

2 BIOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF COMMON RAGWEED (*AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L.)

2.1 Taxonomic classification

Ambrosia artemisiifolia L. (syn. *A. elatior*) is an annual herbaceous plant of *Asteraceae*, the largest family of flowering plants. It belongs to the subfamily of *Asteroideae*, meaning that the plants do not have milky sap, but do have glandular canals filled with ethereal oils (HULINA 1998).

2.2 Ecological conditions for growth and development of common ragweed

In the territory of Bosnia and Herzegovina, depending on the weather conditions, the common ragweed germinates in late April and early May, when the soil becomes warm enough. This plant is characterized by long flowering period, from mid-July to the first frosts, which makes it a persistent and strong allergen (ŠARIĆ 1989, ĐIKIĆ et al. 2007, TRKULJA et al. 2009).

Common ragweed is a thermophilous and heliophilous species, growing in warm and sunny habitats. According to soil requirements, it can be characterized as a plant of moderately humid, neutrophilous, nitrogen-rich and loose soils, and it can also grow in salinized biotopes (KOJIĆ et al. 1994).

Ambrosia artemisiifolia is mostly found along roads, railroad tracks, streams and rivers, in neglected gardens, uncultivated sites, construction sites, but also in crops. Earlier, it was mainly found in wide-row crops, but in recent years this invasive weed has also been recorded in narrow-row crops.

2.3 Morphological characteristics of common ragweed

The common ragweed seedlings have broadly elliptical cotyledons, purplish on the lower side and resemble the seedlings of French marigold (*Tagetes patula* L.).

The root is short and stalky and does not penetrate deep into the soil, so the plant is able to root even on very shallow and compacted soils. The stem is upright, square on cross section, much-branched and covered with coarse hairs. According to ŠARIĆ (1989), *Ambrosia artemisiifolia* grows up to 1,5 m high. However, in optimal conditions the plants can reach the height of over 2 m (TRKULJA et al. 2009).

The leaves are short-stalked, thin, pinnately lobed and covered in thin hairs. The upper side is dark green, while the reverse side is light green, which is the result of difference in hairiness of epidermis (BASSET & CROMPTON 1975). The back of the leaves is covered with denser hairs, making it lighter and softer. The color intensity of the leaves, the number of lobes and hairiness may vary, depending on the ecological conditions (ŠARIĆ 1989).

Common ragweed has small, numerous flowers, grouped in separate male and female flower-heads on different parts of the same plant. The male flower-heads are borne at the tips of the stems and droop from

branching spike-like flower clusters. The female flower-heads are located at the base of the uppermost leaves, below the male ones. The pollen produced by male flowers contains proteins (antigens), which are counted among the most powerful allergens discovered so far (BAGAROZZI & TRAVIS 1998). The flowers of common ragweed do not contain nectar and do not attract insects, so the wind is the key factor in polination process.

The fruit is a small achene which contains a single seed and has a pointed beak and several small blunt spines. Common ragweed reproduces mainly by seeds, which can be brownish or blackish, with darker stripes or spots (JOVANOVIĆ et al. 2007). According to ŠARIĆ (1989), the seed length varies from 1,5 to 2 mm and the width from 0,7 to 1,5 mm. The same author states that the absolute mass of the seeds is 2,5 g. A single plant can produce between 500 and 3000 seeds, which can remain viable in the soil up to 40 years (JANJIĆ & KOJIĆ 2000). KAZINCZI et al. (2008b) state that one plant can produce up to 62,000 seeds, depending on its size, competition and ecological factors.

3 APPEARANCE AND SPREADING OF COMMON RAGWEED IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

The first published data on the presence of *Ambrosia artemisiifolia* in the territory of Bosnia and Herzegovina date back to 1939, when this plant was found at the locality of Osojci near Derventa (northeastern part of Bosnia) in the stubble and in fields of corn, beans and potatoes (MALY 1940). The specimens collected from this site by Karlo Maly are stored in the Herbarium of the National Museum of Bosnia and Herzegovina (ŠOLJAN & MURATOVIĆ 2002).

Two decades later, in 1958, common ragweed was recorded in the urban area of Sarajevo near the railway line (SLAVNIĆ 1960). The same author states that the plant probably came from the north and that its establishment as weed in crops is the key moment in its further spread.

A year later, in 1959, several specimens were found in wide-row crops in Gradačac (BECK et al. 1983). ŠARIĆ et al. (1992) studied the spread and distribution of this species in Bosanska Krajina in 1986, and recorded the average number of 200-300 plants per square meter in stubbles. When studying the weed vegetation of northeastern Bosnia, ŠUMATIĆ (1990) registered the mass presence of common ragweed. The significant contribution to the study of presence of common ragweed in the area of Sarajevo was given by ŠOLJAN & MURATOVIĆ (2000). They have, during the

field research performed between 1991 and 1999, found this plant throughout the city, both in its central and peripheral parts.

During the research of changes in weed vegetation and appearance of new invasive weeds, ŠARIĆ et al. (2000) found that *Ambrosia artemisiifolia* is aggressively spreading from the north to the central part of Bosnia and Herzegovina.

ŠILIĆ & ABADŽIĆ (2000) noted the presence of common ragweed in most sites in northern Bosnia in which it was previously recorded, as well as in several new sites in western Bosnia and in the Neretva valley. *Ambrosia artemisiifolia* was also registered near Žitomislić, and in Mostar and its surroundings (PETROVIĆ & TABAKOVIĆ 2003). HERCEG (2003) recorded the presence of common ragweed in two sites in Herzegovina (Vitina near Ljubuški and Buna near Mostar), with an average abundance of 52 plants per m² in the locality of Buna. Following the distribution of this species from year to year, it has been noted that it spreads from north towards the south, along the valleys of large rivers, becomes an aggressive weed and poses a risk to human health (ŠOLJAN & MURATOVIĆ 2004). PETRONIĆ (2006) registered common ragweed in the area of Pale, a small town located between the mountain massifs of Jahorina and Romanija at altitude

above 640 meters, and SULJIĆ (2015) recorded it in Nišić plateau near Sarajevo, at 900 meters a.s.l.

MATARUGA (2006) describes common ragweed as an extremely harmful weed species in soybean, maize, cereal crops, medicinal herbs, clover, but also in orchards, and points to the extremely high density of the population of up to 4112 plants per m² in the area of Kozarska Dubica.

There are some studies in which the concentration of *Ambrosia artemisiifolia* pollen in the territory of Bosnia and Herzegovina was measured (BRKLJAČ et al. 2008, MUHAMEDAGIĆ et al. 2013). According to them,

the largest pollen concentration is recorded in late August and early September, depending on weather conditions.

In the first decade of the 21st century, the spread of *Ambrosia artemisiifolia* in Bosnia and Herzegovina was the subject of numerous studies, and it is commonly concluded that it is one of the most noxious weeds in the country, both in ruderal sites and in arable soils (ĐIKIĆ et al. 2004, ĐIKIĆ et al. 2005, GADŽO et al. 2008, ŠARIĆ et al. 2011, BAŠIĆ 2012, PAJAZETOVIĆ 2014, ADEMOVIĆ & PEZER 2015, SULJIĆ 2015).

4 THE CAUSES OF COMMON RAGWEED SPREAD IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

The rapid expansion of common ragweed is the result of its biological properties, in particular the high reproductive potential. A single plant can produce up to one billion pollen grains, which ensures the effective pollination and the ability to form up to 3000 seeds (JANJIĆ & KOJIĆ 2000), which can remain viable in the soil for over 40 years (LEVENTE et al. 2003). KAZINCZI et al. (2008b) state that one plant can produce up to 62,000 seeds, while ŠOLJAN & MURATOVIĆ (2000) quote the possibility of up to 150,000 seeds being produced by a single plant in optimal conditions.

Another reason for the rapid spread of *Ambrosia artemisiifolia* is the fact that it can inhibit the growth of other plant species, due to its allelopathic and competitive abilities. The allelopathic potential of this species is directed towards other weeds, but also towards the crops. The research by BRUCKNER & MOLNAR (1999) shows its inhibitory action on cucumber, soy and amaranth. KAZINCZI et al. (2008a) have showed that the presence of 1, 2, 5 and 10 plants per square meter reduces the yield of sunflower by 4, 6, 21 and 33%, respectively. Also, the research carried out by MARYUSKINA & DIDYK (2002) showed that common ragweed may delay the development of several grass

species from rhizomes for at least one year.

The anthropogenic factor is one of the main reasons for the fast expansion of common ragweed. The frequent road constructions, abandoning traditional land management and excessive use of nitrogen fertilizers create favorable conditions for growth and development of this species. It has also been noted that the adequate measures for suppressing the expansion of common ragweed are not being undertaken during the early stages of its development.

The favorable conditions for expansion of common ragweed in Bosnia and Herzegovina have developed during the last war, when numerous farmers were forced to migrate and abandon the land which became the ideal habitat for this species to thrive.

The climate change that can already be felt in the territory of Bosnia and Herzegovina and the increase of CO₂ concentration in the atmosphere will condition the earlier beginning of the vegetation period of *Ambrosia artemisiifolia* plants and increase their biomass (BAZZAZ et al. 1990). Such changes will result in an increase of its distribution range and pollen production, affecting the health of people allergic to it (WAYNE et al. 2002).

5 THE MEASURES FOR CONTROLLING COMMON RAGWEED IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

According to KAZINCZI et al. (2008c), the control of common ragweed can be implemented, but the integrated protection measures need to be undertaken for at least 4-5 consecutive years. The main goal of all measures is to reduce the soil seed bank. The success in controlling the common ragweed is only possible if

all available measures (preventive, mechanical, chemical and biological) are used. The farmers in Bosnia and Herzegovina are trying to prevent the growth and development of this weed in arable land, but the control measures are very rarely undertaken in ruderal and abandoned sites, along roads and railway tracks. In

most countries, including Bosnia and Herzegovina, the legal measures oblige land owners to prevent propagation and spreading of common ragweed in their land, even if they are not using it.

The first Decision on obligatory removal of common ragweed in Bosnia and Herzegovina was issued in Brčko District in 2004. The similar documents were developed by the Government of Republic of Srpska in 2007 and the Government of the Federation of Bosnia and Herzegovina in 2009. Since 2013, the action plan for public awareness, destruction and prevention of the expansion of *Ambrosia artemisiifolia*, developed by the Federal Ministry of Environment and Tourism, is implemented in the area of Federation of Bosnia and Herzegovina. All federal institutions involved in the Action plan are required to fully comply with the foreseen obligations and submit, by the end of the year, the appropriate reports to the Federal Ministry of Environment and Tourism.

According to these decisions, the owners and users of agricultural, forest and construction lands, as well as the managers of water areas, public green areas, neglected and all other areas are required to destroy common ragweed plants and prevent their further spreading, by applying preventive, agrotechnical, mechanical and chemical measures.

Timely and well-done agrotechnical measures in the form of adequate crop rotation, soil cultivation, sowing, fertilizing, mulching and stubble ploughing contribute to the direct destruction of common ragweed plants and decrease their number in agricultural soil. Most farmers do not perform shallow stubble ploughing right after the harvest, but wait until autumn to plough. This allows the intensive development of plants, which have enough time to produce seeds, so the stubble sites become the most important sources for the uncontrolled expansion of common ragweed.

The mechanical measures used for the control of *Ambrosia artemisiifolia* include pulling, repeated cutting, soil milling and any other form of mechanical destruction. Previous experiences have shown that the application of mechanical measures is the best way to suppress the growth and development of this plant in non-agricultural land.

The chemical measures for common ragweed control include the application of efficient herbicides that have a trade and application license in Bosnia and Herzegovina, in accordance with the instructions for their use.

The communal, agricultural and phytosanitary inspectors monitor the implementation of measures for prevention of the further spread of common ragweed in the territory of Bosnia and Herzegovina and, in the case of occurrence of this plant, issue an order requiring the owner or land user to remove it within a certain timeframe. In case of non-execution of the order, the owner of the land is fined and the competent institution is employed to remove and destroy the common ragweed plants on the cost of the owner or land user.

Unfortunately, there are no budget funds planned for suppressing the development of common ragweed in Bosnia and Herzegovina, so the first task of the government is to provide the financial support in order to enforce the law on removing the common ragweed. It is particularly important to remove common ragweed plants from the ruderal areas and areas owned by the state institutions, as they are among the main sources for expanding this weed to the agricultural land.

The education of general public about the harmful effects of common ragweed is also an important measure and should be implemented continuously in schools and local communities, because it has been noted that, even though this plant has been present in the country for years, a lot of people still can't recognize it and do not know that it poses a hazard to human health.

6 CONCLUSION

The analysis of the presence and distribution of common ragweed in the territory of Bosnia and Herzegovina shows that this invasive species is spreading in agricultural, ruderal and neglected soils. It has also been noted that it is spreading towards the higher altitudes. The plant is aggressively expanding in the northern part of Bosnia and Herzegovina, and is less common in the south, but is spreading there as well. The densest populations develop in stubble sites, where the common ragweed plants almost completely cover

the soil. It is also present in ruderal habitats, riverbanks, roadsides and urban green areas.

Given that *Ambrosia artemisiifolia* is a very harmful weed and strong allergen, the maximum attention should be paid to the suppression of its further spread and reduction of the existing populations. The knowledge on morphology, ecological conditions, vegetation cycle and distribution of common ragweed are the prerequisites for its successful control, so the constant education of general public is a necessary measure.

The measures that have been taken so far have not produced the desired effect, so it is necessary to be more

effective in reducing its populations in both agricultural and non-agricultural soils.

7 POVZETEK

Ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia* L.) zaradi hitre začetne rasti v pomladanskem času ogroža predvsem poljščine, ki jih gojijo na njivah s širokim medvrstnim razmikom (koruza, sončnice, soja, sladkorna pesa, zelenjadnice). Posebej pogosta je med sončnicami, saj pripada isti družini in je zato herbicidi, ki se jih uporablja na njivah sončnic, dovolj ne prizadenejo.

Ambrozija je po literaturnih podatkih (GENTON et al. 2005), prišla v Evropo in se začela širiti v 18. stoletju. Posebej hitro se je začela širiti po drugi svetovni vojni. Avtorji CHAUVEL et al. (2006) so raziskovali pojavljanje in širjenje ambrozije v Franciji in sosednjih deželah s pomočjo herbarijskih primerkov in ugotovili, da je bila do leta 1890 največkrat najdena na preoranih zemljiščih. Tekom prve polovice 20. stoletja je bila največkrat (42 %) opisana na njivah, ob cestah (33 %) in na drugih ruderalnih območjih (25 %). V zadnjih desetletjih so robovi cest in kmetijska zemljišča opisana kot najpogostejša nahajališča. Pri pregledu herbarijskih zbirk so CSONTOS et al. (2010) ugotovili, da je bila ambrozija okoli leta 1922 že široko prisotna na območju Madžarske. V letu 1998 je bila ambrozija na Madžarskem 12 krat bolj razširjena kot leta 1950 (BRUCKNER & MOLNAR 1999). Tako hitro širitev so pripisovali alelopatskim učinkom ambrozije na druge rastline in velikim sposobnostim tekmovanja. Na ozemlju nekdanje Jugoslavije so ambrozijo najprej našli in opisali na območju Dervente v Bosni in Hercegovini, kjer je dobila vzdevek „Krausova trava“ po imenu lastnika posestva, kjer je rasla (HULINA 1998). Na Hrvaškem se je najprej pojavila leta 1941 v Podravini (KOVAČEVIĆ 1956). Od tedaj se je ambrozija razširila praktično po vsej Hrvaški. V Srbiji je bila najprej opisana na severu leta 1953 (BOŽA et al. 2006), toda sedaj je razširjena praktično po vsej državi (VRBNIČANIN & JANJIĆ 2011).

Na ozemlju Bosne in Hercegovine, v odvisnosti od vremenskih razmer, ambrozija vzkali konec aprila ali v začetku maja, ko so tla dovolj topla. Za to rastlino je značilno dolgo obdobje cvetenja, od srede julija do prve slane, kar povzroča, da je ta rastlina izrazit vir alergenov (ŠARIĆ 1989, ĐIKIĆ et al. 2007, TRKULJA et al. 2009).

Ambrozija raste najpogostejše ob cestah, železniških progah, rekah in drugih vodotokih, na zanemarjenih vrtovih, neobdelanih zemljiščih, gradbiščih, pa tudi med poljščinami. V prejšnjih časih je rastla prevsem na

njivah s poljščinami s širokimi medvrstnimi razdaljami, sedaj pa jo najdejo tudi v gostih posevkih.

Prvi objavljeni podatki o ambroziji v Bosni in Hercegovini so iz leta 1939, ko so jo našli v Osojci pri Derventu (severovzhodna Bosna) na strniščih in na poljih koruze, fižola in krompirja (MALY 1940). Vzorci zbrani na tej lokaciji so spravljani v herbariju Narodnega muzeja Bosne in Hercegovine (ŠOLJAN & MURATOVIĆ 2002). Dve desetletji kasneje, leta 1958, so ambrozijo našli v urbanem delu Sarajeva pri železniški progi (SLAVNIĆ 1960). Naslednje leto so več primerkov našli v poljščinah z velikimi medvrstnimi razdaljami v Gradačcu (BECK et al. 1983). ŠARIĆ et al. (1992) so raziskovali razširjenost ambrozije leta 1986 v Bosanski Krajini in ugotovili na strniščih povprečno 200-300 rastlin na kvadratni meter. ŠUMATIĆ (1990) je pri raziskavah vegetacije v severovzhodni Bosni ugotovil množično pojavljanje ambrozije. Pomemben prispevek k raziskovanju razširjenosti ambrozije v okolici Sarajeva sta prispevala ŠOLJAN & MURATOVIĆ (2000), v letih 1991 do 1999 sta rastlino našla po vsem mestu, tako v osrednjih predelih kot na obrobju.

Pri raziskavah sprememb plevelne vegetacije in pojavljanja novih invazivnih vrst so ŠARIĆ et al. (2000) ugotovili, da je ambrozija agresivno razširjena od severa proti osrednjim delom Bosne in Hercegovine. Ambrozijo so našli blizu kraja Žitomislić, in v Mostarju ter okolici (PETROVIĆ & TABAKOVIĆ 2003). HERCEG (2003) je ugotovil prisotnost ambrozije v dveh krajih v Hercegovini (Vitina pri Ljubuškem in Buna pri Mostarju) s povprečno gostoto 52 rastlin na kvadratnem metru v Buni.

Raziskovali so tudi koncentracijo peloda ambrozije na območju Bosne in Hercegovine (BRKLJAČ et al. 2008, MUHAMEDAGIĆ et al. 2013). Po teh raziskavah je največja koncentracija peloda avgusta in v začetku septembra, odvisno od vremenskih razmer.

Tudi v prvih desetih letih 21. stoletja so v številih študijah poročali o razširjenosti ambrozije in ugotovili, da je to ena najbolj nevarnih plevelnih vrst, tako na ruderalnih območjih kot na obdelanih zemljiščih (ĐIKIĆ et al. 2004, ĐIKIĆ et al. 2005, GADŽO et al. 2008, ŠARIĆ et al. 2011, BAŠIĆ 2012, PAJAZETOVIĆ 2014, ADEMOVIĆ & PEZER 2015, SULJIĆ 2015).

Hitro širjenje ambrozije je posledica bioloških lastnosti, predvsem velikega reproduktivnega potenci-

ala. Na posamezni rastlini lahko nastane do 3000 semen (JANJIĆ & KOJIĆ 2000), ki lahko ostanejo v tleh sposobna za kalitev tudi preko 40 let (LEVENTE et al. 2003). KAZINCZI et al. (2008b) ugotavljajo, da na posamezni rastlini lahko nastane do 62.000 semen, medtem ko ŠOLJAN & MURATOVIĆ (2000) omenjata možnost, da v optimalnih razmerah lahko nastane na posamezni rastlini do 150.000 semen. Drugi razlog je, da ambrozija z alelopatijo lahko zavira rast drugih rastlin.

Tudi antropogeni dejavniki so eden poglavitnih razlogov za hitro širjenje ambrozije. Pogoste obnove cest, opuščanje tradicionalne pridelave ter preobsežna uporaba dušičnih gnojil so dejavniki, ki ustvarjajo razmere, ugodne za hitro širjenje ambrozije. Problem je tudi, da se v začetku razvoja ambrozije ne izvaja ustreznih ukrepov. Ugodne razmere za širjenje ambrozije v Bosni in Hercegovini so nastale v času zadnje vojne, ko so bili številni kmetje prisiljeni zapustiti svoje kmetije, kar je ustvarilo ugodne habitate za širjenje ambrozije.

Na ozemlju Bosne in Hercegovine se čuti tudi vplive klimatskih sprememb in povečana koncentracija CO₂ v atmosferi, ki bo omogočila zgodnejši začetek rasti ambrozije in povečanje njene biomase (BAZZAZ et al. 1990). Take spremembe bodo omogočile povečanje obsega in produkcije peloda, kar bo škodovalo ljudem alergičnim na pelod ambrozije (WAYNE et al. 2002).

Po ugotovitvah KAZINCZI et al. (2008c) se kontrolo ambrozije lahko izvaja, vendar je potrebno integrirane ukrepe za zatiranje ambrozije izvajati vsaj 4-5 zaporednih let. Glavni cilj mora biti zmanjšanje zaloge semen v tleh. Kmetje v Bosni in Hercegovini se trudijo izvajati ustrezne ukrepe na svojih njivah, vendar je problem, da se to le redko izvaja na neobdelanih in zapuščenih območjih, ob cestah in železnicah. Kot v večini držav so tudi v Bosni in Hercegovini lastniki zemljišč zakonsko obvezani izvajati ustrezne ukrepe, tudi na zemljiščih, ki jih morda ne obdelujejo.

Pravočasni agrotehnični ukrepi, vključno ustrezno vrstenje poljščin, obdelava tal, setev, gnojenje, mulčenje in obdelava strnišča omogočajo neposredno uničevanje rastlin ambrozije in zmanjšujejo število rastlin na zemljišču. Številni kmetje ne želijo preorati strnišč takoj po žetvi temveč čakajo na jesen. To omogoča razvoj semen ambrozije, strnišča so pomemben vir semen tega plevela.

V novejšem času se ambrozija širi tudi na višje nadmorske višine.

Glede na to, da je ambrozija škodljiv plevel in vir močnega alergena je treba posebno pozornost usmeriti na preprečevanje njenega razširjanja in zniževanje števila osebkov v obstoječih populacijah. Poznavanje morfologije, ekoloških razmer, vegetacijskega cikla in načinov širjenja ambrozije so osnove za uspešno preprečevanje rasti in širjenja ambrozije.

REFERENCES – LITERATURA

- ADEMOVIĆ, E. & L. PEZER, 2015: *Distribucija vrste Ambrosia artemisiifolia L. na širem području općine Mostar*. In: *Treći naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "5. juni - Svjetski dan zaštite okoliša"*. Zbornik radova (Bihać), pp. 147-152.
- BAGAROSZI JR., D. A. & J. TRAVIS, 1998: *Ragweed pollen proteolytic enzymes: possible roles in allergies in asthma*. *Phytochemistry* (Amsterdam) 47(4): 593-598. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(97\)00634-1](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(97)00634-1)
- BASSETT, I. J. & C. W. CROMPTON, 1975: *The biology of Canadian weeds. 11. Ambrosia artemisiifolia L. and A. psilostachya*. *Canadian Journal of Plant Science* (Ottawa) 55(2): 463- 476. <https://doi.org/10.4141/cjps75-072>
- BAŠIĆ, F., 2012: *Analiza distribucije ambrozije (Ambrosia artemisiifolia L.) na širem području grada Sarajeva*. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet, Sarajevo (Diplomski rad).
- BAZZAZ, F. A., K. GARBUTT, E. G. REEKIE & W. E. WILLIAMS, 1990: *Using growth analysis to interpret competition between a C3 and a C4 annual under ambient and elevated CO2*. *Oecologia* (Ithaka) 79(2): 223-235. <https://doi.org/10.1007/BF00388482>
- BECK, G., K. MALY & Ž. BJELČIĆ, 1983: *Flora Bosnae et Hercegovinae 4, Sympetalae, 4. Zemaljski muzej u Bosni i Hercegovini* (posebno izdanje). Sarajevo.
- BOŽA, P., R. IGIĆ, G. ANAČKOV & D. VUKOV, 2006: *Kompleksna istraživanja invazivne vrste Ambrosia artemisiifolia L. 1753*. Zbornik radova. *Zaštita vazduha i zdravlja*, Institut zaštite, ekologije i informatike (Banja Luka), pp. 39-45.
- BRKLJAČ, G., V. TRKULJA, B. ČURKOVIĆ, B. RAJČEVIĆ & S. VUKOVIĆ, 2008: *Rezultati monitoringa koncentracije peluda ambrozije (Ambrosia artemisiifolia L.) na području grada Banja Luka tokom 2007. i 2008. godine*. In: V

- Simpozijum o zaštiti bilja u BiH (Sekcija II: Herbologija)*. Društvo za zaštitu bilja u Bosni i Hercegovini (Sarajevo), 25.
- BRUCKNER, D. & Z. MOLNAR, 1999: *The alelopathic effect of Ambrosia artemisiifolia L. on different plant species*. 11th EWRA Symp. Basel (Switzerland).
- CHAUVEL, B., F. DESSAINT & C. CARDINAL-LEGRAND, 2006: *The historical spread of Ambrosia artemisiifolia L. in France from herbarium records*. Journal of Biogeography (Chichester) 33(4): 665-673. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01401.x>
- CSONTOS, P., M. VITALOS, Z. BARINA & L. KISS, 2010: *Early distribution and spread of Ambrosia artemisiifolia in Central and Eastern Europe*. Botanica Helvetica (Berlin) 120: 75-78. <https://doi.org/10.1007/s00035-010-0072-2>
- ĐIKIĆ, M., D. GADŽO & Š. MUMINOVIĆ, 2004: *Značaj suzbijanja korovske vrste Ambrosia artemisiifolia na teritoriji Bosne i Hercegovine*. In: *Prvi simpozijum »Zaštita bilja sa pravcima daljeg razvoja«*. Društvo za zaštitu bilja u Bosni i Hercegovini (Sarajevo).
- ĐIKIĆ, M., H. BERBEROVIĆ, D. GADŽO & Z. HUREMOVIĆ, 2005: *Značaj suzbijanja ambrozije (Ambrosia artemisiifolia) kao korovske i alergogene vrste*. In: *Zbornik II Simpozija o zaštiti bilja u BiH*. Društvo za zaštitu bilja u Bosni i Hercegovini (Teslić).
- ĐIKIĆ, M., D. GADŽO, H. BERBEROVIĆ & D. PETROVIĆ, 2007: *Invazivne korovske vrste u Bosni i Hercegovini*. In: *IV Simpozij o zaštiti bilja u BiH*. Društvo za zaštitu bilja u Bosni i Hercegovini (Teslić).
- GADŽO, D., T. GAVRIĆ & M. ĐIKIĆ, 2008: *Spreading of common ragweed in the Federation of Bosnia and Herzegovina*. 2nd International Symposium: Intractable Weeds and Plants Invaders (Osijek).
- GENTON, B. J., A. SHYKOFF & T. GIRAUD, 2005: *High genetic diversity in French invasive populations of common ragweed, Ambrosia artemisiifolia, as a result of multiple sources of introduction*. Molecular Ecology (Chichester) 14(14): 4275-4285. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02750.x>
- HERCEG, N., 2003: *Utjecaj kultivara i rokova sadnje na količinu i kakvoću priroda krumpira u Hercegovini*. Agronomski fakultet, Mostar (Doktorska disertacija, 95 pp.).
- HULINA, N., 1998: *Korovi*. Zagreb.
- JANJIĆ, V. & M. KOJIĆ, 2000: *Atlas korova*. Beograd.
- JOVANOVIĆ, V., V. JANJIĆ & B. NIKOLIĆ, 2007: *Seme ambrozije*. In: Janjić, V. & S. Vrbničanin (Eds.): „Ambrozija“. Herbološko društvo Srbije, Beograd, pp. 95-102.
- KAZINCZI, G., I. BERES, P. VARGA, I. KOVACS & M. TORMA, 2008a: *Competition between crops and Ambrosia artemisiifolia L. in additive field experiment*. Hungarian weed research and technology (Budapest) 8(1): 41-47.
- KAZINCZI, G., I. BERES, R. NOVAK, K. BIRO & Z. PATHY, 2008b: *Common ragweed (Ambrosia artemisiifolia): a review with special regards to the results in Hungary. I. Taxonomy, origin and distribution, morphology, life cycle and reproduction strategy*. Herbologia (Sarajevo) 8(1): 55-91.
- KAZINCZI, G., R. NOVAK, Z. PATHY & I. BERES, 2008c: *Common ragweed (Ambrosia artemisiifolia): a review with special regards to the results in Hungary. III. Resistant biotypes, control methods and auzhority arrangements*. Herbologia (Sarajevo) 8(1): 119-144.
- KOJIĆ, M., R. POPOVIĆ & B. KARADŽIĆ, 1994: *Fitoindikator i njihov značaj u proceni ekoloških uslova staništa*. Beograd.
- KOVAČEVIĆ, J., 1956: *Korovna flora na travnjacima Hrvatske*. Zaštita bilja (Beograd) 37: 55-68.
- LEVENTE, K., V. LASZLO & B. GYULA, 2003: *A parlagfu (Ambrosia artemisiifolia L.) elleni biologiai vedekezes lehetosegi*. Novenyvedelem (Budapest) 39: 319-331.
- MALY, K., 1940: *Notizen zur Flora von Bosnien-Herzegovina*. Glasnik Zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine (Sarajevo): II, 1-2.
- MARYUSKINA, V. Y. & N. P. DIDYK, 2002: *Experimental study of the interference between Ambrosia artemisiifolia L. and Elytrigia repens (L.) Nevski*. Proceed. of the 12th EWRS Symposium (Wageningen), pp. 288-289.
- MATARUGA, D., 2006: *Proučavanje efikasnosti folijarnih herbicida u suzbijanju ambrozije (Ambrosia artemisiifolia L.)*. Poljoprivredni fakultet, Banja Luka (Magistarski rad, 107 pp.).
- MUHAMEDAGIĆ, F., M. ĐIKIĆ, M. VELADŽIĆ & S. DEDIĆ, 2013: *Agricultural and Environmental Concerns on Ambrose in Bosnia and Herzegovina with Particular Emphasis on the situation in Una-Sana Canton*. The Journal of Ege University Faculty of Agriculture (Izmir) II: 491-497.
- PAJAZETOVIĆ, I., 2014: *Rasprostranjenost invazivne korovske vrste Ambrosia artemisiifolia na području Općine Velika Kladuša*. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet, Sarajevo (Master rad).
- PETRONIĆ, S., 2006: *Ruderalna flora i vegetacija Pala*. PMF, Odsjek za biologiju, Univerzitet u Banjoj Luci, Banja Luka (Doktorska disertacija, 225 pp.).

- PETROVIĆ, D. & E. TABAKOVIĆ, 2003: *Korovska flora Mostara i okolice*. Herbologia (Sarajevo) 4(1): 51-55.
- SLAVNIĆ, Ž., 1960: *O useljavanju, širenju i odomaćivanju nekih adventivnih biljaka u Bosni i Hercegovini*. Godišnjak biološkog instituta u Sarajevu (Sarajevo) XIII (1-2):117-146.
- SULJIĆ, N., 2015: *Rasprostranjenost važnijih invazivnih vrsta korova na području Kantona Sarajevo*. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet, Sarajevo (Magistarski rad).
- ŠARIĆ, T., 1989: *Atlas korova*. Sarajevo.
- ŠARIĆ, T., Z. ELEZOVIĆ & Š. MUMINOVIĆ, 1992: *Ekspanzija divljeg sirka, ambrozije i smrdljive koprive u Bosni*. III kongres o korovima (Banja Koviljača).
- ŠARIĆ, T., M. ĐIKIĆ, D. GADŽO & Z. ELEZOVIĆ, 2000: *Promjene korovske flore pod uticajem agrotehnike*. Herbologia (Sarajevo) 1(1): 15-27.
- ŠARIĆ, T., Z. OSTOJIĆ, L. STEFANOVIĆ, S. MILANOVA, G. KAZINCZI & L. TYŠER, 2011: *The changes of the composition of weed flora in Southeastern and Central Europe as affected by cropping practices*. Herbologia (Sarajevo) 12(1): 4-29.
- ŠILIĆ, Č. & S. ABADŽIĆ, 2000: *Prilog poznavanju neofitske flore Bosne i Hercegovine*. Herbologia (Sarajevo) 1(1): 29-40.
- ŠOLJAN, D. & E. MURATOVIĆ, 2000: *Rasprostranjenost vrste Ambrosia artemisiifolia L. na području grada Sarajeva*. Herbologia (Sarajevo) 1(1): 41-47.
- ŠOLJAN, D. & E. MURATOVIĆ, 2002: *Rasprostranjenost vrste Ambrosia artemisiifolia L. u Bosni i Hercegovini*. Herbologia (Sarajevo) 3(1): 107-111.
- ŠOLJAN, D. & E. MURATOVIĆ, 2004: *Rasprostranjenost vrste Ambrosia artemisiifolia L. u Bosni i Hercegovini (II)*. Herbologia (Sarajevo) 5(1): 1-5.
- ŠUMATIĆ, N., 1990: *Korovska vegetacija sjeveroistočne Bosne*. Naučni skup „Populacija, vrsta, biocenoza“. Rezime referata (Sarajevo, pp. 69).
- TRKULJA, V., N. HERCEG, I. OSTOJIĆ, R. ŠKRBIĆ, D. PETROVIĆ & Z. KOVAČEVIĆ, 2009: „Ambrozija“. Društvo za zaštitu bilja u Bosni i Hercegovini (Mostar).
- VRBNIČANIN, S. & V. JANJIĆ, 2011: *Ambrozija (Ambrosia artemisiifolia L.): poreklo, biologija, ekologija i genetička varijabilnost*. Biljni lekar (Novi Sad) 39 (1): 36-44.
- WAYNE, P., S. FOSTER, J. CONNOLLY, F. BAZZAZ & P. EPSTEIN, 2002: *Production of allergenic pollen by ragweed (Ambrosia artemisiifolia L.) is increased in CO2 enriched atmospheres*. Annals of Allergy, Asthma and Immunology (Bethesda) 8(3): 279-282.

ZNAČILNOSTI MAKROFITOV IN NJIHOVA VLOGA V VODNIH EKOSISTEMIH

CHARACTERISTICS OF MACROPHYTES AND THEIR ROLE IN AQUATIC ECOSYSTEMS

Aleksandra GOLOB^{1*}

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0033>

IZVLEČEK

Značilnosti makrofitov in njihova vloga v vodnih ekosistemi

Makrofiti so rastline vodnih ekosistemov, ki jih vidimo s prostim očesom. Rastejo v vodi ali njeni neposredni bližini, in so lahko plavajoči in ukoreninjeni v substrat, prosto plavajoči, potopljeni in močvirski. V to skupino uvrščamo tudi makroalge, kot sta *Chara* in *Nittella*. Vodni makrofiti so zelo pomemben del vodnih ekosistemov. Na življenje v vodnem okolju so prilagojeni tako na morfološkem kot tudi na fiziološkem nivoju. Makrofiti so hrana za številne ribe in druge vodne živali ter predstavljajo življenjski prostor številnih vrst. Makrofiti varujejo rečne bregove pred erozijo. Privzemajo hranila in s tem vplivajo na kakovost vode. Značilnosti vodnih okolij, ki vplivajo na rast makrofitov, so svetloba, temperatura, hitrost toka, globina vode, vrsta sedimenta, kemizem vode in biološke interakcije.

Ključne besede: značilnosti makrofitov, amfibijske rastline, helofiti, vodni ekosistemi

ABSTRACT

Characteristics of macrophytes and their role in aquatic ecosystems

Macrophytes are aquatic plants that can be seen by the unaided eye in water ecosystems. They grow in or near water and can be emergent (helophytes), submergent, or floating. Term includes the macroalgae like *Chara* and *Nittella*. Aquatic macrophytes are very important to healthy aquatic ecosystems. Macrophytes can be categorized based on where and how they grow in water. They are adapted to aquatic conditions on morphological and physiological level. Macrophytes provide a source of food for fish and wildlife and habitat for many species. They protect river banks from wave action and erosion. They absorb nutrients from the water and affect the quality of water. Characteristics of water environment that affect the growing of macrophytes are light, temperature, current velocity, depth of the water, type of sediment, chemistry of water, and biological interactions.

Key words: properties of macrophytes, amphibious plants, helophytes, water ecosystems

¹ Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, *aleksandra.golob@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Pojem vodni makrofiti se nanaša na zelo raznoliko skupino vodnih organizmov, ki imajo sposobnost fotosinteze in so dovolj veliki, da jih vidimo s prostim očesom. V to skupino uvrščamo vodne predstavnike semenk, praproti, mahov in nekaterih makroskopskih alg. Vodni makrofiti imajo zelo širok razpon velikosti, od vrste *Victoria amazonica* s premerom lista do 2,5 m, do predstavnikov rodu *Wolffia* s premerom lista manj kot 0,5 mm (CHAMBERS s sod. 2008). Glede na rastno obliko, način pritrditve in položaj v vodnem stolpcu, makrofite razvrščamo v pet različnih skupin (HUTCHINSON 1975). Emerzni makrofiti ali helofiti so rastline, ki razvijejo asimilacijske površine in večji del stebela nad vodno gladino (širokolistni rogoz - *Typha latifolia*, navadni trst - *Phragmites australis*). Plavajoči, ukoreninjeni makrofiti imajo značilne plavajoče liste, lahko pa tudi nekaj potopljenih listov (navadni vodni orešek *Trapa natans*, beli lokvanj - *Nymphaea alba*). Plavajoči, neukoreninjeni makrofiti prosto plavajo na vodni površini, saj niso ukoreninjeni v substrat (mala vodna leča - *Lemna minor*, vodna hijacinta - *Eichhornia crassipes*). Potopljeni, ukoreninjeni makrofiti imajo večino asimilacijskih površin pod vodno gladino in so ukore-

njeni v substrat (klasasti rmanec - *Myriophyllum spicatum*, češljasti dristavec - *Potamogeton pectinatus*). Potopljeni, neukoreninjeni makrofiti imajo značilne potopljene liste in prosto plavajo v vodnem stolpcu (tržižlna vodna leča - *Lemna trisulca*). Med makrofite uvrščamo tudi rastline, ki lahko uspevajo tako v vodi kot na kopnem. To so rastline z amfibijskim značajem ali amfititi. Kot prilagoditev na različne razmere lahko razvijejo cel niz različnih listov, od vodnih do popolnoma zračnih, ali se prilagajajo z različnimi rastnimi oblikami (vodna potopljena, vodna plavajoča in kopenska). Predstavniki amfibijskih rastlin so vodna dresen (*Polygonum amphibium*), trpotčasti porečnik (*Alisma plantago - aquatica*), vodna meta (*Mentha aquatica*) in številni drugi (HUTCHINSON 1975, CHAMBERS s sod. 2008).

Številni vaskularni makrofiti so kozmopolitski organizmi, saj se vsaj 11 % vrst pojavlja najmanj v treh bioregijah, 41 % vseh družin makrofitov pa se pojavlja v vsaj šestih bioregijah. Vrste, kot so *Ceratophyllum demersum*, *Najas marina*, *Potamogeton nodosus* in mnoge druge, najdemo v vsaj sedmih od osmih bioregij (SANTAMARIÁ 2002).

2 PRILAGODITVE MAKROFITOV NA RAZMERE V VODNEM OKOLJU

Ker so se vodni makrofiti sekundarno vrnili iz kopnega v vodno okolje, so razvili številne fiziološke in morfološke prilagoditve, predvsem na drugačne svetlobne razmere in na pomanjkanje kisika in ogljikovega dioksida (CHAMBERS s sod. 2008). Večina prilagoditev je dedno fiksiranih, torej so pridobljene v filogenetskem razvoju, manjši del prilagoditev pa je takšnih, ki nastanejo tekom ontogenetskega razvoja (DE WILDE s sod. 2014).

Pri višjih vodnih rastlinah so se razvile številne specifične morfološke in anatomske prilagoditve, t.i. hidromorfoze, ki so nastale zaradi delovanja vodnega okolja. Posebnost vodnih rastlin je aerenhim ali zračno tkivo. Gre za sistem zračnih prostorov, ki potekajo od listov, skozi listne peclje in stebela, vse do korenin, omogoča pa prehajanje plinov od listov do korenin in obratno. Aerenhim prav tako zmanjša specifično težo rastlinskih delov, kar zmanjšuje potrebo po opornih tkivih in povečuje vzgon rastline (HUTCHINSON 1975). Potopljeni listi vodnih rastlin so navadno tanki, lasasti ali drobno razcepljeni, zaradi česar je razmerje med površino in volumnom lista povečano, kar omogoča lažjo izmenjavo plinov ter učinkovitejše sprejemanje

hranil in vode. Povrhnjica potopljenih listov je tanka ali celo manjka, slabo razvita pa je tudi kutikula. Listne reže navadno niso razvite. Celice listne povrhnjice imajo žlezne diferenciacije, hidropote, ki služijo za absorpcijo ionov iz vode. Asimilacijsko tkivo ni diferencirano v stebričasto in gobasto tkivo, mezofil pa je sestavljen iz manjšega števila plasti celic, kar olajša prehajanje svetlobe in difuzijo snovi. Kloroplasti so koncentrirani blizu povrhnjice (CHAMBERS s sod. 2008). Plavajoči listi so debelejši od potopljenih. Po obliki so največkrat okrogli, ščitasti, ledvičasti ali podolgovati. Povrhnjica je enoplastna, a dobro razvita in pogosto pokrita z debelo kutikulo in epikutikularnimi voski. Na zgornji povrhnjici je veliko število listnih rež, na spodnji strani pa so številne hidropote. Mezofil lista je diferenciran v stebričasto in gobasto tkivo. Za plavajoče liste je značilen zmanjšan obseg prevajalnih tkiv, hidromorfni znak pa je obsežno aerenhimsko tkivo.

Steblo vodnih rastlin ima navadno enoplastno povrhnjico, prekrito s tanko kutikulo. Pogoste so hidropote, listne reže pa na steblih najdemo le izjemoma. Prevajalno tkivo potopljenih rastlin je slabo razvito, saj poteka absorpcija snovi preko celotne površine

rastline. Zaradi velike gostote vodnega medija je zmanjšan tudi obseg opornega tkiva, saj nima več prave vloge (HUTCHINSON 1975). V osrednjem delu namočena, maloštevilna mehanska tkiva predvsem povečujejo elastičnost stebila, ki je še posebej pomembna pri rastlinah hitro tekočih voda. Velik del volumna stebila pogosto zavzema aerenhim. Pri ukoreninjenih vodnih rastlinah korenine služijo za pritrditev in za črpanje hranil, medtem ko imajo pri neukoreninjenih le še vlogo črpanja. Nekatere vrste so korenine popolnoma izgubile. V primarni skorji korenin se lahko razvije aerenhim.

Potopljene rastline imajo relativno nizko produktivnost v primerjavi s kopenskimi in močvirskimi vrstami. V vodnem okolju se pojavita dva omejujoča dejavnika fotosinteze, in sicer zmanjšana jakost svetlobe, ki z globino pada in velika difuzijska upornost plinov (predvsem CO_2 in O_2). Zaradi pomanjkanja CO_2 so

vodne rastline razvile številne mehanizme za povečanje intercelularne vsebnosti ogljika. Nekaterim to omogoča fosfoenol piruvat karboksilaza (podoben metabolizem kot C_4 rastline), redke pa lahko izkoriščajo povečano vsebnost ogljikovega dioksida v vodi v nočnem času. Številne vrste lahko sprejemajo bikarbonat, saj je v večini voda to dominantna oblika ogljika (MADSEN s sod. 1996). Sprejemanje bikarbonata zahteva dodaten vložek energije v primerjavi z enostavno difuzijo CO_2 , zato aktivni privzem bikarbonata večinoma poteka le v primerih, ko je fotosinteza omejena zaradi pomanjkanja CO_2 (JONES 2005). Anatomske prilagoditve nekaterim omogočajo tudi delno izrabo CO_2 , ki nastaja pri dihanju in fotorespiraciji, nekatere pa se lahko preskrbujejo s CO_2 , ki nastaja v talnem substratu. Vrste, ki imajo plavajoče liste ali helofiti, lahko izkoriščajo tudi atmosferski CO_2 (CHAMBERS s sod. 2008).

3 ZNAČILNOSTI VODNEGA OKOLJA, KI VPLIVAJO NA USPEVANJE MAKROFITOV

Vodno okolje je, v primerjavi s kopenskim, povsem drugačno. V primerjavi z zrakom je voda bolj viskozen medij, je boljše topilo, temperaturne razmere v vodi pa so bolj stabilne. Po drugi strani pa voda povzroča večje sile, difuzija plinov v vodi pa je zmanjšana. Te značilnosti vodnega okolja imajo neposredne in posredne vplive na makrofite.

3.1 Svetloba

Svetloba je glavni omejujoč dejavnik za uspevanje potopljenih makrofitov in določa njihovo največjo globino uspevanja (HUSSNER s sod. 2010). Jakost svetlobnega sevanja je v vodi manjša kot v zraku in z globino pada (MADSEN s sod. 2001). Voda dobro prepušča fotosintezno aktivni spekter sevanja (PAR), močno pa absorbira valovne dolžine daljše od 700 nm. Svetlobne razmere v jezeru so zelo odvisne tudi od kalnosti jezerske vode. ROONEY & KALF (2000) sta empirično dokazala povezavo med Secchi-jevo globino in maksimalno globino uspevanja kritosemenk, mahov in parožnic.

3.2 Temperatura

Temperaturne spremembe v vodnih telesih so odraz klimatskih sprememb, ki se pojavljajo sezonsko. Temperatura jezerske vode se spreminja predvsem zaradi absorpcije sončnega sevanja, vplivajo pa tudi površin-

ski dotoki in odtoki, talna voda ter oddajanje toplote iz usedlin in zraka. Temperaturne spremembe v vodi so praviloma manjše in počasnejše kot na kopnem. Z naraščanjem temperature vode se zmanjšuje topnost nekaterih plinov (O_2 , CO_2 , N_2 , CH_4) v vodi (URBANIČ & TOMAN, 2003). Temperatura vpliva na številne fiziološke procese, kot so dormanca in tvorba turionov, kalitev semen in razvoj rastline, fotosinteza ter dihanje. Makrofiti hitreje rastejo ob višji temperaturi. ROONEY & KALF (2000) poročata, da nihanje temperature med letom vpliva na razporeditev in biomaso makrofitskih združb.

3.3 Gibanje vode

Gibanje vode je zelo pomemben dejavnik, ki vpliva na rast in razporeditev potopljenih makrofitov. V potokih in rekah na biomaso in vrstno sestavo makrofitov pogosto vpliva hitrost in smer vodnega toka. Vodni tok lahko na makrofite vpliva neposredno z mehanskimi poškodbami, ali posredno z vplivom na izmenjavo plinov in na značilnosti sedimenta. Sila, ki deluje na korenine makrofitov, je odvisna od hitrosti vodnega toka in od biomase rastlin. Kakšna sila deluje na makrofite je precej odvisno tudi od tega, pod kakšnim kotom glede na sediment raste. Pri normalni hitrosti vodnega toka je sila, ki deluje na spodnji del rastline, vsaj za polovico manjša, če rastlina raste pod kotom od 40° do 70° glede na sediment namesto pravokotno. Več študij

potrjuje, da se makrofiti nagnejo proti sedimentu v smeri vodnega toka, s čimer se zmanjša možnost poškodb rastlin (MADSEN s sod. 2001).

Vodni tok pomembno vpliva tudi na količino raztopljenih plinov in hranil v vodi kar se odraža na metabolizmu in rasti makrofitov. Raziskave kažejo na pozitivno povezavo med fotosintezo in privzemanjem hranil pri vodnih rastlinah ob rahlem povečanju hitrosti vodnega toka (WHEELER 1980, KOCH 1993), močnejše povečanje vodnega toka, pa na omenjena dejavnika vpliva negativno, saj poveča mehanski stres na rastlino (MADSEN s sod. 2001).

Za jezerske sisteme je predvsem pomembno valovanje, manj pa vodni tok. MADSEN in sod. (2001) navajajo, da energija valov lahko povzroči škodo makrofitom. Opazili so, da povečanje višine valov iz 0,1 m na 0,3 m zelo poveča število prelomov stebela pri vrsti *Myriophyllum spicatum*, kar pa ne pomeni nujno odmrtnosti odlomljenih fragmentov, ampak le ti lahko pripomorejo k razširjanju vrste. Po drugi strani makrofiti zmanjšujejo energijo valov in velikost toka, s čimer povečajo sedimentacijo snovi in zmanjšajo potencial za ponovno dvigovanje usedlin (MADSEN s sod. 2001).

3.4 Globina vode

Pogost dejavnik, ki omejuje razširjanje vrst, je globina vode. Raziskave so pokazale, da se število taksonov z globino zmanjšuje). Zaradi nenadne spremembe višine vodne gladine, se lahko produkcija makrofitov spremeni, določene vrste pa lahko celo izginejo (GABERŠČIK 1997). Tudi FELDMAN & NÖGES (2007) navajata, da pogosta nihanja vodne gladine v kombinaciji z eutrofikacijo, zelo znižata diverzitetu vrst makrofitov v jezerih.

3.5 Sediment

Vrsta sedimenta vpliva na možnost ukoreninjenja makrofitov. Preveč grob substrat onemogoča ustrezen razvoj korenin in rizomov, medtem ko preveč fin in rahel substrat ne omogoča dovolj dobre opore koreninskemu sistemu (Istvánovics s sod. 2008). Tudi vsebnost hranil v sedimentu je odvisna od vrste sedimentov. V peščenem sedimentu je vsebnost hranil, še posebej fosforja, manjša kot v mulju. Makrofiti v veliki meri privzemajo hranila iz sedimenta. Še posebej to velja za privzem fosforja. Direktni privzem hranil iz vode s pomočjo poganjkov poteka v manjši meri, saj je koncentracija hranil v sedimentu večja, kot v vodi (LEHMANN s sod. 1997).

3.6 Kemizem vode

Kemizem vode se spreminja glede na geološko podlago, vrsto zaledja in antropogene vplive (GABERŠČIK 1997). Kemijske lastnosti vode so pomemben dejavnik, ki uravnava pojavljanje in pogostost rastlinskih vrst v vodnem okolju. Predvsem so pomembni pH, trdota vode, količina raztopljenih hranil in plinov ter količina suspendiranih snovi. pH vode je odvisen predvsem od geološke podlage in rastlin, ki rastejo v vodi. Vpliva na mnoge biološke in kemijske procese v vodi. V neonesnaženih sistemih je pH odvisen predvsem od razmerja med CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} in tudi od drugih naravnih spojin, kot so huminske in fulvo kisline. Dnevno nihanje pH je pogosto rezultat fotosintezne aktivnosti in dihanja primarnih producentov v vodi (URBANIČ & TOMAN 2003). Večina vrst najbolje uspeva v vodah z nevtralnimi pH. Redke vodne rastline lahko uspevajo v izredno kislem okolju (pH maj kot 4), več je takih, ki jim ustreza bazično okolje (pH med 10 in 11).

Prosti kisik v vodi je bistven za dihanje vseh aerobnih organizmov ter za oksidacijske in redukcijske procese v vodi in sedimentu. Zaradi velike difuzijske upornosti je difuzija kisika v vodi za faktor 10^4 počasnejša kot v zraku (TSE & SANDALL 1979). Koncentracija kisika v vodi se spreminja v odvisnosti od temperature, atmosferskega tlaka, slanosti, turbulence, fotosintezne aktivnosti primarnih producentov in respiratorne aktivnosti življenjske združbe. Z višanjem temperature in slanosti vode se topnost kisika zmanjša, medtem ko z večanjem turbulence narašča. Pri raztapljanju kisika v vodi imajo ključno vlogo fizikalni in kemijski procesi, na njegovo končno koncentracijo in razporeditev v vodnem stolpcu pa bistveno vplivata primarna produkcija zelenih rastlin in razgradni procesi saprofitskih bakterij. S fotosintezno aktivnostjo se koncentracija kisika povečuje, medtem ko respiracijska aktivnost organizmov zmanjšuje vsebnost raztopljenega kisika (URBANIČ & TOMAN 2003).

Ogljik je v vodi prisoten kot prosti CO_2 , kot bikarbonatni ion (HCO_3^-) in karbonatni ion (CO_3^{2-}), ravnotežje med posameznimi oblikami pa je odvisno od pH. Pri nizkem pH prevladuje prosti CO_2 , pri nevtralnem bazičnem HCO_3^- , pri bazičnem pa CO_3^{2-} . V številni produktivnih vodnih telesih je koncentracija CO_2 majhna in predstavlja omejujoč dejavnik za fotosintezo, saj je difuzija raztopljenih plinov v vodi zelo počasna. Raztopljen anorganski ogljik je lahko vzrok za kompeticijo med potopljenimi rastlinami in perifiton-skimi algami (JONES 2005). Makrofiti lahko za fotosintezo v vodi uporabijo dva znana vira raztopljenega anorganskega ogljika. To sta HCO_3^- , ki je največkrat

dominantna oblika raztopljenega ogljika v vodi in CO_2 (MADSEN s sod. 1996).

V primerjavi z drugimi glavnimi hranili (ogljik, vodik, dušik, kisik in žveplo), je fosfor najmanj razširjen in je najpogostejše omejujoč dejavnik primarne produkcije v vodnih telesih (WETZEL 2001). V vodi je fosfor prisoten v obliki ortofosfata, ki je edina pomembna oblika fosforja za primarno produkcijo. Fosfor je ob prisotnosti kisika vezan v sedimente, ob odsotnosti kisika pa se iz njih sprošča. Oba procesa potekata kontinuirano v odvisnosti od razgradnje in izgradnje organskih spojin ter oksidacije anorganskih spojin. V vodi je fosfor redko prisoten v večjih koncentracijah, predvsem zaradi aktivnega privzemanja s strani primarnih producentov. Velike koncentracije v vodnih telesih kažejo na prisotnost onesnaženja, kar pospešuje

produktivnost alg in evτροφikacijske procese. Zvišanje koncentracije fosforja, kot posledica človeške aktivnosti, velja za osnovni vzrok evτροφikacije vodnih teles (URBANIČ & TOMAN 2003).

Dušik je poleg ogljika, vodika, kisika in fosforja, ena glavnih sestavin vsake žive celice. Pogosta oblika dušika v vodnih telesih je nitrat (NO_3^-), saj predstavlja končni produkt razgradnje organskih dušikovih spojin. Poleg nitrata sta pogosti anorganski obliki dušika v vodi še amonij NH_4^+ in nitrit NO_2^- (WETZEL 2001). Anorganski dušik sicer vpliva na bioprodukcijske procese v jezeru, čeprav je glavni regulator produkcije fosforja. Dušik lahko postane omejujoč dejavnik produkcije, ko pride do povečanega vnosa fosforja v vodno telo, kot rezultat spiranja s kmetijskih površin, odvajanja odpadkov v vodno telo in kot rezultat atmosferskega onesnaženja.

4 POMEN MAKROFITOV V VODNIH EKOSISTEMIH

Makrofiti imajo pomembno vlogo pri zgradbi in delovanju vodnega ekosistema (CHAMBERS s sod. 2008) in so pomembni za vzdrževanje stabilnosti vodnega ekosistema (MAZEJ & GABERŠČIK 1999). So pomemben člen pri pretoku energije in kroženju snovi v sistemu ter sodelujejo pri stabilizaciji sedimenta (KUCHAR s sod. 2009).

Ukoreninjeni makrofiti so živa povezava med sedimentom, vodo in (v primeru plavajočih in emerznih makrofitov) atmosfero v jezerih, rekah in močvirjih. Lahko vzpodbujajo izhajanje plinov iz sedimenta v atmosfero, ali pa oksigenirajo rizosfero in zvišajo redoks potencial sedimenta. V splošnem makrofiti tudi povečujejo izhajanje metana iz sedimenta v atmosfero (CROBIN s sod. 2006). Velika biomasa makrofitov v vodnem ekosistemu z obsežno fotosintezo in respiratorno aktivnostjo pogosto povzroča hipersaturacijo z raztopljenim kisikom podnevi in pomanjkanje raztopljenega kisika ponoči (MUAMMETOĞLU & SOYUPAK 2000).

Makrofiti zmanjšujejo hitrost vodnega toka v rekah in potokih. Odeje vodnih rastlin prav tako zmanjšujejo energijo vodnih valov s stoječih vodnih telesih. Oboje pripomore k večji sedimentaciji delcev in k manjši resuspenziji le teh, kar zmanjša motnost vode v vodnem ekosistemu in omogoča, da več svetlobe doseže rastline in jim omogoča fotosintezo (MADSEN s sod. 2001).

Vodni makrofiti očitno zmanjšujejo dvigovanje usedlin in erozijo jezerskega sedimenta, preko česar vplivajo tudi na sproščanje fosforja iz jezerskih usedlin. Rastoči makrofiti ne izločajo fosforja, lahko pa vplivajo na njegovo sproščanje iz sedimentov z znižanjem vre-

dnosti raztopljenega kisika zaradi respiracije, ali z znižanjem pH med intenzivno fotosintezo (HORPPILA & NURMINEN 2003). Po drugi strani pa makrofiti s sproščanjem O_2 iz korenin in poganjkov povzročajo povečano oksigenacijo sedimenta, kar zmanjša sproščanje fosforja iz sedimenta (HORPPILA & NURMINEN 2003).

Vodna telesa so pogosto preobremenjena s hranilnimi snovmi. Makrofiti so sposobni privzemati hranila tako iz proste vode kot iz sedimentov, ter jih vgraditi v lastno biomaso (ASAEDA s sod. 2001). Tudi HORVAT in sodelavci (2008) so z raziskavo ugotovili, da imajo makrofiti velik pomen pri uravnavanju hranil v akumulacijskem jezeru Komarnik, saj so bile koncentracije večine ionov, tudi celotnega fosforja in dušika, v jezeru nižje, kot v pritoku in odtoku. Vendar pa večina makrofitov po končani vegetacijski sezoni propade in hranila se vrnejo v jezerski sediment. Za predstavnike reda Charales je značilna počasna razgradnja, zato te rastline lahko zadržujejo hranila daljše obdobje (KRÓLIKOWSKA 1997).

Za večino plitkejših jezer sta značilni dve nasprotujoči si stabilni stanji. Za bistro stanje vode je značilno, da so dominantni primarni producenti vodni makrofiti, pri kalnem stanju pa je značilna velika biomasa fitoplanktona (HILT & GROSS 2008). MUYLEAERT in sodelavci (2010) ugotavljajo, da so submerzni makrofiti ključnega pomena za stabilizacijo bistrrega stanja jezerske vode, saj kontrolirajo biomaso fitoplanktona preko številnih mehanizmov, kot so zasenčevanje, omejevanje hranil, alelopatične interakcije, ustvarjanje skrivališč pred plenilci za zooplankton, ki s pašo kontrolira fitoplankton. Potopljeni makrofiti so vir hrane za nekatere

herbivore. Z makrofiti se prehranjujejo nekateri nevretenčarji, ribe in vodne ptice (SCHMIEDER s sod. 2006).

Deli vodnih teles, ki so porasli z makrofiti, so med najbolj produktivnimi in heterogenimi. Raznolike združbe makrofitov vzdržujejo diverziteto v vodnem okolju (CHAMBERS s sod. 2008), saj nudijo zatočišče in skrivališče zooplanktonu, številnim vodnim nevretenčarjem, ribam in vodnim pticam (MUAMMETOĞLU & SOYUPAK 2000). Makrofiti predstavljajo tudi ustrezno površino za nastajanje biofilmov (CRONIN s sod. 2006).

Med vodnimi makrofiti je nekaj najbolj invazivnih rastlin na svetu. Takšne so npr. *Salvinia molesta*, *Eichhornia crassipes* in *Hydrilla verticillata*. Veliko invazivnih vrst je tropskih ali subtropskih, zato bo globalno segrevanje vsekakor povečalo število in frekvenco pojavljanja teh vrst v zmernih klimatih (CHAMBERS s sod. 2008). Invazivne vrste vplivajo na strukturo avtohtone združbe. Invazivni uspeh vrste je odvisen od značilnosti okolja in strukture združbe (KUCHAR s sod. 2010a).

5 MAKROFITI IN KVALITETA VODA

Obrežni rastlinski sestoji so naravni čistilni sistemi, ki zadržujejo različne delce in raztopljene snovi, ki se spirajo v vodna telesa iz zaledja. Če je vnos snovi prevelik, pride do pospešene eutrofikacije (GABERŠČIK 1997). Makrofiti se odzivajo na različne okoljske vplive, posebno na spremembe v obrežnem pasu in zaledju vodnega telesa ter na spremembe hidrološkega režima. Posebno so občutljivi na organsko onesnaženje. Poslabšanje fizikalnih značilnosti in eutrofikacija vodnega telesa se odraža v spremembi razporeditve in v spremembi biodiverzitete vrst makrofitov, v povečanem številu odpornejših vrst makrofitov v vodnem telesu (HORVAT s sod. 2008; ZHOU et al. 2017) ter v zmanjšanju zastopanosti za onesnaženje občutljivih vrst (GABERŠČIK 1997).

Vodni makrofiti s svojimi koreninami iz sedimenta lahko črpajo težke kovine. Koncentracija kovin v rastlinah je lahko tudi 100 000 - krat večja kot v samem sedimentu (MAZEJ & GERM 2009). Določeni vodni makrofiti so lahko indikatorji vsebnosti majhnih količin težkih kovin v sedimentu, ki bi jih sicer težko zaznali (MAZEJ & GERM 2009).

Sestava in zastopanost makrofitske združbe odražata kvaliteto celotnega ekosistema. Makrofiti so eden izmed bioloških elementov Vodne direktive (DIREKTIVA 2000/60/ES) za oceno ekološkega stanja rek (KUCHAR s sod. 2010b).

6 ZAKLJUČEK

Makrofiti so pomemben element vodnih ekosistemov. Vzdržujejo diverziteto v vodnem okolju, saj predstavljajo habitat in hrano mnogim živalim. Povečujejo samočistilno sposobnost voda in so pokazatelji stanja

ter pritiskov in obremenitev v vodnih okoljih. Razporeditev in zastopanost makrofitov odražata stanje in kvaliteto vodnega okolja.

7 SUMMARY

Macrophytes are aquatic plants, that can be seen by the unaided eye in water ecosystems. They grow in or near water and can be emergent, submergent, or floating, and includes also helophytes. Term includes the macroalgae like *Chara* and *Nittella*. Aquatic macrophytes have an important role in aquatic ecosystems. Macrophytes can be categorized based on where and how they grow in water. Emerged macrophytes (helophytes) develop assimilation areas above the water (*Typha lati-*

folia, *Phragmites australis*), floating rooted macrophytes develop floating leaves and also submersed leaves (*Trapa natans*, *Nymphaea alba*), floating rootless macrophytes have natans leaves on the water surface (*Lemna minor*, *Eichhornia crassipes*), submersed rooted macrophytes have leaves entirely submerged (*Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton pectinatus*), submersed unrooted have leaves entirely submerged and float in water column (*Lemna trisulca*, *Ceratophyllum*

demersum). Macrophytes are adapted to aquatic conditions on morphological and physiological level. Characteristics of water environment that affect the growing of macrophytes in water are light, temperature, current velocity, depth of the water, type of sediment, chemistry of water like pH, oxygen, anorganic carbon, phosphorous and nitrogen, and biological interactions. Macrophytes have crucial role in aquatic ecosystems. They provide a source of food for fish and other animals, and habitat for many species. Macrophytes protect river banks from wave action and erosion. Rooted macrophytes may absorb nutrients from the substrate as well as absorbing them from the water, and thereby purify the water (ZHOU et al. 2017). Macrophytes at

the same time also represent a source of nutrients when they die. Energy is transferred to secondary producers when the dead plant material is eaten. Macrophytes provide shelter and spawning areas for aquatic insects and fish, and also surface for periphyton growth. Helophytes protect water banks from wave action and erosion and offer nesting area for birds. Distribution of macrophytes reflects the environmental conditions of habitat where they thrive (DU et al. 2017). Macrophytes are indicator of water quality and one of the biological elements that are required for the assessment of the ecological status of lakes and rivers by the EU Water Framework Directive (DIREKTIVE 2000/60/ES).

ZAHVALA

Projekt Mladi raziskovalci (št. raziskovalca: 34326) in Raziskovalni program (št. P1-0212 »Biologija rastlin«) je sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors acknowledge the project (No. of young researcher 34326) and Research core funding (No. P1-0212 »Biology of Plants«), which were financially supported by the Slovenian Research Agency.

LITERATURA - REFERENCES

- ASAEDA, T., V. K. TRUNG, J. MANATUNGE & T. VAN BON, 2001: *Modelling macrophyte – nutrient – phytoplankton interactions in shallow eutrophic lakes and the evaluation of environmental impacts*. Ecol. Eng. (Amsterdam) 16: 341-357.
- CHAMBERS, P. A., P. LACOUL, K. J. MURPHY & S. M. THOMAZ, 2008: *Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater*. Hydrobiologia (Amsterdam) 595: 9-26.
- CRONIN, G., W. M. LEWIS JR. & M. A. SCHIENSER, 2006: *Influence of freshwater macrophytes on the littoral ecosystem structure and function of young Colorado reservoir*. Aquat. Bot. (Amsterdam) 85: 37-43.
- DE WILDE, M., N. SEBEL, S. PUIJALON & G. BORNETTE, 2014: *Responses of macrophytes to dewatering: effects of phylogeny and phenotypic plasticity on species performance*. Evol. Ecol. (Heidelberg) 28: 1155-1167.
- DU, W., Z. LI, Z. ZHANG, Q. JIN, X. CHEN & S. JIANG, 2017: *Composition and biomass of aquatic vegetation in the Poyang Lake, China*. Scientifica (Cairo) doi: <https://doi.org/10.1155/2017/8742480>
- WATER FRAMEWORK DIRECTIVE, 2000/60/EC, 23. 2002. Council of the European Communities, Brussels. [http://www.mop.gov.si/si/delovna_podrocja/voda/vodna_direktiva/\[19.8.2017\]](http://www.mop.gov.si/si/delovna_podrocja/voda/vodna_direktiva/[19.8.2017])
- FELDMAN, T. & P. NÖGES, 2007: *Factors controlling macrophyte distribution in large shallow Lake Vörtsjärv*. Aquat. Bot. (Amsterdam) 87: 15-21.
- GABERŠČIK, A., 1997: *Makrofiti in kvaliteta voda*. Acta Biol. Slov. (Ljubljana) 41: 141– 148.
- HILT S. & E. M. GROSS, 2008: *Can allelopathically active submerged macrophytes stabilise clear – water state in shallow lakes?* Basic Appl. Eco. (Amsterdam) 9: 422-432.
- HORPPILA, J. & L. NURMINEN, 2003: *Effect of submerged macrophytes on sediment resuspension and internal phosphorus loading in Lake Hiidenvesi (southern Finland)*. Water Res. (Amsterdam) 37: 4468-4474.

- HORVAT, B., O. URBANČ BERČIČ & A. GABERŠČIK, 2008: *Water quality and macrophyte community changes in the Komarnik accumulation lake (Slovenia)*. V: *Wastewater Treatment, Plant Dynamics and Management in Constructed in Natural Wetlands*. Vymazal J. (ur.). Springer science + Business Media B. V.: 13-22.
- HUSSNER, A., H. P. HOELKEN & P. JAHNS, 2010: *Low Light acclimated submerged freshwater plants show a pronounced sensitivity to increasing irradiances*. *Aquat. Bot. (Amsterdam)* 93: 17-24.
- HUTCHINSON, G. E., 1975: *A treatise on Lymnology. Volume III. Limnological botany*. John Wiley & Sons Inc. (New York): 660 str.
- ISTVÁNOVICS, V., M. HONTI, Á. KOVÁCS & A. OSZTOICS, 2008: *Distribution of submerged macrophytes along environmental gradients in large, shallow Lake Balaton (Hungary)*. *Aquat. Bot. (Amsterdam)* 88: 317-330.
- JONES, J. I., 2005: *The metabolic cost of bicarbonate use in the submerged plant Elodea nuttallii*. *Aquat. Bot. (Amsterdam)* 83: 71-81.
- KRÓLIKOWSKA, J., 1997: *Eutrophication processes in a shallow, macrophyte – dominated lake - species differentiation, biomass and the distribution of submerged macrophytes in Lake Łuknajno (Poland)*. *Hydrobiologia (Amsterdam)* 342/343: 411-416.
- KOCH, E. W., 1993: *The effects of water flow on photosynthetic processes on the alga Ulva lactua L.* *Hydrobiologia (Amsterdam)* 260/261: 457-462.
- KUHAR, U., N. KRŽIČ, M. GERM & A. GABERŠČIK, 2009: *Habitat characteristic of threatened macrophytes species in the watercourses of Slovenia*. *Verh. Internat. Verein. Limnol. (Stuttgart)* 30: 754-756.
- KUHAR, U., M. GERM & A. GABERŠČIK, 2010a: *Habitat characteristic of an alien species Elodea canadensis in Slovenia watercourses*. *Hydrobiologia (Amsterdam)* 656: 205-212.
- KUHAR, U., M. GERM, A. GABERŠČIK & G. URBANIČ, 2010b: *Development of a River Macrophyte Index (RMI) for assesing river ecological status*. *Limnologica*, doi: 10.1016/j.limno.2010.001
- LEHMANN, A., E. CASTELLA & J. B. LACHAVANNE, 1997: *Morphological traits and spatial heterogeneity of aquatic plants along sediment and depth gradients, Lake Geneva, Switzerland*. *Aquat. Bot. (Amsterdam)* 55: 281-299.
- MADSEN, J. D., P. A. CHAMBERS, W. F. JAMES, E. W. KOCH & D. F. WESTLAKE, 2001: *The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes*. *Hydrobiologia (Amsterdam)* 444: 71-84.
- MADSEN, T. V., S. C. MABERLY & G. BOWES, 1996: *Photosynthetic acclimation of submersed angiosperms on CO₂ and HCO₃⁻*. *Aquat. Bot. (Amsterdam)* 53: 15-30.
- MAZEJ, Z. & A. GABERŠČIK, 1999: *Species composition and vitality of macrophytes in different types of lakes*. *Acta Biol. Slov. (Ljubljana)* 42: 43-52.
- MAZEJ, Z. & M. GERM, 2009: *Trace element accumulation and distribution in four aquatic macrophytes*. *Chemosphere (Amsterdam)* 74: 642-647.
- MUAMMETOĞLU, A. B. & S. SOYUPAK, 2000: *A three – dimensional water quality – macrophyte interaction model for shallow lakes*. *Ecol. Modell. (Amsterdam)* 133: 161-180.
- MUYLAERT, K., C. PÉREZ-MARTÍNEZ, P. SÁNCHEZ-CASTILLO, T. L. LAURIDSEN, M. VANDERSTUKKEN, S. A. J. DECLERCK, K. VAN DER GUCHT, J. M. CONDE-PORCUNA, E. JEPPESEN, L. DE MEESTER & W. VYVERMAN, 2010: *Influence of nutrients, submerged macrophytes and zooplankton grazing on phytoplankton biomass and diversity along longitudinal gradient in Europe*. *Hydrobiologia (Amsterdam)* 653: 79-90.
- ROONEY, N. & J. KALFF, 2000: *Inter-annual variation in submerged macrophyte community biomass and distribution: the influence of temperature and lake morphometry*. *Aquat. Bot. (Amsterdam)* 68: 321-335.
- SANTAMARÍA, L., 2002: *Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal, clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment*. *Acta Oecol. (Amsterdam)* 23: 137-154.
- SCHMIEDER, K., S. WERNER & H. G. BAUER, 2006: *Submersed macrophyte as a food source of wintering waterbirds at Lake Constance*. *Aquat. Bot. (Amsterdam)* 84: 245-250.
- TSE, F. C. & O. C. SANDALL, 1979: *Diffusion coefficients for oxygen and carbon dioxide in water at 25°C by unsteady state desorption from a quiescent liquid*. *Chem. Eng. Commun. (London)* 3: 147-153.
- URBANIČ, G. & M. J. TOMAN, 2003: *Varstvo celinskih voda*. Študentska založba (Ljubljana): 94 str.
- WETZEL, R., 2001: *Lymnology: Lake and river ecology*. 3 rd edition. Academic Press (New York): 1006 str.
- WHEELER, W. N., 1980: *Effect of boundary layer transport on the fixation of carbon by the giant kelp Macrocystis pyrifera*. *Mar. Biol. (Berlin)* 56: 103-110.
- ZHOU, Y., X. ZHOU, R. HAN, X. XU, G. WANG, X. LIU, F. BI, D. FENG, 2017: *Reproduction capacity of Potamogeton crispus fragments and its role in water purification and algae inhibition in eutrophic lakes*. *Sci. Total. Environ. (Amsterdam)* 580:1421-1428. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.12.108

SELEN V VODNIH IN KOPENSKIH RASTLINAH

SELENIUM IN WATER AND IN TERRESTRIAL PLANTS

Lea LUKŠIČ¹ & Mateja GERM¹

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0034>

IZVLEČEK

Selen v vodnih in kopenskih rastlinah

Tako vodne kot kopenske rastline so sposobne privzeti selen iz okolja. Sposobnost privzema selen se med vrstami in skupinami rastlin razlikuje. Rastline iz tal privzemajo selen prvenstveno v obliki selenata, ki ga nato pretvorijo v selenit in selenove-aminokisliline, kot sta selenometionin in selenocistein. Zaradi različnih antropogenih dejavnikov in predvsem dejavnosti človeka, se povečuje obremenjenost vodnih virov s selenom. Vodne rastline, ki so sposobne privzeti večje količine selen iz vode, lahko uporabimo za čiščenje s selenom obremenjenih umetno ustvarjenih in naravnih vodnih teles. Služijo lahko tudi kot bioindikatorji obremenjenosti s selenom. Selen ima pri kopenskih rastlinah pozitiven učinek na rast rastlin in dozorevanje semen. Pozitivni učinki selen se odražajo tudi v večji zaščitenosti rastlin pred ultravijoličnim sevanjem, mrazom, sušo in zmanjšanim privzemom težkih kovin iz tal ter večjo zaščitenostjo rastlin pred patogeni in rastlinojedci. Prisotnost selen v kmetijskih rastlinah vpliva na zmanjšanje proizvodnje rastlinskega hormona etilena, ki je odgovoren za senescenco in zorenje plodov. Selen tako lahko prispeva tudi k daljši obstojnosti plodov. Rastline, ki imajo večjo sposobnost za privzem selen iz tal, lahko uporabimo tudi za fitoremediacijo s selenom onesnaženih tal. Poznavanje načinov privzema in akumulacije selen v vodne in kopenske rastline je ključno za razumevanje kroženja selen v okolju.

Ključne besede: selen, vodne rastline, kopenske rastline

ABSTRACT

Selenium in water and in terrestrial plants

Aquatic as well as terrestrial plants are able to uptake selenium from the environment. The ability to uptake selenium differs between plants. Plants uptake selenium primarily as a selenate, which is then converted into selenite and selenium-amino acids, such as selenomethionine and selenocysteine. Due to various anthropogenic factors and man's activity, pollution of water sources with selenium is increasing. Aquatic plants that are capable of absorbing selenium from water can be used for purifying waters contaminated with selenium in artificial and natural water bodies. In water bodies they can also be used as bioindicators of pollution with selenium. Selenium has a positive effect on plant growth and maturation of seeds in terrestrial plants. Positive effects of selenium are also shown in the increased protection of plants against ultraviolet radiation, cold, drought and reduced uptaking the heavy metals from the soil, and greater protection of plants against pathogens and herbivores. The presence of selenium in agricultural plants lowers the production of plant hormone - ethylene, which is responsible for senescence and ripening of the fruits. Selenium thus can also contribute to longer stability of plant fruits. Plants that have greater ability to uptake selenium from the soil can also be used for phytoremediation with selenium contaminated soils. Knowledge of the techniques of absorption and accumulation of selenium in aquatic and terrestrial plants are important to understand the transport of selenium in the environment.

Key words: selenium, water plants, terrestrial plants

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, SI-1001 Ljubljana, Slovenija*, e-mail: nutridharma@gmail.com

1 UVOD

Elementarni selen je siva, žveplu podobna polkovina. V periodnem sistemu elementov je v šesti glavni skupini. Selen je leta 1817 odkril švedski kemik Jons Berzelius in v grškem jeziku pomeni Mesec (KAČ 2001). Povprečna koncentracija selena v tleh na Zemlji je 0,4 mg/kg. V tleh, bogatih s selenom, pa koncentracija selena lahko niha od >2 do 5000 mg/kg (HARTIKAINEN 2005). V Slovenji je selena v tleh malo, vsebnosti so navadno nižje od 0,1 mg/kg, ponekod pa vsebnost selena v tleh doseže tudi vrednosti od 0,3 do 0,7 mg/kg (GOLOB 2017). Količina selena, ki je prisotna v tleh, je odvisna od vrste tal, organske snovi v tleh in padavin (SORS et al. 2005). Gorate države kot so Finska, Švedska in Škotska, imajo navadno pomanjkanje selena v tleh, med tem ko imajo sušna območja običajno večje količine selena v tleh. V državah zahodne in srednje Evrope, med katere spada tudi Slovenija, selena v tleh navadno primanjkuje (PIRC & ŠAJN 1997). Rastline so iz tal sposobne črpati selen in ga pretvoriti v organo-selenove spojine. Vežejo lahko nekatere strupene kovine, kot so svinec, živo srebro, kadmij, nikelj in aluminij (WU et al. 2016). Selen je v večini rastlin prisoten v organski obliki (PUCCINELLI et al. 2017). Sposobnost privzema selena se med različnimi vrstami rastlin razlikuje.

Nanjo vpliva tudi koncentracija selena v tleh, lastnost tal in kemijska oblika selena (ZHU et al. 2009; BANUELOS et al. 1990). Vsebnost selena v listih večine rastlin, ki nimajo večje sposobnosti za akumulacijo selena, je navadno pod 100 mg Se/kg SM (suhe mase). Samo določene rastlinske vrste, ki rastejo v območjih z veliko selenom, so sposobne akumulirati večje količine selena v tkivih. Rastline so označene kot hiperakumulatorji selena, v primeru, da so sposobne akumulirati več kot 1000 mg Se/kg SM (ELLIS & SALT 2003). V vodnih okoljih je selen prisoten v različnih kemijskih oblikah. Najdemo ga v elementarni obliki, kot selenit, selenat ali v obliki seleno-aminokislin, kot sta selenometionin in selenocistein, v katerih selen zamenja žveplo (BRADLEY 2017). Vodne rastline primarno privzemajo selen iz vodnega okolja v obliki selenata in selenita. Poznavanje mehanizmov privzema in akumulacije selena v vodne rastline je ključna za razumevanje kroženja selena v vodnih ekosistemih. Visoke vsebnosti selena pa lahko zmanjšajo rast vodnih rastlin. Nekatere mikroalge in kopenske rastline iz družine križnic (*Brassicaceae*) imajo sposobnost pretvorbe selena v manj toksične hlapne Se snovi (SCHIAVON et al. 2017; GERM et al. 2007).

2 VODNE RASTLINE

Makrofiti, kot z drugo besedo imenujemo vodne rastline, so fotosintezni organizmi, ki so dovolj veliki, da jih v vodi lahko opazimo s prostim očesom. V skupini makrofitov najdemo tako cvetnice kot praproti, mahove in alge (GERM 2009). Glede na način pritrjanja in položaja v vodnem stolpcu vodne rastline delimo na potopljene ukoreninjene, plavajoče ukoreninjene, plavajoče neukoreninjene in emerzne makrofite. Makrofitom, ki plavajo na vodni gladini ali so potopljeni, pa pravimo tudi hidrofiti ali prave vodne rastline. Nekatere vodne rastline imajo amfibijski značaj (COOK 1999; GERM 2013). Vodne rastline imajo pomembno ekološko vlogo, saj omogočajo nastanek raznovrstnih življenjskih prostorov in tako povečajo biotsko pestrost v vodnem ekosistemu. Vodne rastline so primarni proizvajalci, omogočajo sprejem in vezavo sončne energije, so pa tudi vir hrane drugim organizmom v vodi (BORNETTE & PUIJALON 2009). Vodne rastline so pomembne tudi zato, ker utrjujejo substrat

in bregove jezer in rek, vplivajo na valovanje in hitrost toka vode. V sestavi makrofitov se kopičijo mulj, pesek in prod, zadržijo se tudi hranila, strupene snovi in mikroorganizmi (GERM 2009). Količina hranil, ki jo makrofiti vežejo iz vode, je odvisna od gostote in sestave sestoja ter njegove sezone variabilnosti. Sposobnost makrofitov za vezavo hranil iz vode prispeva tudi k čiščenju vode. V primeru, da je vnos hranil ali določene snovi v vodi prevelik, je čistilna sposobnost makrofitske vegetacije presežena, to pa vodi v slabšanje kakovosti vode (TANG et al. 2017). Po drugi strani pa lahko makrofiti povzročajo tudi evtrofikacijo vodnega okolja z mobilizacijo hranil iz talnega substrata in kot vir hrane po njihovem odmiranju. Vrstna sestava makrofitov lahko nakazuje tudi na stanje vodnega okolja. Določene vrste makrofitov imajo namreč zelo nizko raven strpnosti do povečanega onesnaženja in tako lahko služijo kot bioindikatorji (TANG et al. 2017).

3 SELEN V VODNIH RASTLINAH

Na povečanje vsebnosti selena v atmosferi vplivajo naravni in antropogeni dejavniki, ki imajo pomembno vlogo pri bio-geo-kemičnem kroženju selena v okolju. V podtalnici vsebnost selena narašča predvsem kot posledica pretirane uporabe gnojil, ki vsebujejo selen (WINKEL et al. 2012). Selen je bil v vodnih virih ZDA kot okoljski problem prepoznan že od poznih petdesetih let preteklega stoletja. Skrb glede onesnaženosti s selenom pa je vse od takrat naraščala zaradi povečane mobilizacije in koncentracije v vodnih ekosistemih predvsem zaradi antropogenih dejavnikov (MAIER & KNIGHT 1994). V podtalni vodi v Belgiji je bila, kot posledica gnojenja z gnojili, ki vsebujejo selen, izmerjena vsebnost selena 0,12 µg/L v Franciji 2,4 - 40 µg/L (MEHDI et al. 2013) v Indiji pa kar 341 µg/L (BAJAJ et al. 2011). Kot posledica človeške dejavnosti se povečuje tudi onesnaževanje s selenom v površinskih vodah, ki je v zadnjem času večje kot kdaj koli. Posledično se predvideva, da bi selen lahko postal eden od najbolj dolgoročno resnih onesnažil za površinske vode (LEMLY et al. 2004). Vsebnost selena v pitnih vodah ne sme preseči 10 µg/L (GORE et al., 2010), ravno tako je Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) kot najvišjo dopustno vsebnost selena v pitni vodi določila 10 µg/L (WHO 2011). Povprečna vsebnost selena v morski vodi je ocenjena na 0,09 µg/L, v ostalih naravnih vodnih virih pa je povprečna vsebnost selena ocenjena na od 0,1 do 100 µg/L, v večini primerov je koncentracija selena pod 0,3 µg/L (FORDYCE 2005). Sposobnost makrofitov za privzem hranil iz vodnega okolja lahko uporabimo tudi za čiščenje umetnih in naravnih vodnih teles. Vodne rastline jemljejo hranila iz sedimenta in vode, kar je pomembno pri čiščenju vodnih ekosistemov. Izsledki raziskav kažejo, da so rastline dovolj učinkovite za čiščenje manj onesnaženih vodnih ekosistemov, pri bolj onesnaženih vodnih ekosistemih pa vodne rastline niso dovolj učinkovite (TANG et al. 2017). Ugotavljali so, kako vodni rastlini kodravi dristavec (*Potamogeton crispus*) in obmorska rupija (*Ruppia maritima*) akumulirata selen iz kmetijskih odcednih voda. Poskus so izvajali na polju in v laboratoriju. V kmetijskih odcednih vodah so poleg selenovih spojin določili tudi visoke koncentracije kloridnih in sulfatnih soli. Ugotovili so, da imata kodravi dristavec in obmorska rupija, ki sta rastli na poskusnem polju, podobno sposobnost za privzem selena. Bistveno večja koncentracija selena pa je bila v primerjavi z ostalimi deli rastlin pri obeh vrstah ugotovljena v koreninah rastlin. Ugotovili so tudi, da je kodravi dristavec v koreninah akumuliral več selena kot obmorska rupija. V rastlinah se je selen nahajal v obliki Se-aminokislin, v

vodni raztopini pa kot organski Se (Wu & Guo 2002).

V poskusu so preučevali, kako vsebnost sulfata, ki je znan antagonist selenata, vpliva na privzem selena v rastline obmorske rupije, ki raste v umetnih ribnikih in predstavlja hrano številnim pticam. Merili so skupno vsebnost selena v rastlini, vsebnost selenata, selenita in Se-metionina. Ugotovili so, da obmorska rupija privzema več Se-metionina, ne glede na vsebnost sulfata v vodi, kot privzema selenata ali selenita. Ugotovili so tudi, da je bil privzem selenata v rastline 2-krat večji ob nizki vsebnosti sulfata v vodi, kot ob visoki vsebnosti sulfata v vodi, kar nakazuje na antagonizem med selenatom in sulfatom (BAILEY et al. 1995).

Preučevali so tudi privzem selenita Se (IV) v tri različne vodne rastline klasasti rmanec (*Myriophyllum spicatum*), navadni rogolist (*Ceratophyllum demersum*) in preraslolistni dristavec (*Potamogeton perfoliatus*) in vpliv selenita na njihove fiziološke in biokemične značilnosti. Vodne rastline so gojili na prostem v semi-nadzorovanih razmerah v vodni raztopini, ki je vsebovala Na-selenit v koncentraciji 20 µg Se/L ali 10 mg Se/L. V poskusu so ugotovili, da je višja koncentracija selena zmanjšala fotokemično učinkovitost fotosistema II vseh treh vodnih rastlin, nižja koncentracija selena v vodni raztopini pa ni imela značilnega vpliva na nobeno od treh preučevanih vrst. Ugotovili so tudi, da je višja koncentracija selena v vodni raztopini zmanjšala respiratorni potencial pri klasastem rmancu. V večini primerov je Se (IV) v rastlinah klasastega rmanca in navadnega rogolista povečal vsebnost klorofila, v rastlinah preraslolistnega dristavca pa je vplival na zmanjšanje vsebnosti klorofila *a*. Koncentracija selena v rastlinah, ki so rasle v vodni raztopini, ki je vsebovala 10 mg Se (IV)/L, je bila v klasastem rmancu med 436 in 839 µg Se/g SM, v navadnem rogolistu med 319 in 988 µg Se/g SM in v preraslolistnem dristavcu med 310 in 661 µg Se/g DM. Vsebnost topnega selena v encimskih ekstraktih rastlin, obravnavanih z višjo koncentracijo selena, je bila 27 % za klasasti rmanec, 41 % za navadni rogolist in 35 % za preraslolistni dristavec. Ugotovili so, da se je Se (IV) v rastlinah večinoma pretvoril v netopni selen (MECHORA et al. 2013).

V Indiji so preučevali sposobnost dveh vrst vodnih rastlin širokolistnega rogoza (*Typha latifolia*) in navadnega trsta (*Phragmites australis*) za fitoremediacijo s selenom onesnaženih vodotokov. V umetno ustvarjena vodotoka so neprekinjeno dovajali selen (20,4 µg Se/L). Sestoj širokolistnega rogoza in navadnega trsta sta bila izpostavljena enakim pretokom v vodotoku v 24 urah. Ugotovili so, da je selen skozi rastlinski sestoj širokolistnega rogoza prehajal hitreje, kot skozi ra-

stlinski sestoj navadnega trsta, v katerem je uspeval. Izmerili so, da je okoli 54% selena prešlo skozi rastlinski sestoj širokolistnega rogoza. V vodotoku, v katerem so gojili navadni trst, je bil selen iz vode v celoti odstranjen s pomočjo rastlin (SHARDENDU et al. 2003). Mikroalga *Chlorella* sp. Se je izkazala kot izjemno učinkovita pri akumulaciji in pretvorbi dodanega selenata v hlapni dimetilselenid. Kar 90 % 20mM selenata je bilo iz vode odstranjenega na ta način. (NEUMANN et al. 2003). Vsebnost selena v različnih makrofutih so preučevali tudi na več lokacijah v Sloveniji. Ugotavljali so, ali je prisotna povečana vsebnost Se v makrofutih in kako se ta spreminja glede na mesto vzorčenja. V ta namen so vzorčili na desetih merilnih mestih v Notranjski in osrednji Sloveniji, z različno rabo tal. Ugotovili so, da je bila koncentracija selena v vodah na vseh vzorčnih lokacijah nižja kot 1 µg Se/ L. Vsebnost selena v makrofutih pa se je spreminjala glede na mesto vzorčenja, in sicer je bila vsebnost selena najvišja v vzorcih iz vodotoka Žerovniščica (0,04 do 0,41 µg Se/L izmerjenega v vodi), to je lahko posledica kmetijstva v zaledju Žerovnišnice. Najmanj selena so zaznali v vzor-

cih makrofitov in vode, vzetih iz vodotoka Lipenjščica. Slednje je bilo pričakovano, saj v okolici ni veliko kmetijske dejavnosti in vasi. Ugotovili so tudi, da so največ selena v vodi izmerili v mesecu juliju, kar je lahko posledica gnojenja v okolici vodotokov. Več selena so v vodi zaznali tudi v mesecu oktobru, kar je prav tako lahko posledica odtekanja gnojil. Največ selena so izmerili v mahovih, ki so znani akumulatorji (3038 µg Se/g SM) in v amfibijski vrsti vodni jetičnik (*Veronica anagallis-aquatica*) (1507 µg Se/g). Kljub temu, da je bila izmerjena vsebnost selena v vodi nizka, je bila izmerjena vsebnost selena v vzorcih makrofitov visoka. Makrofiti so tako bolj primerni za monitoring obremenjenosti okolja s selenom, zlasti na kmetijskih območjih (MECHORA et al. 2014). Povečana vsebnost selena v vodnih rastlinah je lahko toksična tudi za živali, ki se hranijo z vodnimi rastlinami. V jezerskem sedimentu, ki je bil onesnažen s selenom, so bile izmerjene povečane vsebnosti selena v bakterijah in prav tako v vodnih rastlinah. Posledično je prihajalo do zastrupitev ptic, ki so se krmile s temi rastlinami (BRADLEY 2017).

4 SELEN V KOPENSKIH RASTLINAH

Selen je po kemijski zgradbi podoben žveplu in tudi privzem selena v rastline poteka preko transporterjev za žveplo, ki se nahajajo v membrani koreninskih celic (FINLEY 2005; Gupta & GUPTA 2017). Rastline privzemajo selen iz tal prvenstveno v obliki selenata, ki se prenese v kloroplaste, njegova asimilacija v rastlini se nato nadaljuje po enaki poti kot asimilacija žvepla. Selenat se po tej poti z redukcijo nato pretvori v selenit, kasneje pa tudi v selenove-aminokislino, kot sta selenometionin in selenocistein (FINLEY 2005). Preučevana je bila vsebnost različnih kemijskih oblik selenovih spojin v izvlečku rastline puščavskih območij, ki je znana tudi kot hiperakumulator selena *Stanleya pinnata*. Ugotovili so, da je bilo v izvlečku rastline *Stanleya pinnata* 73 do 85,5 % selena vezanega z aminokisljinami, selenata je bilo med 7,5 in 19,5% ne - aminokislinsko vezanega organskega selena je bilo manj kot 7 %, vsebnost selenita pa je bila pod mejo detekcije. Študija je pokazala, da se je večina selenata med procesom rasti rastlin metabolno pretvorila v selenove aminokislino (ZHANG & FRANKENBERGER 2001).

Selen ima v rastlinah pozitiven učinek na rast rastlin in dozorevanje semen (HARTIKAINEN et al. 2000; XUE et al. 2001). Prav tako lahko selen zaščiti rastline pred abiotskim stresom, vključno z ultravijoličnim sevanjem, mrazom, sušo in privzemom težkih kovin iz

tal in biotskim stresom, kot so patogeni in herbivori (GUPTA & GUPTA 2017; SCHIAVON et al. 2017). Preučevali so, kako dodani selen vpliva na strpnost kumar (*Cucumis sativus* L.) na kadmij. Rastline kumar so rasle v hranilni raztopini, ki so ji dodali kadmij (0, 25 ali 0,50 M) in selen (0,5 ali 10 M). Rastline, ki so bile izpostavljene kadmiju in so jim dodali selen, so imele znatno manjšo peroksidacijo lipidov, prav tako pa se je zmanjšala tudi vsebnost kadmija v koreninah teh rastlin (HAWRYLAK NOWAK et al. 2014).

Ugotovljeno je bilo, da suša močno vpliva na pridelke koruze, saj ima močan negativen vpliv na cvetenje koruze (NELSON et al. 2007). Ugotovljeno je bilo, da selen pri koruzi poveča strpnost na stres, ki ga povzroča suša. Kljub temu pa pri vseh rastlinah ni bilo ugotovljeno, da selen pozitivno vpliva na razvoj cvetov pri koruzi, ki je rasla v sušnih razmerah. Zaznali so celo negativne učinke selena na oprašitev koruze, ki je rasla v razmerah z dovolj vode v tleh. Glede na dobljene rezultate so zaključili, da bi bila v namen povečanja strpnosti na stres, ki ga povzroča suša primerna količina dodanega selena v tla za rastline koruze okoli 0,01 mg/kg v obliki natrijevega selenata (SHEN et al. 2008). V povečanih koncentracijah selen deluje kot pro-oksidant in zavira rast rastlin in dozorevanje semen ter zmanjšuje pridelke (HARTIKAINEN et al. 2000; XUE et

al. 2001). Selen lahko vpliva na kakovost sadja in zelenjave. Obravnavanje rastlin brokolija s selenom je imelo pozitiven učinek na ohranjanje senzoričnih lastnosti in kakovosti brokolija, saj je vplival na zmanjšanje respiratorne učinkovitosti in proizvodnjo etilena v brokoliju in tako upočasnil zorenje brokolija in mu na ta način podaljšal obstojnost (LV et al. 2017). Selen je pri zelenem čaju vplival na povečanje pridelka, skupne vsebnosti aminokislin in vsebnost C vitamina (HU et al. 2003). Pršenje krošenj dreves s selenom je pri breskvah in hruškah upočasnilo mehčanje plodov in tako podaljšalo življenjsko dobo plodov (PEZZAROSSA et al. 2012). Tretiranje s selenom se je izkazalo kot učinkovito pri zmanjšanju pojava sive plesni na paradižniku, ki ga povzroča plesen *Botrytis cinerea* (WU et al. 2016). Antioksidativni učinek selena je bil ugotovljen v zelenjavi in žitih s povečano vsebnostjo selena in je imel učinek na zmanjšanje proizvodnje rastlinskega hormona etilena, ki je odgovoren za senescenco in zorenje plodov. To nakazuje, da bi selen lahko prispeval k podaljšanju skladiščne sposobnosti kmetijskih rastlin (PUCCINELLI et al. 2017; GERM et al. 2007). V Libanonu so preučevali vsebnost selena v tleh in lokalno pridelanih žitih in zelenjadnicah. Vsebnost selena so določali v 66 vzorcih tal in 13 vzorcih različnih rastlinskih vrst. Ugotovili so, da je vsebnost topnega selena v tleh med 47 in 142 µg/kg, selen v obliki selenita in selenata med 147 in 400 µg/kg in selena, vezanega v aminokislino, med 1749 in 4713 µg/kg. Povprečne koncentracije selena v rastlinah so se gibale po naslednjem padajočem vrstnem redu: radič > solata > kumara > zelje > peteršilj > lucerne > listi čebule > brokoli > paradižnik > meta > čičerika > pšenica > čebula (WAKIM et al. 2010). Preučevan je bil tudi vpliv arbuskularne mikorize na bio-dostopnost selena iz rizosfere za štiri različne vrste rastlin, koruzo, solato, radič in ljulko. Poskus so izvedli v loncih, v katere so posadili omenjene rastline. Ocenjevali so biomaso rastlin in koncentracijo selena v poganjkih in koreninah rastlin okuženih z mikorizno glivo *Glomus mosseae* in kontrolnih rastlin. Ugotovljeno je bilo, da se biomasa rastlin in privzem selena iz rizosfere spreminjata glede na rastlinsko vrsto. Največjo biomaso in največji privzem selena so ugotovili pri radiču, najmanjšo biomaso in privzem selena iz rizosfere pa so določili pri ljulki. Ugotovljeno je bilo tudi, da mikoriza ni imela značilnega vpliva na rast rastlin, je pa v povprečju zmanjšala privzem selena iz tal v rastline za 30 % (MUNIER LAMY et al., 2007). Ugotavljali so, kako se selen bioakumulira v rastline riža, predvsem zrnje, ki se uporablja za prehrano ljudi. Ugotovili so, da je povezava med skupno vsebnostjo selena v tleh in skupno vsebnostjo selena v zrnju riža šibka. Ugotovili so, da višji pH tal olajša privzem selena v rastline riža.

Selen se je v rastline riža tako bolje akumuliral v alkalnih tleh, kot v kislih. V nevtralnih do kislih tleh je selen navadno prisoten v obliki selenita, ki je slabo topen in tudi slabše dostopen rastlinam. V nevtralnih do alkalnih tleh je selenit oksidiran v selenat, ki je bolj topen in rastlinam tako lažje dostopen. Tudi delež organske snovi v tleh ni imel vpliva na povečanje privzema selena v zrnje riža. Ugotovili so, da skupna vsebnost selena v zrnju riža ni neposredno povezana s skupno vsebnostjo selena v tleh, vsebnostjo organske snovi v tleh in pH tal (ZHANG et al. 2014a). Preučevali so tudi, kako dodatek selena v tla vpliva na količino pridelka in fotosintezo pri rižu. Poskus so izvedli na polju. Rastlinam so dodajali različne količine selena v razponu od 0 do 100 g Se/ha. Ugotovili so, da se je pridelek riža povečal v primeru, ko so rastlinam dodajali 50 g Se/ha. Selen je povečal tudi tvorbo korenin pri rižu. Selen je bil prav tako izmerjen v zelenih delih vse od faze razraščanja do zrele faze rasti rastlin. Imel pa je tudi ugodne učinke na povečanje fotosinteze in posledično pridelka riža (ZHANG et al. 2014b). V naslednji raziskavi so preučevali sposobnost dveh vrst rastlin iz družine križnic (*Brassicaceae*) za fitoremediacijo s selenom kontaminiranih tal. Akumulatorja selena, vrsti *Brassica juncea* in *Stanleya pinnata*, sta bili izpostavljeni dodatku različne koncentracije selenata: 0 µM selenata (kontrolna skupina), 8 µM in 13 µM. Širina cvetov, cvetni listi in dolžina semen, so bili statistično značilno manjši pri rastlini *Brassica juncea* ob dodatku 13 µM selenata v primerjavi s kontrolno skupino, ki ji selenat ni bil dodan. Pri cvetovih in semenih vrste *S. pinnata* niso zaznali učinka selenata. Študija je pokazala, kako različne količine selenata vplivajo na vsebnost selena v cvetovih in semenih dveh vrst rastlin. V naravnih razmerah na vsebnost selena v rastlinah vplivajo še drugi okoljski dejavniki, kot je trajanje izpostavljenosti rastlin selenu, vsebnost selena v vodi in tleh. Visoke vsebnosti selena v cvetnem prahu in nektarju pa lahko predstavljajo tudi nevarnost za žuželke, ki se pasejo na takih rastlinah (HLADUNA et al. 2011).

V poskusu so preučevali, kako se selen pretvarja v kalicah tatarske ajde (*Fagopyrum tataricum*), katerih semena so namakali v različne raztopine selena. Semena so namakali v raztopino Se-metionina (10 mg Se/L) in selenata ali selenita (5, 10, 20 mg Se/L). Ugotovili so, da je bil privzem selena v kalice tatarske ajde odvisen od kemijske oblike in koncentracije selena v raztopini, v kateri so namakali semena tatarske ajde. V supernatantih izvlečkov vseh kalic tatarske ajde, katerih semena so bila namakana v raztopino z dodatkom selena, so izmerili 23,7 do 29,7 % selenata, 2,4 do 7,9 % Se-metionina, in selenita v sledovih, ne glede na koncentracijo in kemijsko obliko selena v raztopini za namakanje

semen tatarske ajde (CUDERMAN et al. 2010). Ugotavljali so tudi, kako selen vpliva na dihalni potencial mladih rastlin tatarske ajde. Rastline so na začetku cvetenja foliarno pognojili s 10 mg Se/L v obliki selenata (Se(VI)). Selen je uspešno prehajal v rastlino in v semena tatarske ajde, v katerih je bila njegova koncentracija 2-krat višja, kot v semenih neobravnavanih rastlin. Semena s selenom obravnavanih rastlin so nato zbrali in jih posejali z namenom, da bi iz njih zrastle nove rastline tatarske ajde. Da bi ugotavljali fiziološke značilnosti rastlin, obravnavanih s selenom in kontrolnih rastlin (brez tretiranja s selenom), so ocenjevali respiratorni

potencial in fotokemično učinkovitost fotosistema II. Tri tedne po kalitvi so pri rastlinah tatarske ajde iz semen, ki so vsebovala več selena, ugotovili večji respiratorni potencial v primerjavi s kontrolnimi rastlinami. Po 4 do 5 tednih se je respiratorna aktivnost v rastlinah tatarske ajde prepolovila in razlika, ki je bila opazna po treh tednih med obravnavanimi in kontrolnimi rastlinami, ni bila več zaznana. Je pa bila po 4 tednih ugotovljena večja učinkovitost fotosistema II pri rastlinah, tretiranih s selenom. Ugotovljeno je bilo tudi, da se je pri rastlinah tatarske ajde, obravnavanih s selenom, povečala suha masa listov (KREFT et al., 2013).

ZAKLJUČEK

Selen je v tleh prisoten kot posledica naravnih in antropogenih dejavnikov. V vodnih ekosistemih je vsebnost selena povečana predvsem kot posledica onesnaževanja. Rastline so iz okolja sposobne privzemati različne količine selena. Selen je rastlinam od anorganskih oblik najbolj dostopen v obliki selenata in selenita in se v rastlinah pretvori v organsko obliko in hlapne snovi. Sposobnost tako vodnih kot kopenskih rastlin za privzem selena iz okolja lahko izkoristimo za bioindikacijo in fitoremediacijo s selenom onesnaženih tal ali vodnega okolja. Ugotovljeno je bilo, da lahko selen prispeva k izboljšanju procesa fotosinteze, povečanju respiratornega potenciala in zmanjšanje oziroma povečanje vsebnosti klorofila v vodnih rastlinah. V kopenskih rastlinah so zaznali pozitiven vpliv selena na rast rastlin in dozorevanje semen, po-

večanje mase korenin in povečanje suhe mase listov. Vpliva lahko tudi na povečanje respiratornega potenciala rastlin in izboljša fotosintezo. Zaznan je bil tudi pozitiven učinek na daljšo obstojnost plodov sadja in zelenjave, saj selen v rastlinah vpliva na zmanjšanje nastajanja rastlinskega hormona etilena, ki je odgovoren za staranje in hitrejše zorenje plodov. Selen ima ob povečanih koncentracijah za rastline lahko tudi negativen učinek, saj deluje kot pro-oksidant in lahko zavira rast rastlin, dozorevanje semen in zmanjša pridelke kmetijskih rastlin. Povečane koncentracije selena v rastlinah lahko ogrožajo tudi zdravje živali in ljudi, ki se s temi rastlinami hranijo. Poznavanje privzema in akumulacije selena v rastline je ključno za nadaljnje preučevanje in razumevanje kroženja selena v naravi.

SUMMARY

Selenium occurs in the soil as a result of depositing rock sediments (WHITE et al., 2004), and often also as a result of human activities (WINKEL et al., 2012). The concentration of selenium in soil depends on soil type, organic matter in soil and precipitation (SORS et al., 2005). Selenium is present in a variety of chemical forms in aqueous environments, inorganic as selenate, selenite in organic form as selenium-amino acids such as selenomethionine and selenocysteine (BRADLEY 2017). Selenium in the aquatic environment is most commonly a result of anthropogenic factors (MAIER & KNIGHT 1994). The accumulation and metabolism of selenium in plants takes place along the sulfur metabolic pathway and usually ends with the conversion of selenium into the volatile substance and its evapora-

tion from the plant (FINLEY 2005; GUPTA & GUPTA 2017). The ability of different types of plants to absorb selenium from the soil is also different. It is mainly influenced by the concentration of selenium in the soil, soil properties and the chemical form of selenium (ZHU et al., 2009; BANUELOS et al., 1990). It has been found that the higher pH of the soil facilitates the uptake of selenium from the soil (ZHANG et al., 2014a).

Aquatic plants can be used as effective bioindicators of pollution of water sources with selenium and as fitoremediators with selenium contaminated water sources. It has been found namely that the aquatic plants uptake selenium efficiently, from the aqueous environment in which the overload of selenium is detected (WU & GUO 2002 SHARDENDU et al. 2003; NEU-

MANN et al. 2003; MECHORA et al. 2014; BRADLEY 2017). A higher concentration of selenium in water resources may reduce the photochemical efficiency of photosystem II, respiratory potential, and may affect the increase or decrease in the content of chlorophyll in aquatic plants (MECHORA et al., 2013).

Despite the fact that essentiality of selenium for terrestrial plants is not yet fully established (CARTES et al. 2010; HASANUZZAMAN & FUJITA, 2011; GERM et al. 2007), it has been found that the presence of selenium in plants has a positive effect on plant growth and ripening seeds (HARTIKAINEN et al. 2000; XUE et al., 2001). Selenium can increase root weight (ZHANG et al. 2014b) and dry leaf mass, and increase the respiratory potential of crops and improve the effectiveness of photosystem II (KREFT et al., 2013). Selenium can also affect the quality of fruits of agricultural plants. Adding selenium into agricultural plants has a positive impact on the preservation of sensory properties and quality of harvested fruit. Selenium can also increase yield, increasing the total content of amino acids and vitamin C in agricultural plants. Selenium can also slow down softening of ripe fruits. With its antioxidant action selenium can reduce the production of ethylene in plants and thus slows down the se-

nescence and prolongs the life of the fruits (Lv et al., 2017; HU et al., 2003; PEZZAROSSA et al., 2012; PUCCINELLI et al., 2017). For selenium was found to be able to protect the plants against abiotic stress such as cold, drought and an increased content of heavy metals in the soil and biotic stress such as pathogens and herbivores (GUPTA & GUPTA 2017; SCHIAVON et al., 2017; WU et al., 2016). It should be noted also that the increased concentrations of selenium may also have a negative effect on plants, acting as a pro-oxidant; it can inhibit plant growth and maturation of seeds and reduces the yields of agricultural crops (HARTIKAINEN et al., 2000; XUE et al. 2001). Increased selenium concentrations in plants can also endanger the health of animals and people consuming these plants (BRADLEY 2017; PUCCINELLI et al. 2017). Terrestrial plants that can take up large amounts of selenium from the soil are also useful for the phytoremediation of soil contaminated with selenium (HLADUNA et al., 2011). Knowing the differences in uptake and accumulation of selenium in both water and terrestrial plants is the key to understanding the movement of selenium in the environment and the importance of plants to reduce selenium content in environments contaminated with selenium.

ZAHVALA

Raziskovalni program (št. P1-0212 »Biologija rastlin«) je sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors acknowledge the research core funding (No. P1-0212 »Biology of Plants«), which was financially supported by the Slovenian Research Agency.

LITERATURA-REFERENCES:

- BAILEY, F.C., KNIGHT, A.W., OGLE, R. S. & S.J. KLAINE, 1995: *Effect of sulfate level on selenium uptake by Ruppia maritima*. Chemosphere (Netherlands) 30: 579–591. [https://doi.org/10.1016/0045-6535\(94\)00419-U](https://doi.org/10.1016/0045-6535(94)00419-U)
- BAJAJ, M., EICHE, E., NEUMANN, T., WINTER, J. & C. GALLERT, 2011: *Hazardous concentrations of selenium in soil and groundwater in North-West India*. Journal of Hazardous Materials (Netherlands) 189: 640–646. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.01.086>
- BANUELOS, G.S. & D. W. Meek, 1990: *Accumulation of selenium in plants grown on selenium-treated soil*. Journal of Environmental Quality (United States of America) 19: 772. <https://doi.org/10.2134/jeq1990.00472425001900040023x>
- BORNETTE, G. & S. Puijalon, 2009: *Macrophytes: Ecology of aquatic plants*. Encyclopedia of Life Sciences (England) 1–9 str.

- BRADLEY, T., 2017: *Selenium management in the habitat marshes adjacent to the Salton sea*. Department of Ecology and Evolutionary Biology University of California, Irvine, California (United States of America) 1–3.
- CARTES, P., JARA, A. A., PINILLA, L., ROSAS, A. & M. L. MORA, 2010: *Selenium improves the antioxidant ability against aluminium-induced oxidative stress in ryegrass roots*. Annals of Applied Biology (England) 56: 297–307. <https://DOI: 10.1111/j.1744-7348.2010.00387.x>
- COOK, C. D. K., 1999: *The number and kinds of embryo-bearing plants which have become aquatic*. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics (Germany) 2: 79–102. <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00066>
- CUDERMAN, P., OŽBOLT, L., KREFT, I. & V. STIBILJ, 2010: *Extraction of Se species in buckwheat sprouts grown from seeds soaked in various Se solutions*. Food Chemistry (England) 123: 941–948. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.063>
- ELLIS, D. R. & D. E. SALT, 2003: *Plants, selenium and human health*. Current Opinion in Plant Biology (England) 6: 273–279. [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(03\)00030-X](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(03)00030-X)
- FINLEY, J. W., 2005: *Selenium accumulation in plant foods*. Nutrition Reviews (England) 3: 196–202. <https://DOI: 10.1111/j.1753-4887.2005.tb00137.x>
- FORDYCE F., 2005: *Selenium deficiency and toxicity in the environment*. British geological survey (England), chapter 15: 373–415.
- GERM, M., STIBILJ, V. & I. KREFT, 2007: *Metabolic Importance of selenium for plants*. The European Journal of Plant Science and Biotechnology (England) 1: 91–97.
- GERM, M., 2009: *Makrofiti ali vodne rastline*. Svet ptic (Slovenia) 3: 20–21
- GERM, M., 2013: *Biologija vodnih rastlin*. Učbenik, Samozaložba (Slovenia) 72 p.
- GOLOB, A., 2017: *Vpliv UV sevanja na vsebnost selena in silicija pri križancu tatarske ajde (Fagopyrum tataricum Gaertn.) in orjaške ajde (F. giganteum Krotov) ter pri pšenici (Triticum aestivum L.)*. Doktorska disertacija, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana (Slovenia) 119 p.
- GORE, F., FAWELL, J. & J. BARTRAM, 2010: *Too much or too little? A review of conundrum of selenium*. Journal of Water and Health (England) 8: 405–416. <https://doi:10.2166/wh.2009.060>
- GUPTA, M. & S. GUPTA, 2017: *An overview of selenium uptake, metabolism, and toxicity in plants*. Frontiers in Plant Science (Switzerland) <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02074>
- HARTIKAINEN, H., 2005: *Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health*. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology (Germany) 18: 309–318. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2005.02.009>
- HARTIKAINEN, H., XUE, T. & V. PIIRONEN, 2000: *Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass*. Plant Soil (Netherlands) 225: 193–200.
- HASANUZZAMAN, M. & M. FUJITA, 2011: *Selenium pretreatment upregulates the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification system and confers enhanced tolerance to drought stress in rapeseed seedlings*. Biological Trace Element Research (United States of America) 143: 1758–1776. <https://doi: 10.1007/s12011-011-8998-9>
- HAWRYLAK NOWAK, B., DRESLER, S. & M. WOJCIK, 2014: *Selenium affects physiological parameters and phytochemicals accumulation in cucumber (Cucumis sativus L.) plants grown under cadmium exposure*. Scientia Horticulturae (Netherlands) 172: 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.03.040>
- HLADUNA, K. R., PARKER, D. R. & J. T. TRUMBLEA, 2011: *Selenium accumulation in the floral tissues of two Brassicaceae species and its impact on floral traits and plant performance*. Environmental and Experimental Botany (England) 74: 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.05.003>
- HU, Q., XU, J. & G. PANG, 2003: *Effect of selenium on the yield and quality of green tea leaves harvested in early spring*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (United States of America) 51: 3379–3381. <https://DOI: 10.1021/jf0341417>
- KAČ, M., 2001: *Leksikon kemije*. Mladinska knjiga, Ljubljana (Slovenia) 245 p.
- KREFT, I., MECHORA, Š., GERM, M. & V. STIBILJ, 2013: *Impact of selenium on mitochondrial activity in young Tarrary buckwheat plants*. Plant Physiology and Biochemistry (France) 63: 196–199. <https://DOI: 10.1016/j.pla-phy.2012.11.027>
- LEMLEY, A. D., 2004: *Aquatic selenium pollution is a global environmental safety issue*. Ecotoxicology and Environmental Safety (Netherlands) 59: 44–56. [https://doi.org/10.1016/S0147-6513\(03\)00095-2](https://doi.org/10.1016/S0147-6513(03)00095-2)
- LV, J., WU, J., ZUO, J., FAN, L., SHI, J., GAO, L., LI, M. & Q. WANG, 2017: *Effect of Se treatment on the volatile compounds in broccoli*. Food Chemistry (England) 216: 225–233. <https://doi: 10.1016/j.foodchem.2016.08.005>
- MAIERALLEN, K. J. & W. KNIGHT, 1994: *Ecotoxicology of selenium in freshwater systems*. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology (United States of America) 134: 31–48.

- MECHORA, S., GERM, M. & V. STIBILJ, 2014: *Monitoring of selenium in macrophytes–The case of Slovenia*. Chemosphere (England) 111: 464–470. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.03.133>
- MECHORA, S., STIBILJ, V. & M. GERM, 2013: *The uptake and distribution of selenium in three aquatic plants grown in Se(IV) solution*. Aquatic Toxicology (Netherlands) 128–129: 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.11.021>
- MEHDI, Y., HORNICK, J. L., ISTASSE, L. & I. DUFRASNE, 2013: *Selenium in the environment, metabolism and involvement in body functions*. Molecules (Switzerland) 18: 3292–3311. <https://doi.org/10.3390/molecules18033292>
- MUNIER LAMY, C., DENEUX MUSTIN, S., MUSTIN, C., MERLET, D., BERTHELIN, J. & C. LEYVAL, 2007: *Selenium bioavailability and uptake as affected by four different plants in a loamy clay soil with particular attention to mycorrhizae inoculated ryegrass*. Journal of Environmental Radioactivity (England) 9: 148–158. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2007.04.001>
- NEUMANN, P. M., DE SOUZA, M. P., PICKERING, I. J. & N. TERRY, 2003: *Rapid microalgal metabolism of selenate to volatile dimethylselenide*. Plant, Cell and Environment (United States of America) 26: 897–905. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.01022.x>
- NELSON, D. E., REPETTI, P. P., ADAMS, T. R., CREELMAN, R. A., WU, J., WARNER, D. C., ANSTROM, D. C., BENSON, R. J., CASTIGLIONI, P. P., DONNARUMMO, M. G., HINCHEY, B. S., KUMIMOTO, R. W., MASZLE, D. R., CANALES, R. D., KROLIKOWSKI, K. A., DOTSON, S. B., GUTTERSON, N., RATCLIFFE, O. J. & J. E. HEARD, 2007: *Plant nuclear factor Y (NF-Y) B subunits confer drought tolerance and lead to improved corn yields on water-limited acres*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (United States of America) 104: 16450–16455. <https://doi.org/10.1073/pnas.0707193104>
- PEZZAROSSA, B., REMORINI, D., GENTILE, M. L. & R. MASSAI, 2012: *Effects of foliar and fruit addition of sodium selenate on selenium accumulation and fruit quality*. Journal of the Science of Food and Agriculture (England) 92: 781–786. DOI: 10.1002/jsfa.4644
- PIRC, S. & R. ŠAJN, 1997: *Vloga geokemije v ugotavljanju kemične obremenitve okolja. V: Projekt evropskega leta varstva narave 1995. Kemizacija okolja in življenje. Do katere meje?*. Slovensko ekološko društvo, Ljubljana (Slovenia) 165–185.
- SCHIAVON, M., ERTANI, A., PARRASIA, S. & F. D. VECCHIA, 2017: *Selenium accumulation and metabolism in algae*. Aquatic Toxicology (Netherlands) 189: 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.05.011>
- SCHIAVON, M. & E. A. H. PILON-SMITS, 2017: *Selenium biofortification and phytoremediation phytotechnologies. A review*. Journal of Environmental Quality (United States of America) 46: 10–19. <https://doi.org/10.2134/jeq2016.09.0342>
- SHARDENDU, S., SALHANI, N., BOULYGA, S. F. & E. STENGEL, 2003: *Phytoremediation of selenium by two helophyte species in subsurface flow constructed wetland*. Chemosphere (Netherlands) 50: 967–973. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(02\)00607-0](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00607-0)
- SHEN, Q. Y., TURAKAINEN, M., SEPPANEN, M. & P. MAKELA, 2008: *Effects of selenium on maize ovary development at pollination stage under water deficits*. Agricultural Sciences in China (China) 7: 1298–1307. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(08\)60178-9](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(08)60178-9)
- SIGRIST, M., BRUSA, L., CAMPAGNOLI, D. & H. BELDOMENICO, 2012: *Determination of selenium in selected food samples from Argentina and estimation of their contribution to the Se dietary intake*. Food Chemistry (England) 134: 1932–1937. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.116>
- SORS, T. G., ELLIS, D. R., NA, G. N., LAHNER, B., LEE, S., LEUSTEK, T., PICKERING I. J. & D. E. SALT, 2005: *Analysis of sulfur and selenium assimilation in Astragalus plants with varying capacities to accumulate selenium*. The Plant Journal (England) 42: 785–797. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113X.2005.02413.x>
- TANG, Y., HARPENSLAGER, S. F., VAN KEMPEN, M. L., VERBAARSCHOT, E. J. H., LOEFFEN, L. M. J. M., ROELOFS, J. G. M., SMOLDERS, A. J. P. & L. P. M. LAMERS, 2017: *Aquatic macrophytes can be used for wastewater polishing but not for purification in constructed wetlands*. Biogeosciences (Germany) 14: 755–766. <https://doi.org/10.5194/bg-14-755-2017>
- XUE, T., HARTIKAINEN, H. & V. PIIRONEN, 2001: *Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce*. Plant Soil (Netherlands) 237: 55–61.
- WAKIM, R., BASHOUR, I., NIMAH, M., SIDAHMED, M. & I. TOUFEILI, 2010: *Selenium levels in Lebanese environment*. Journal of Geochemical Exploration (Netherlands) 107: 94–99. <https://doi.org/10.1023/A:1013369804867>
- WHITE, P. J., BOWEN, H. C., PARMAGURU, P., FRITZ, M., SPRACKLEN, W. P., SPIBY, R. E., MEACHAM, M. C., MEAD, A., HARRIMAN, M., TRUEMAN, L. J., SMITH, B. M., THOMAS, B. & M. R. BROADLEY, 2004: *Interactions between*

- selenium and sulphur nutrition in Arabidopsis thaliana*. Journal of Experimental Botany (England) 55: 1927–1937. [https://DOI: 10.1093/jxb/erh192](https://doi.org/10.1093/jxb/erh192)
- WINKEL, L. H., JOHNSON, C. A., LENZ, M., GRUNDL, T., LEUPIN, O. X., AMINI, M. & L. CHARLET, 2012: *Environmental selenium research: From microscopic processes to global understanding*. Environmental Science & Technology (United States of America) 46: 571–579. [https://DOI: 10.1093/jxb/erh192](https://doi.org/10.1093/jxb/erh192)
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011: *Selenium in drinking-water*. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality (WHO/HSE/WSH/10.01/14) (United States of America) 1–14.
- WU, Z., YIN, X., BANUELOS, G. S., LIN, Z. Q., LIU, Y., LI, M. & L. YUAN, 2016: *Indications of selenium protection against cadmium and lead toxicity in oilseed rape (Brassica napus L.)*. Frontiers in Plant Science (Switzerland) 7: 1875. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01875>
- WU, Z., YIN, X., BANUELOS, G.S., LIN, Z.Q., ZHU, Z., LIU, Y., YUAN, L. & M. LI, 2016. *Effect of selenium on control of postharvest gray mold of tomato fruit and the possible mechanisms involved*. Frontiers in Microbiology (Switzerland) 6: 1–11. [https://doi: 10.3389/fmicb.2015.01441](https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01441)
- WU, L. & X. GUO, 2002: *Selenium accumulation in submerged aquatic macrophytes Potamogeton pectinatus L. and Ruppia maritima L. from water with elevated chloride and sulfate salinity*. Ecotoxicology and Environmental Safety (Netherlands) 51: 22–27. <https://doi.org/10.1006/eesa.2001.2116>
- ZHANG, Y. & JR. W. T. FRANKENBERGER, 2001: *Speciation of selenium in plant water extracts by ion exchange chromatography-hydride generation atomic absorption spectrometry*. The Science of the Total Environment (Netherlands) 269: 39–47. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00809-3](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00809-3)
- ZHANG, H., FENG, X., JIANG, C., LI, Q., GU, C., SHANG, L., LI, P., LIN, Y. & T. LARSEN, 2014a: *Understanding the paradox of selenium contamination in mercury mining areas: High soil content and low accumulation in rice*. Environmental Pollution (England) 188: 27–36. [https://doi: 10.1016/j.envpol.2014.01.012](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.01.012)
- ZHANG, M., TANG, S., HUANG, X., ZHANG, F., PANG, Y., HUANG, Q. & Q. YI, 2014b: *Selenium uptake, dynamic changes in selenium content and its influence on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in rice (Oryza sativa L.)*. Environmental and Experimental Botany (England) 107: 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.05.005>
- ZHU, Y.G., PILON-SMITS, E. A. H., ZHAO, F.J., WILLIAMS, P.N. & A. A. MEHARG, 2009: *Selenium in higher plants: understanding mechanisms for biofortification and phytoremediation*. Trends in Plant Science (England) 14: 436–442. [https://doi: 10.1016/j.tplants.2009.06.006](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.06.006)

FITOCENOLOGIJA V SLOVENIJI SKOZI ČAS

PHYTOCENOLOGY IN SLOVENIA OVER TIME

Mitja Zupančič¹

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0035>

IZVLEČEK

Fitocenologija v Sloveniji skozi čas

Opisan je razvoj fitocenologije v Sloveniji od njenega začetka med obema svetovnim vojnima do danes. Pionirji raziskovanj na področju fitocenoloških raziskovanj so bili Gabrijel Tomažič, Marko Zalokar, Maks Wraber in Vlado Tregubov. V vsem obdobju je delovalo 20 fitocenologov in 10 do 15 občasnih kartircev vegetacije.

Ključne besede: fitocenologija, zgodovina, Slovenija.

ABSTRACT

Phytocenology in Slovenia over time

The development of phytocenology in Slovenia is described from its beginnings between the two world wars to today. The pioneers of research in the field of phytocenology were Gabrijel Tomažič, Marko Zalokar, Maks Wraber and Vlado Tregubov. Twenty phytocenologists and 10 to 15 vegetation mappers worked over the course of the whole period.

Keywords: phytocenology, history, Slovenia

¹ SAZU, Novi trg 5, 1000 LJUBLJANA

Za razvoj fitocenologije so pomembna fitogeografska raziskovanja rastlinskega geografa A. Humbolta v začetku 19. stoletja, ki je planet Zemljo razdelil na fitogeografske pasove in posredno uvedel pojem asociacije (MARINČEK et al. 1972). V Evropi se je veda o rastlinskih združbah močno razvila. Med njenimi dosežki je bil najpomembnejši novodobni razvoj srednjeevropsko-züriško-montpellijske metode (šole) ustanovitelja Schröterja s pomembnim predstavnikom Braunom-Blanquetom, ki je moderno fitocenologijo preusmeril iz floristično-fiziognomske v floristično-ekološko smer (BRAUN-BLANQUET 1921, MARINČEK et al. 1972). Precej odmevna je bila tudi uppsalska metoda, ki jo je zastopal DU RIETZ (1921), vendar pri nas ni bila sprejeta. Na Hrvaškem sta jo prevzela Ivo Horvat in Stepan Horvatić pri začetnih fitocenoloških raziskovanjih, ki sta jo kasneje opustila in prešla na züriško-montpellijsko metodo (PETKOVŠEK 1934 man.). Prvi slovenski raziskovalci vegetacije Gabrijel Tomažič, Marko Zalokar, Maks Wraber, Vlado Tregubov in Viktor Petkovšek so sprejeli novo metodo, jo spremljali, dopolnjevali in jo posredovali mlajšim kolegom.

Prva fitocenološka raziskovanja v Sloveniji so potekala med obema vojnama. V tem obdobju je bil najzaslužnejši G. Tomažič, ki se je sprva posvečal genetiki, pozneje pa je prešel na področje fitocenologije. Preučeval je borove gozdove in travišča iz razreda *Arrhenatheretalia* (red pašnikov in travnikov na rodovitnih mineralnih tleh). Zanimivo je njegovo delo pri pripravi rokopisne vegetacijske karte Golovca (1928–1932), ki je bila najverjetneje prva te vrste na Balkanu. Ob koncu tridesetih let prejšnjega stoletja je jezerske, morske in plevelne združbe raziskoval M. Zalokar, ki se je pozneje osredotočil na zoofiziološke raziskave. M. Wraber, ki je doktoriral s področja rastlinske morfologije oz. organografije rodu *Riella*, se je nato preusmeril v fitocenologijo in bil v letih 1935–1936 na študijskem izpopolnjevanju in specializaciji iz fitocenologije pri Braunu-Blanquetu v Montpellieru. V tem obdobju je raziskoval tamkajšnjo mediteransko združbo hrasta – *Quercus coccifera*. Leta 1934 je V. Petkovšek v tipkopisu pripravil primerjalno študijo »Braun-Blanquet ali du Rietz«. Verjetno gre za profesorsko nalogo. Nato se je predvsem posvetil floristiki in se kasneje pojavil kot predavatelj fitocenologije za gozdarje v šolskem letu 1953–1954 in pozneje kot raziskovalec traviščne vegetacije.

Hiter razvoj je fitocenologija doživela po drugi svetovni vojni z ustanovitvijo dveh gozdarskih inštitutov, zveznega in republiškega, ter gozdarskega oddelka na Fakulteti za agronomijo in gozdarstvo v Ljubljani pred sedemdesetimi leti. Za razvoj fitocenologije na področju gozdarstva imajo zasluge predvsem gozdar

V. Tregubov ter biologa M. Wraber in G. Tomažič. V prvih dveh letih po drugi svetovni vojni – pa tudi pozneje – je bil organizacijsko najbolj prizadeven V. Tregubov, ki je na obeh inštitutih, ki sta se kmalu združila, s pomočjo M. Wraberja vpeljal fitocenološka preučevanja gozdne vegetacije. Verjetno pa je prav V. Tregubov predlagal profesorju Stanku Sotošku, enemu izmed ustanoviteljev gozdarskega oddelka na tedanji fakulteti, predmet oz. študij fitocenologije za gozdarje. V. Tregubov je imel v času (1944–1945) partizanstva na Visu nalogo izdelati koncept študija gozdarstva v povojni Jugoslaviji. Predavanja iz fitocenologije za gozdarje je prevzel že habilitirani učitelj botanike G. Tomažič, ki je imel bogate izkušnje na tem področju, zlasti z objavo razprav o borovih gozdovih Slovenije (TOMAŽIČ 1940, 1942). G. Tomažič in M. Wraber sta bila domačina, V. Tregubov je prišel iz Bosne, kjer je pred drugo svetovno vojno raziskoval tamkajšnjo vegetacijo omorike ter gozdov jelke in bukve. G. Tomažiča, M. Wraberja, V. Tregubova, V. Petkovška in M. Zalokarja uvrščamo med pionirje fitocenoloških raziskav v Sloveniji. Pomemben pečat fitocenološki stroki so zlasti dali G. Tomažič, M. Wraber in V. Tregubov. M. Wraber se je osredotočil na raziskave pohorskih gozdov (M. WRABER 1955) in Slovenskega primorja (M. WRABER 1963), V. Tregubov bukovih gozdov slovenskega dinarskega gorstva (TREGUBOV 1957), pri čemer se je srečal s podobnimi raziskavami G. Tomažiča na Snežniku, ter s preučevanjem alpskega bukovega gozda (TREGUBOV 1957a). G. Tomažič je s prihodom na gozdarski oddelk Fakultete za agronomijo in gozdarstvo dal idejo za fitocenološko preučevanje gozdov tedanjega fakultetnega posestva v Kamniški Bistrici. Terenske raziskave je zaupal mlajšemu kolegu iz druge generacije fitocenologov, asistentu Stanku Cveku na katedri za gojenje gozdov, že izoblikovanemu fitocenologu. S. Cvek je med študenti poiskal primerne sodelavce, med katerimi je izstopal Živko Košir, ki je imel pozneje vidno vlogo pri preučevanju in kartiranju gozdne vegetacije. V. Tregubov pa si je za sodelovanje pri raziskavah in kartiranju gozdne vegetacije izbral biologa Ignaca Persoglia in Milana Piskernika. Ti so bili pozneje vodilni raziskovalci druge generacije fitocenologov.

Do leta 1960 sta bili vodilni ustanovi za preučevanje in kartiranje gozdne vegetacije Gozdarski inštitut Slovenije oz. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije ter gozdarski oddelk Fakultete za agronomijo in gozdarstvo (danes Biotehniška fakulteta). Namen gozdnovegetacijskih raziskav je bil predvsem praktične narave, kot pomoč in osnova za gozdnogospodarsko načrtovanje naravne obnove gozdov v skladu z rastiščnimi zakonitostmi. Ob tem so nastale tri pomembne študije, in sicer razprava o prebiralnih gozdo-

vih jelke in bukve na Snežniku (TREGUBOV 1957), ter provizorična fitocenološka elaborata o gozdovih Kamniške Bistrice (CVEK 1955) in o vegetacijskih združbah pohorskih gozdov WRABERJA (1956), ki je bil osnova za nadaljnje raziskave.

Zaradi nepričakovanih nesoglasij med tremi vodilnimi fitocenologi prve generacije so nekoliko zastale obširnejše vegetacijske raziskave, ki so ponovno stekle po letu 1954. V tem času (1954) pa je Piskernik opustil srednjeevropsko metodo raziskovanja vegetacije ter je začel uporabljati drugačne pristope oziroma raziskovalno smer, ki so jo poimenovali »inštitutska metoda« (ZUPANČIČ 1997). Izhajal je iz utemeljenega stališča, da je vegetacija kontinuum, ker se gozdne združbe v prostoru med seboj prepletajo, meje med njimi pa so nejasne ali celo neugotovljive (SMOLE & KUTNAR 1997). Njegova metoda temelji na mikrolifnih združbah, ki jih je mogoče po njegovem sistemu mnogo bolje omejiti kot po srednjeevropski metodi. Metoda izhaja iz različnih posamičnih ekoloških dejavnikov: enkrat iz temperature, drugič iz padavin ipd. Mnenje nekaterih fitocenologov je, da M. Piskernik v svoji metodi združuje določene elemente uppsalske metode, metode talnovegetacijskih tipov, metode višinskih tipov in srednjeevropske metode (MARINČEK et al. 1972, ZUPANČIČ 1997). M. Piskernik si je zelo prizadeval za uveljavitev svoje metode, zato je objavil več razprav, ki pa niso naletele na želeni odmev ne doma, še manj v tujini. Njegovi metodi je sledil Karl Hauser, ki je deloval v gozdnogospodarskem območju v Slovenji Gradcu. Njegovo metodo so krajši čas uporabljali tudi v gozdnogospodarskem območju Bled.

Po letu 1954 se je M. Wraber zaposlil na Inštitutu za biologijo SAZU (danes Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU), kjer je preučeval gozdno vegetacijo za tedanje potrebe gozdarske operative in izdeloval orientacijske fitocenološke elaborate brez vegetacijskih kart. Ob teh opisih gozdne vegetacije se je posvečal sinsistematskim raziskavam novih gozdnih združb. Tako so nastale študije o združbah gozdov smreke in gozdne bekice, jelke in okroglostne lakote ter grmišča črnega gabra in žarkaste košeničice (M. WRABER 1959, 1961, 1963a).

V. Tregubov je za krajši čas odšel v tujino, kjer je preučeval gozdno vegetacijo Atlasa, in se leta 1954 vrnil v Slovenijo. Ob vrnitvi mu je S. Sotošek ponudil dveletni projekt o melioraciji in obnovi zgornjesavskih gozdov v povezavi z negativnimi posledicami za naravo ob gradnji hidroelektrarne Moste pri Žirovnici in po njej. Projekt je naročil Okrajni ljudski odbor za Radovljico. V tem projektu so združili moči fitocenologi V. Tregubov, G. Tomažič, S. Cvek, I. Persoglio in Ž. Košir ter k sodelovanju pritegnili absolvente gozdar-

stva Dušana Robiča, Lojzeta Marinčka in Mitja Zupančiča, ki so pozneje predstavljali jedro tretje generacije fitocenologov, tej pa so se pridružili Tone Wraber, Ivo Puncer, Andrej Martinčič, Vinko Žagar, Milan Prešeren in France Šuštar.

Po opravljenem delu v Zgornjesavski dolini z izdelavo obširnega elaborata, utemeljenega na ekoloških načelih fitocenoloških raziskav, je V. Tregubov spet dobil mesto fitocenologa na Gozdarskem inštitutu, k sodelovanju pa je povabil M. Zupančiča. Tako sta bili na inštitutu prisotni dve metodi oz. smeri fitocenoloških raziskav, in sicer M. Piskernikova inštitutska ter standardna srednjeevropska ali Braun-Blanquetova metoda. M. Piskernik je po svoji metodi raziskoval vso vegetacijo v Sloveniji, za operative potrebe gozdarstva pa blejsko in predvsem koroško območje, kjer je z njim sodeloval tamkajšnji fitocenolog K. Hauser. Na blejskem gozdnogospodarskem območju sta se srečevali obe metodi: srednjeevropska (V. Tregubov) in inštitutska (M. Piskernik). Raziskave so vzporedno potekale po dveh metodah. Glavnina preučevanj V. Tregubova v različnih časovnih obdobjih z M. Zupančičem pa je bila usmerjena na postojnsko in ljubljansko gozdnogospodarsko območje.

Podobno se je zgodilo pri preučevanju gozdne in grmiščne vegetacije slovenske Istre, ki jo je po srednjeevropski metodi raziskoval M. Wraber in M. Piskernik po svoji metodi.

Šestdeseta leta prejšnjega stoletja so prinesla nov zagon na področju fitocenoloških raziskav. Leta 1962 je bila ustanovljena botanična oz. fitocenološka skupina na Inštitutu za biologijo SAZU (danes Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU), ki jo je do svoje smrti leta 1972 vodil M. Wraber, po njem pa do leta 1991 M. Zupančič, za njim pa A. Čarni s sodelovanjem L. Marinčka. Sodelavci so bili Ivo Puncer, Vinko Žagar, Milan Prešeren, s prekinitvami Marko Accetto ter pozneje Andrej Seliškar in Lojze Marinček ter občasno študenti gozdarstva in biologije naj navedemo najbolj stalne sodelavce: Andrej Capuder, Drago Jordan, Zdravko Keglevič, Marjan Lipoglavšek, Jože Papež, Marjan Štempihar, Boris Turk idr. Naloga te skupine je bila dvojna: primarna zadolžitev je bila reševanje teoretičnih vprašanj sintaksonomske, sinekološke, sinhronološke, sinhorološke in fitogeografske narave za vso vegetacijo Slovenije v primerjavi s podobnimi evropskimi raziskavami, zlasti z vzhodnoalpsko-dinarskim območjem. Druga smer je bila praktičnega značaja: to so bile podrobne ekološke raziskave na podlagi fitocenologije in pedologije za operative namene pri načrtovanju gojenja in urejanja gozdov z izdelavo vegetacijskih kart v večjih merilih (1 : 10.000, 1 : 25.000).

V letu 1961 je bila ustanovljena fitocenološka skupina pri Biroju za gozdarsko načrtovanje pod vodstvom direktorja biroja Ž. Koširja in pozneje L. Marinčka. Glavna naloga skupine je bila preučevanje in kartiranje gozdne vegetacije v merilih 1 : 10.000 z izdelavo elaboratov na podlagi ekoloških dejavnikov za potrebe gozdnogojitvenih in urejevalnih dejavnosti v posameznih gozdnih območjih. Skupino so poleg vodij sestavljali še Dušan Robič, Marko Accetto, Ivan Smole, Marja Zorn, Marjan Šolar, Niko Torelli, Boštjan Anko, Evgenij Azarov, Lojze Čampa, Mihej Urbančič, Lojze Žgajnar idr.

Šesto desetletje je zlasti pomembno s pričetkom dveh velikih projektov, izdelave realne in potencialne naravne karte vegetacije Jugoslavije in Slovenije. Leta 1960 je bil na pobudo hrvaškega fitocenologa Iva Horvata s sodelovanjem Stjepana Horvatića in vodilnih fitocenologov iz drugih republik Maksa Wraberja in Vlada Tregubova (Slovenija), Vilotije Blečića (Črna gora), Hansa Ema (Makedonija), Pavla Fukareka (Bosna in Hercegovina) ter Brana Jovanovića in Vojeslava Mišića (Srbija) predlagan projekt za izdelavo vegetacijskih kart v merilu 1 : 100.000 in 1 : 1.000.000. Projekt je dejansko stekel leta 1962. V Sloveniji sta ga vodila M. Wraber (do svoje smrti) in pozneje M. Zupančič, ki je bil v letih 1986–89 predsednik programskega sveta Vegetacijske karte Jugoslavije, in od leta 1984–89 njen glavni redaktor.

Leta 1965 so začeli izvajati projekt Gozdnovegetacijska karta Slovenije v merilu 1 : 100.000, njegov namen pa je bil ekološke vrednotenje gozdne vegetacije. Vodil ga je Ž. Košir.

Obdobje od šestdeset do osemdeset let je bilo najbolj plodno glede vegetacijskih raziskovanj Slovenije. Pri tem je imela pomembno vlogo Biotehniška fakulteta, ki je bila usmerjena predvsem na študij fitocenologije za gozdarje. Zaradi daljše G. Tomažičeve bolezni so bila predavanja večkrat prekinjena. Začasno jih je prevzel botanik in fitocenolog V. Petkovšek, dokler ni leta 1963 prišel na njegovo mesto fitocenolog D. Robič, ki je predavanja izvajal na zavidljivi didaktični in pedagoški ravni. Po D. Robičevi upokojitvi je predavanja prevzel fitocenolog M. Accetto. Danes predavata fitocenologa Igor Dakskobler in Andrej Rozman. Na agronomskem oddelku Biotehniške fakultete (BF) ni bilo večjega zanimanja za fitocenološke raziskave. Biologa V. Petkovšek in F. Šuštar sta predstavljala program za preučevanje travnišč glede na zmožnosti pospeševanja beljakovinsko donosnejših trav in drugih zelišč.

Na biološkem oddelku Biotehniške fakultete je T. Wraber raziskoval alpska travnišča in naskalno vegetacijo, A. Martinčič pa barja, največkrat s M. Piskernikovim sodelovanjem. Na Pedagoški fakulteti Univerze v

Mariboru se je botaničarka Ljerka Godicelj spogledovala s fitocenologijo, vendar je ta zaživelale šele s prihodom Mitje Kaligariča in Sonje Škornik.

Omeniti moramo še kolega Mitja Cimpreska, ki je preučeval gozdove na obrobju predpanonske Slovenije, kjer je služboval (Gozdna uprava Rogaška Slatina).

Vodenje fitocenoloških raziskav sta v teh letih (1960–80) prevzela Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU in Biro za gozdarsko načrtovanje. Tu moramo opozoriti na razčlenjevanje bukovih makroasociacij na ekološko, floristično in posledično sintaksonomsko ustrezno oblikovane bukove združbe, opredeljene glede na njihovo višinsko pasovitost (npr. gozdna vegetacija na Gorjancih) Ž. Koširja. Tej sintaksonomski rešitvi smo sledili tudi drugi fitocenologi, ne le pri bukovih gozdovih, temveč pri vsej vegetaciji, zlasti gozdni in grmiščni.

Ob koncu šestdesetih let je M. WRABER (1969) objavil prvo fitogeografsko delitev Slovenije, in sicer na šest območij. Pozneje jo je izpopolnjeval M. Zupančič s sodelavci (ZUPANČIČ et al. 1987, ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995). Pozneje je Ž. KOŠIR (1975) objavil delitev Slovenije na šest fitoklimatskih teritorijev. Delitev šestih območij je pri obeh kartah precej podobna, največje razlike so v severovzhodnem delu Slovenije. Gre za obseg območja med preddinarskim in predpanonskim območjem.

Šestdeseta leta so bila pomembna tudi zaradi intenzivnega razmišljanja o uveljavitvi posebne ilirske flore v fitocenološki sinsistematiki. V raziskavah je bil poudarek na območju ilirske flore province, ki se razlikuje od srednjeevropske z ilirskimi ali ilirskoidnimi ali jugovzhodnoevropsko-ilirskimi vrstami. Že leta 1938 je o tem razmišljal I. Horvat, kar je formalno udeležil z opisom zveze ilirskih bukovih gozdov leta 1950. Madžarski botanik in fitocenolog A. BORHIDI (1963) pa je Horvatovo zamisel utemeljil z obširno razpravo o zvezi *Fagion illyricum* oz. današnjo *Aremonio-Fagion*. V zvezo so uvrščeni ilirski bukovi gozdovi, ki uspevajo v ilirski florni provinci. Ilirska flora pa je s posamezno vrsto ali vrstami včasih prisotna tudi v sintaksonih, ki so uvrščeni v neilirski sintaksone. Tako se je porodila zamisel o geografskih variantah določene asociacije po vzoru Oberdorferjevih ras (OBERDORFER 1957) ali višinskih pasov zakoncev MATUSZKIEWICZ (1981). Tako se je sintakson sinsistematsko ločil od srednjeevropskega ali drugega fitogeografskega območja. To je posebej pomembno s teoretičnega vidika sinsistematike in poznavanja pestrosti biodioverzitet. Manj pa je to pomembno za praktično uporabo, npr. v gozdnem gospodarstvu, vendar ne vedno. Nekatere geografske variante imajo le drugačne ekološke razmere kot osnovna tuja ali v drugem območju domača asociacija. Geo-

grafske variante je uveljavila predvsem fitocenološka skupina Biološkega inštituta Jovana Hadžija ZRC SAZU, ki se večinoma ukvarja s temeljnimi, teoretičnimi fitocenološkimi raziskavami.

Leta 1981 se je fitocenološka skupina Biroja za gozdarsko načrtovanje priključila Gozdarskemu inštitutu (Inštitutu za gozdno in lesno gospodarstvo). Tam so nadaljevali z vegetacijskim kartiranjem in raziskavami za gozdna gospodarstva ali za druga pomembna gospodarska načrtovanja na podlagi fitocenološke metode oziroma ekoloških rešitev. (SMOLE & KUTNAR 1997).

V osemdesetih in devetdesetih letih je število članov fitocenološke skupine Biološkega inštituta ZRC SAZU povečalo s prihodom A. Čarnija in I. Daksoblerja, pozneje so se pridružili še Aleksander Marinšek, Petra Košir, Urban Šilc in Igor Zelnik. Na Gozdarskem inštitutu Slovenije pa je bil ustanovljen Oddelek za gozdno ekologijo, ki ima danes trinajst sodelavcev (ANONYMUS 2017), med njimi se s fitocenološkimi raziskavami največ ukvarjata Lado Kutnar in Aleksander Marinšek.

Omeniti velja še, da so v sedemdesetih in osemdesetih letih na prošnjo Biološkega inštituta Jovana Hadžija ZRC SAZU aktivno sodelovali z raziskavami travniških in ruderalnih združb kolegi iz Botaničnega zavoda Zagrebškega vseučilišča akademik Stjepan Horvatić ter profesorja Ljerka Marković in Ljudevit Ilijanić. Bili so opora tedaj mlademu fitocnologu za negozdne združbe A. Seliškarju.

Po letu 1991 so z reformo gozdarskih služb v novo nastali državi Sloveniji naročila za ekološke vrednote gozdnih površin na podlagi fitocenologije usihala in dokončno usahnila. Poleg organizacijskih reform v gozdarstvu je temu botrovala še novejša evropska metodologija preučevanja habitatov oz. habitatnih tipov, ki se je pojavila že v osemdesetih letih prejšnjega stoletja. Habitatni so prostorsko zaključene enote ekosistema (BATIČ et al. 2011), ki so ohlapnejše od vsestransko ekološko natančneje opredeljene fitocenoze po srednjeevropski metodi. Zaradi poenostavljenosti je metoda habitatov za večino naročnikov na splošno sprejemljivejša, tako glede ustreznega znanja naročnikov kot po finančni strani. Pri tovrstnih raziskavah sodelujejo Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire Biotehniške fakultete, Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU, in občasno ustrezne lokalne in državne organizacije. Kljub tem usmeritvam fitocenološke raziskave niso zamrle, je pa zamrlo vegetacijsko kartiranje.

Slovenski fitocnologji so poleg domačega ozemlja raziskovali vegetacijo v sosednjih državah, oziroma prejšnjih jugoslovanskih republikah zaradi primerjav, in sicer na lastno pobudo, s povabilom ali prek meddr-

žavnih programov. M. Wraber je v Bosni preučeval kislobojne bukove gozdove. V. Tregubov vegetacijo v Maroku in Iranu. M. Zupančič in V. Žagar v Makedoniji, Črni gori, Bosni in Hercegovini ter na slovenskem etničnem ozemlju Italije smrekove in bukove gozdove. A. Čarni je sam ali s sodelavci raziskoval gozdno in negozdno vegetacijo v Makedoniji, Turčiji in Grčiji. L. Marinček in M. Zupančič sta s sodelovanjem italijanskega kolega in prijatelja Livia Poldinija ter avstrijskega kolega in prijatelja Kurta Zukrigla raziskovala alpski bukov gozd v treh deželah v obmejnem prostoru severozahodne Slovenije, severovzhodne Italije in jugovzhodne Avstrije.

Ko si ogledamo sedemdesetletne rezultate fitocenoloških raziskav v Sloveniji, povejmo, da ima za razvoj fitocenologije na Slovenskem nedvomno največ zaslug gozdarstvo, zlasti z naročili vegetacijsko-ekoloških elaboratov za gozdna gospodarstva. Naročila teh elaboratov so zaživela s prizadevanjem Ž. Koširja za uresničitev predpisa ustreznega ministrstva, da morajo biti gojitveni in gozdnogospodarski načrti utemeljeni na vegetacijsko-ekoloških elaboratih z vegetacijskimi kartami v merilu 1 : 10.000 (v določenih primerih 1 : 5.000 ali 1 : 25.000).

Rezultati fitocenoloških raziskav in kartiranja se zrcalijo v izdelavi treh vegetacijskih kart, in sicer v danes digitalizirani Gozdnovegetacijski karti Slovenije v merilu 1 : 100.000 Biroja za gozdarska načrtovanja oz. Gozdarskega inštituta Slovenije (TAVČAR et al. 2002, izdelana 1973?), v karti potencialne naravne vegetacije SFR Jugoslavije v merilu 1 : 1.000.000 Znanstvenega sveta vegetacijske karte Jugoslavije (1983-86), ki je bila izhodišče za karti naravne vegetacije Evrope (Karte der natürlichen Vegetation Europas) v merilih 1 : 2.500.000 in 1 : 10.000.000 (Bundesamt für Naturschutz, Bonn 2003), ter karte potencialne naravne vegetacije Slovenije v merilu 1 : 200.000 Biološkega inštituta Jovana Hadžija ZRC SAZU. V rokopisni obliki je še mnogo vegetacijskih kart v različnih merilih. Naj omenimo številne vegetacijske karte v merilu 1 : 10.000, ki so podlaga za številne vegetacijsko-ekološke elaborate namenjene za načrtovanje gojitvenih in urejevalnih ukrepov na ekološki osnovi.

Obdobje od sedemdesetih let do danes je znanstveno- in strokovno-publicistično najbogatejše in najuspešnejše. Znanstvene in strokovne razprave so prinesle mnoge novosti, ki niso pomembne le za nas, temveč tudi za vzhodnoalpsko-dinarsko območje in še širše za srednjeevropski prostor. Opisanih je mnogo novih sintaksonov, največ asociacij, pa tudi nižjih (subasociacij, variant) in višjih sinsistematskih stopenj (podzvez in zvez). Med mnogimi raziskovalci fitocnologji pri objavah v tem obdobju izstopajo M. Accetto, A. Čarni, I.

Dakskobler, M. Kaligarič, P. Košir, Ž. Košir, L. Kutnar, L. Marinček, A. Marinšek, M. Piskernik, A. Seliškar, U. Šilc, S. Škornik, T. Wraber, I. Zelnik, M. Zupančič. Imenovani in drugi raziskovalci — fitocenologi so v sedemdeset letnem obdobju objavili številne publika-

cije različnih bibliografskih enot od znanstvenih in strokovnih razprav do znanstvenih in strokovnih monografij ter elaboratov in poljudnoznanstvenih član- kov, kar je večinoma razvidno na spletnih straneh (COBISS).

LITERATURA

- ANONYMUS, 2017: *Rastemo z gozdom* (ur. Simončič, Režonja & Železnik). Silva Slovenica, Gozdarski inštitut Slovenije. Ljubljana. Zbornik ob 70. obletnici GIS.
- BATIČ, F., B. KOŠMRLJ-LEVAČIČ, A. MARTINČIČ, A. CIMERMAN, B. TURK, M. GOGALA, A. SELIŠKAR, A. ŠERCELJ & G. KOSI, 2011: *Botanični terminološki slovar*. Zbirka Slovarji. ZRC SAZU. Ljubljana.
- BORHIDI, A., 1963: *Die Zönologie des Verbandes Fagion illyricum*. Acta Botanica Academiae scientiarum Hungaricae. (Budapest) 9: 259–297.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1921: *Prinzipien einer Systematik der Pflanzengesellschaften auf floristischer Grundlage*. Jahrb. d. St. Call. naturw. Ges. Zürich.
- CVEK, S., 1955: *Opis gozdnih združb doline Kamniške Bistrice s posebnim ozirom na gozdnogojitveno problematiko*. Fakulteta za agronomijo in gozdarstvo. Ljubljana. (Rokopis).
- DU RIETZ, 1921: *Zur methodologischen Grundlage der modernen Pflanzensoziologie*. Wien.
- KOŠIR, Ž., 1975: *Rastlinstvo* (v Geološka in gozdnovegetacijska podoba. Gregorič V., J. Kalan & Ž. Košir, v Gozdovi na Slovenskem ur. C. Remic) Borec & Poslovno združenje gozdnogospodarskih organizacij (Ljubljana) 30–62.
- MARINČEK, L., I. PUNCER & M. ZUPANČIČ, 1972: *Razvojna pota preučevanja in kartiranja vegetacije Slovenije*. Gozdarski vestnik (Ljubljana) 30 (5–6): 153–166.
- MATUSZKIEWICZ, W. & A. MATUSZKIEWICZ, 1981: *Das Prinzip der mehrdimensionalen Gliederung der Vegetationseinheiten, erläutert am Beispiel der Eichen-Hainbuchenwälder in Polen*. V: Dierschke, H. (ur.): Synataxonomie. Ber. Int. Symp. Int. Vereinig. Vegetationsk. Rinteln 1980: 123–148. Vaduz.
- OBERDORFER, E., 1957: *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. Pflanzensoziologie 10. Jena.
- PETKOVŠEK, V., 1934: *Braun-Blanquet ali Du Rietz? Primerjanje in presoja dveh evropskih fitocenoloških šol*. Ljubljana (manuskript).
- SMOLE, I. & L. KUTNAR, 1997: *Fitocenologija v polstoletni zgodovini Gozdarskega inštituta Slovenije (GIS)*. Znanje za gozd ob 50. obletnici obstoja in delovanja GIS. Ljubljana.
- TAVČAR, I., L. KUTNAR & T. KRALJ, 2002: *Digitalizacija gozdnovegetacijske karte Slovenije v M 1:100.000*. Gozdarski inštitut Slovenije. Ljubljana.
- TOMAŽIČ, G., 1940: *Asociacija borovih gozdov v Sloveniji. I. Bazofilni borovi gozdovi*. Razprave matemat. - prirod. razreda AZU (Ljubljana) 1: 77–120.
- TOMAŽIČ, G., 1942: *Asociacije borovih gozdov v Sloveniji. II. Acidofilni borovi gozdovi*. Razprave matemat. - prirod. razreda AZU (Ljubljana) 2: 161–240.
- TREGUBOV, V. & M. ČOKL (urednika), 1957: *Prebiralni gozdovi na Snežniku*. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo. Strokovna in znanstvena dela 4. Ljubljana.
- TREGUBOV, V. 1957a (ur.): *Elaborat za osnovo gojitvenega in melioracijskega načrta gozdov, gozdnih zemljišč in pašnikov za področje Zgornje savske doline*. Kranj.
- WRABER, M., 1955: *Tipi gozdne vegetacije na Pohorju*. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije. Ljubljana. (Tipkopis).
- WRABER, M., 1959: *Gozdna združba jelke in okroglistne lakote v Sloveniji (Galieto rotundifolii - Abietetum Wraber 1955)*. Prirodoslovno društvo v Ljubljani. Ljubljana.
- WRABER, M., 1961: *Termofilna združba gabrovca in omelike v Bohinju (Cytisantho - Ostryetum Wraber assoc. nova)*. Razprave IV. razreda SAZU (Ljubljana) 6: 7 - 50 + tab.
- WRABER, M., 1963: *Allgemeine Orientierungskarte der potentiellen natürlichen Vegetation im Slowenischen Küstenland (NW Jugoslawien) als Grundlage für die Wiederbewaldung der degradierten Karst- und Flyschgebiete*. Ber. Int. Symp. f. Vegetationskart 1959: 369–384, Weinheim.

- WRABER, M., 1963a: *Gozdna združba smreke in gozdne bekice v slovenskih Vzhodnih Alpah (Luzulo silvaticae- Piceetum Wraber 1953)*. Razprave IV. razreda SAZU (Ljubljana) 7: 79 - 175 + tab.
- ZUPANČIČ, M., L. MARINČEK, A. SELIŠKAR & I. PUNCER, 1987: *Considerations on the phytogeographic division of Slovenia*. Biogeographia 13. Biogeografija Alpi-Sud-Orientali (Udine): 89-98.
- ZUPANČIČ, M., & V. ŽAGAR, 1995: *New views about the phytogeographic division of Slovenia*, I. Razprave IV. razreda SAZU (Ljubljana) 36: 3-30.
- ZUPANČIČ, M., 1997: *Pregled fitocenoloških raziskav v Sloveniji*. Acta Biologica Slovenica (Ljubljana) 41 (2-3): 5-17.

SUMMARY

Forestry has been of great importance for the development of phytocenological science in Slovenia, having supported such research of forest areas in Slovenia. The research was and is still done according to the standard Central European, Zurich-Montpellier school. Some vegetation studies have also done according to Piskernik's „institutional method.“.

The first phytocoenological studies in Slovenia were already being performed between the two world wars. Of the then researchers, Gabrijel Tomažič stands out with a publication on pine forests and grasslands. Phytocenology made significant progress after World War II, with the founding of the Forestry Institute of Slovenia (GIS) and the forestry department of the then Faculty of Agronomy and Forestry. Those responsible were the pioneers of the profession, Gabrijel Tomažič, Maks Wraber and Vlado Tregubov. Until the 1960s, phytocoenological research was conducted under the auspices of the GIS and the Faculty of Forestry. After this period, two phytocoenological groups were formed: at the Forestry Planning Bureau (1961) and then at the then Institute of Biology SAZU (1962). The research was mostly carried out on forest management organization, as the established ecological basis for cultivation and management plans. Basic research was carried out in parallel, but to a lesser extent. During this period, a number of studies were prepared with vegetation maps, mostly to a scale of 1: 10,000. The rapid development of phytocoenological research enabled the realization of plans for a potential natural vegetation map of Yugoslavia (SAZU 1962) on a scale of 1: 1,000,000 and forest vegetation maps for the ecological evaluation of forest vegetation (Biro 1965, after 1975 GIS) on a scale of 1: 100,000. In addition to these

two maps, many younger phytocenologists came to maturity under the guidance of the three aforementioned pioneers and Stanko Cvek, Ignac Persoglio and Živko Košir. These were: Dušan Robič, Mitja Zupančič, Lojze Marinček and Ivo Puncer, and later Marko Accetto, Ivan Smole, Andrej Seliškar, Marja Zorn, Vinko Žagar, Marjan Šolar etc.

Education at the Faculty of Forestry was first provided by Gabrijel Tomažič, later Viktor Petkovšek, then Dušan Robič, Marko Accetto and today Andrej Rozman and Igor Dakskobler.

The period from the 1970s to the present has been the richest and most successful scientifically and in terms of scientific publications. Scientific and expert articles brought many innovations that are not only important for Slovenia but also for the Eastern Alpine-Dinaric region and, even more widely, for the Central European space. Many new syntaxons have been described, mostly of associations, but also lower ones (sub-associations, variants) and higher sinsystematic levels (sub-alliances and alliances). Among many phytocenology researchers with publications from this period are Marko Accetto, Andraž Čarni, Igor Dakskobler, Mitja Kaligarič, Petra Košir, Živko Košir, Lado Kutnar, Lojze Marinček, Aleksander Marinšek, Milan Piskernik, Andrej Seliškar, Urban Šilc, Sonja Škornik, Tone Wraber, Igor Zelnik, Mitja Zupančič.

After reform of the forestry services, there were ever fewer commissions for ecological evaluation of forest areas, until they finally dried up. A new methodology has emerged in Europe, focused on habitat types, which is less demanding, simplified and, therefore, more acceptable.

CORRIGENDUM

POPRAVEK

Tina UNUK^{1,*} & Tine GREBENC¹

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0036>

At the paper »Silver fir (*Abies alba* Mill.) ectomycorrhiza across its geographic areal – a review approach« (»Ektomikorizni simbionti bele jelke (*Abies alba* Mill.) na naravnem območju razširjenosti – pregled«), *Folia biologica et geologica* 58/1, 115–123, Ljubljana 2017, missing part should be added.

Pri članku »Silver fir (*Abies alba* Mill.) ectomycorrhiza across its geographic areal – a review approach« (»Ektomikorizni simbionti bele jelke (*Abies alba* Mill.) na naravnem območju razširjenosti – pregled«), *Folia biologica et geologica* 58/1, 115–123, Ljubljana 2017, je potrebno dodati pomotoma izpadli del.

ADDENDUM – DODATEK:

ACKNOWLEDGEMENT

The authors acknowledge the project (TU; No. of young researcher 38188) and Research programme No. P4-0107, »Forest biology, ecology and technology«, which

were financially supported by the Slovenian Research Agency. Preparation of the paper was co-financed by LIFE+ project LIFEGENMON (LIFE ENV/SI/000148).

ZAHVALA

Projekt Mladi raziskovalci (TU, št. raziskovalca: 38188) in Raziskovalni program št. P4-0107 »Gozdna biologija, ekologija in tehnologija« je sofinancirala Javna agencija

za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna. Pripravo prispevka je sofinanciral LIFE+ projekt LIFEGENMON (LIFE ENV/SI/000148).

¹ Slovenian Forestry Institute, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenia.

* email: tina.unuk@gozdis.si

NAVODILA AVTORJEM

Folia biologica et geologica so znanstvena revija IV. razreda SAZU za naravoslovne vede. Objavljajo naravoslovne znanstvene razprave in pregledne članke, ki se nanašajo predvsem na raziskave v našem etničnem območju Slovenije, pa tudi raziskave na območju Evrope in širše, ki so pomembne, potrebne ali primerljive za naša preučevanja.

1. ZNANSTVENA RAZPRAVA

Znanstvena razprava zajema celovit opis izvirne raziskave, ki vključuje teoretični pregled tematike, podrobno predstavlja rezultate z razpravo in zaključki ali sklepi in pregled citiranih avtorjev. V izjemnih primerih so namesto literaturnega pregleda dovoljeni viri, če to zahteva vsebina razprave.

Razprava naj ima klasično razčlenitev (uvod, material in metode, rezultati, diskusija z zaključki, zahvale, literatura idr.).

Dolžina razprave, vključno s tabelami, grafikoni, tablami, slikami ipd., praviloma ne sme presegati 2 avtorskih pol oziroma 30 strani tipkopisa. Zaželeno so razprave v obsegu ene avtorske pole oziroma do dvajset strani tipkopisa.

Razpravo ocenjujeta recenzenta, od katerih je eden praviloma član SAZU, drugi pa ustrezni tuji strokovnjak. Recenzente na predlog uredniškega odbora revije *Folia biologica et geologica* potrdi IV. razred SAZU.

Razprava gre v tisk, ko jo na predlog uredniškega odbora na seji sprejmeta IV. razred in predsedstvo SAZU.

2. PREGLEDNI ČLANEK

Pregledni članek objavljamo po posvetu uredniškega odbora z avtorjem. Na predlog uredniškega odbora ga sprejmeta IV. razred in predsedstvo SAZU. Članek naj praviloma obsega največ 3 avtorske pole (tj. do 50 tipkanih strani).

3. NOVOSTI

Revija objavlja krajše znanstveno zanimive in aktualne prispevke do 7000 znakov.

4. IZVIRNOST PRISPEVKA

Razprava oziroma članek, objavljen v reviji *Folia biologica et geologica*, ne sme biti predhodno objavljen v drugih revijah ali knjigah.

5. JEZIK

Razprava ali članek sta lahko pisana v slovenščini ali katerem od svetovnih jezikov. V slovenščini zlasti tedaj, če je tematika lokalnega značaja.

Prevod iz svetovnih jezikov in jezikovno lektoriranje oskrbi avtor prispevka, če ni v uredniškem odboru dogovorjeno drugače.

6. POVZETEK

Za razprave ali članke, pisane v slovenščini, mora biti povzetek v angleščini, za razprave ali članke v tujem jeziku ustrezen slovenski povzetek. Povzetek mora biti dovolj obširen, da je tematika jasno prikazana in razumljiva domačemu in tujemu bralcu. Dati mora informacijo o namenu, metodi, rezultatu in zaključkih. Okvirno naj povzetek zajema 10 do 20 % obsega razprave oziroma članka.

7. IZVLEČEK

Izveček mora podati jedrnatno informacijo o namenu in zaključkih razprave ali članka. Napisan mora biti v slovenskem in angleškem jeziku.

8. KLJUČNE BESEDE

Število ključnih besed naj ne presega 10 besed. Predstaviti morajo področje raziskave, podane v razpravi ali članku. Napisane morajo biti v slovenskem in angleškem jeziku.

9. NASLOV RAZPRAVE ALI ČLANKA

Naslov razprave ali članka naj bo kratek in razumljiv. Za naslovom sledi ime/imena avtorja/avtorjev (ime in priimek).

10. NASLOV AVTORJA/AVTORJEV

Pod ključnimi besedami spodaj je naslov avtorja/avtorjev, in sicer akademski naslov, ime, priimek, ustanova, mesto z oznako države in poštno številko, država, ali elektronski poštni naslov.

11. UVOD

Uvod se mora nanašati le na vsebino razprave ali članka.

12. ZAKLJUČKI ALI SKLEPI

Zaključki ali sklepi morajo vsebovati sintezo glavnih ugotovitev glede na zastavljena vprašanja in razrešujejo ali nakazujejo problem raziskave.

13. TABELE, TABLE, GRAFIKONI, SLIKE IPD.

Tabele, table, grafikoni, slike ipd. v razpravi ali članku naj bodo jasne, njihovo mesto mora biti nedvoumno označeno, njihovo število naj racionalno ustreza vsebini. Tabele, table, slike, ilustracije, grafikoni ipd. skupaj z naslovi naj bodo priloženi na posebnih listih. Če so slike v

digitalni obliki, morajo biti pripravljene u zapisu **.tiff** v barvni skali **CMYK** in resoluciji vsaj **300 DPI/inch**. Risanje slike pa v zapisu **.eps**.

Pri fitocenoloških tabelah se tam, kjer ni zastopana rastlinska vrsta, natisne pika.

14. LITERATURA IN VIRI

Uporabljeno literaturo citiramo med besedilom. Citirane avtorje pišemo v kapitelkah. Enega avtorja pišemo » (Priimek leto)« ali » (Priimek leto: strani)« ali »Priimek leto« [npr. (BUKRY 1974) ali (OBERDORFER 1979: 218) ali ... POLDINI (1991) ...]. Če citiramo več del istega avtorja, objavljenih v istem letu, posamezno delo označimo po abecednem redu »Priimek leto mala črka« [npr. ...HORVATIĆ (1963 a)... ali (HORVATIĆ 1963 b)]. Avtorjem z enakim priimkom dodamo pred priimkom prvo črko imena (npr. R. TUXEN ali J. TUXEN). Več avtorjev istega dela citiramo po naslednjih načelih: delo do treh avtorjev »Priimek, Priimek & Priimek leto: strani« [npr. (SHEARER, PAPIKE & SIMON 1984) ali PEARCE & CANN (1973: 290-300)...]. Če so več kot trije avtorji, citiramo »Priimek prvega avtorja et al. leto: strani« ali »Priimek prvega avtorja s sodelavci leto« [npr. NOLL et al. 1996: 590 ali ...MEUSEL s sodelavci (1965)].

Literaturo uredimo po abecednem redu. Imena avtorjev pišemo v kapitelkah:

– Razprava ali članek:

DAKSKOBLER, L., 1997: *Geografske variante asociacije Sesleria autumnalis-Fagetum (Ht.) M. Wraber ex Borhidi 1963*. Razprave IV razreda SAZU (Ljubljana) 38 (8): 165–255.

KAJFEŽ, L. & A. HOČEVAR, 1984: *Klima. Tlatvorni činitelji*. V D. Stepančič: *Komentar k listu Murska Sobota*. Osnovna pedološka karta SFRJ. Pedološka karta Slovenije 1:50.000 (Ljubljana): 7–9.

LE LOEUFF, J., E. BUFFEAUT, M. MARTIN & H. TONG, 1993: *Decouverte d'Hadrosauridae (Dinosauria, Ornithischia) dans le Maastrichtien des Corbieres (Aude, France)*. C. R. Acad. Sci. Paris, t. 316, Ser. II: 1023–1029.

– Knjiga:

GORTANI, L. & M. GORTANI, 1905: *Flora Friuliana*. Udine.

Če sta različna kraja založbe in tiskarne, se navaja kraj založbe.

– Elaborat ali poročilo:

PRUS, T., 1999: *Tla severne Istre*. Biotehniška fakulteta. Univerza v Ljubljani. Center za pedologijo in varstvo okolja. Oddelek za agronomijo. Ljubljana. (Elaborat, 10 str.).

– Atlasi, karte, načrti ipd.:

KLIMATOLOGIJA Slovenije 1988: Prvi zvezek: *Temperatura zraka 1951–1980*. Hidrometeorološki zavod SR Slovenije. Ljubljana.

LETNO poročilo meteorološke službe za leto 1957. Hidrometeorološki zavod SR Slovenije. Ljubljana.

Za vire veljajo enaka pravila kot za literaturo.

15. LATINSKA IMENA TAKSONOV

Latinska imena rodov, vrst in infraspecifičnih taksonov se pišejo kurzivno. V fitocenoloških razpravah ali člankih se vsi sintaksoni pišejo kurzivno.

16. FORMAT IN OBLIKA RAZPRAVE ALI ČLANKA

Članek naj bo pisan v formatu RTF z medvrstičnim razmikom 1,5 na A4 (DIN) formatu. Uredniku je treba oddati izvirnik in kopijo ter zapis na disketi 3,5 ali na CD-ROM-u. Tabele in slike so posebej priložene tekstu. Slike so lahko priložene kot datoteke na CD-ROM-u, za podrobnosti se vpraša uredništvo.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Folia biologica et geologica is a scientific periodical of the Classis IV: Natural history that publishes natural scientific proceedings and review articles referring mainly to researches in ethnic region of ours, and also in Europe and elsewhere being of importance, necessity and comparison to our researches.

1. SCIENTIFIC TREATISE

It is the entire description of novel research including the theoretical review of the subjects, presenting in detail the results, conclusions, and the survey of literature of the authors cited. In exceptional cases the survey of literature may be replaced by sources, if the purport requires it.

It should be composed in classic manner: introduction, material and methods, results, discussion with conclusions, acknowledgments, literature, etc.

The treatise should not be longer than 30 pages, including tables, graphs, figures and others. Much desired are treatises of 20 pages.

The treatises are reviewed by two reviewers, one of them being member of SASA as a rule, the other one a foreign expert.

The reviewers are confirmed by the Classis IV SASA upon the proposal of the editorial board of *Folia biologica et geologica*.

The treatise shall be printed when adopted upon the proposal of the editorial board by Classis IV and the Presidency SASA.

2. REVIEW ARTICLE

On consultation with the editorial board and the author, the review article shall be published. Classis IV and the Presidency SASA upon the proposal of the editorial board adopt it. It should not be longer than 50 pages.

3. NEWS

The periodical publishes short, scientifically relevant and topical articles up to 7000 characters in length.

4. NOVELTY OF THE CONTRIBUTION

The treatise or article ought not to be published previously in other periodicals or books.

5. LANGUAGE

The treatise or article may be written in one of world language and in Slovenian language especially when the subjects are of local character.

The author of the treatise or article provides the translation into Slovenian language and corresponding editing, unless otherwise agreed by the editorial board.

6. SUMMARY

When the treatise or article is written in Slovenian, the summary should be in English. When they are in foreign language, the summary should be in Slovenian. It should be so extensive that the subjects are clear and understandable to domestic and foreign reader. It should give the information about the intention, method, result, and conclusions of the treatise or article. It should not be longer than 10 to 20% of the treatise or article itself.

7. ABSTRACT

It should give concise information about the intention and conclusions of the treatise or article. It must be written in English and Slovenian.

8. KEY WORDS

The number of key words should not exceed 10 words. They must present the topic of the research in the treatise or article and written in English and Slovenian.

9. TITLE OF TREATISE OR ARTICLE

It should be short and understandable. It is followed by the name/names of the author/authors (name and surname).

10. ADDRESS OF AUTHOR/AUTHORS

The address of author/authors should be at the bottom of the page: academic title, name, surname, institution, town and state mark, post number, state, or e-mail of the author/authors.

11. INTRODUCTION

Its contents should refer to the purports of the treatise or article only.

12. CONCLUSIONS

Conclusions ought to include the synthesis of the main statements resolving or indicating the problems of the research.

13. TABLES, GRAPHS, FIGURES, ETC.

They should be clear, their place should be marked unambiguously, and the number of them must rationally respond to the purport itself. Tables, figures, illus-

trations, graphs, etc. should be added within separated sheets. In case that pictures in digital form, **TIFF** format and **CMYK** colour scale with **300 DPI/inch** resolution should be used. For drawn pictures, **EPS** format should be used.

In cases, when certain plant species are not represented, a dot should be always printed in phytocenologic tables.

14. LITERATURE AND SOURCES

The literature used is to be cited within the text. The citation of the authors is to be marked in capitals. One writes the single author as follows: "(Surname year)" or "(Surnameyear:pages)" or "Surnameyear" [(BUKRY 1974) or (OBERDORFER 1979: 218) or ... POLDINI (1991)...]. The works of the same author are to be cited in alphabetical order: "Surnameyear small letter" [...HORVATÍĆ (1963 a)... or (HORVATÍĆ (1963 b)]. The first letter of the author's name is to be added when the surname of several authors is the same (R. TUXEN or J. TUXEN). When there are two or three authors, the citation is to be as follows: "Surname, Surname & Surname year: pages" [(SHEARER, PAPIKE & SIMON 1984) or PEARCE & CANN (1973: 290-300)...]. When there are more than three authors, the citation is to be as follows: "Surname of the first one et al. year: pages" or "Surname of the first one with collaborators year" [NOLL et al. 1996: 590 or MEUSEL with collaborators (1965)].

The literature is to be cited in alphabetical order. The author's name is written in capitals as follows:

– Treatise or article:

DAKSKOBLER, L., 1997: *Geografske variante asociacije Seslerio autumnalis-Fagetum (Ht.) M. Wraber ex Borhidi 1963*. Razprave IV. Razreda SAZU (Ljubljana) 38 (8): 165-255.

KAJFEŽ, L. & A. HOČEVAR, 1984: *Klima. Tlatvorni činitelji*. V D. Stepančič: *Komentar k listu Murska Sobota*. Osnovna pedološka karta SFRJ. Pedološka karta Slovenije 1:50.000 (Ljubljana): 7–9.

LE LOEUFF, J., E. BUFFEAUT, M. MARTIN & H. TONG, 1993: *Découverte d'Hadrosauridae (Dinosauria, Ornithischia) dans le Maastrichtien des Corbieres (Aude, France)*. C. R. Acad. Sci. Paris, t. 316, Ser. II: 1023-1029.

– Book:

GORTANI, L. & M. GORTANI, 1905: *Flora Friuliana*. Udine.

In case that the location of publishing and printing are different, the location of publishing is quoted.

– Elaborate or report:

PRUS, T., 1999: *Tla severne Istre*. Biotehniška fakulteta. Univerza v Ljubljani. Center za pedologijo in varstvo okolja. Oddelek za agronomijo. Ljubljana. (Elaborat, 10 str.).

– Atlases, maps, plans, etc.:

KLIMATOLOGIJA Slovenije 1988: Prvi zvezek: *Temperatura zraka 1951-1980*. Hidrometeorološki zavod SR Slovenije. Ljubljana.

LETNO poročilo meteorološke službe za leto 1957. Hidrometeorološki zavod SR Slovenije. Ljubljana.

The same rules hold for sources.

15. LATIN NAMES OF TAXA

Latin names for order, series, and infraspecific taxa are to be written in italics. All syntaxa written in phytocoenological treatises or articles are to be in italics.

16. SIZE AND FORM OF THE TREATISE OR ARTICLE

The contribution should be written in RTF format, spacing lines 1.5 on A4 (DIN) size. The original and copy ought to be sent to the editor on diskette 3.5 or on CD-Rom. Tables and figures are to be added separately. Figures may be added as files on CD-Rom. The editorial board is to your disposal giving you detailed information.

17. THE TERM OF DELIVERY

The latest term to deliver your contribution is May 31.

FOLIA BIOLOGICA ET GEOLOGICA 58/2 - 2017
Slovenska akademija znanosti in umetnosti v Ljubljani

Grafična priprava za tisk
Medija grafično oblikovanje, d.o.o.

Tisk
Abo Grafika d.o.o.

Ljubljana
2017



VSEBINA / CONTENTS

RAZPRAVE / ESSAYS

Igor Dakskobler, Zvone Sadar & Andraž Čarni

Phytosociological analysis of *Quercus cerris* woods in the sub-Mediterranean phytogeographical region of Slovenia

Fitocenološka analiza gozdov cera (*Quercus cerris*) v submediteranskem fitogeografskem območju Slovenije

Mateja Germ, Zlata Luthar, Eva Tavčar Benkovič, Meiliang Zhou, Aleksandra Golob & Nina Kacjan Maršič

Fagopyrin and rutin concentration in seeds of common buckwheat plants treated with Se and I
Vsebnost fagopirina in rutina v semenih navadne ajde tretirane s selenom in jodom

Miha Knehtl & Mateja Germ

Vplivi obremenitev na združbe makrofitov in njihov pomen pri upravljanju z rečnimi ekosistemi
Impacts of stressors on macrophyte communities and their importance in river ecosystem management

Uroš Marolt, Gregor Božič, Andreja Ferreira, Gorazd Mlinšek & Robert Brus

Raziskava cemprina (*Pinus cembra* L.) na robnem vzhodnem območju Alp v Sloveniji
Research on the Swiss stone pine (*Pinus cembra* L.) on the easternmost edge of the Alps in Slovenia

Mitja Zupančič, Jože Skumavec, Andrej Rozman, Igor Dakskobler

New localities of *Buglossoides purpureoacerulea* (L.) I. M. Johnston in the Julian Alps (NW Slovenia)
Nova nahajališča vrste *Buglossoides purpureoacerulea* (L.) I. M. Johnston v Julijskih Alpah (severozahodna Slovenija)

Blanka Vombergar, Vida Škrabanja, Zlata Luthar & Mateja Germ

Izhodišča za raziskave učinkov flavonoidov, taninov in skupnih beljakovin v frakcijah zrn navadne ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench) in tatarske ajde (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.)
Starting points for the study of the effects of flavonoids, tannins and crude proteins in grain fractions of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.)

Fejzo Bašić, Mirha Đikić & Drena Gadžo

Appearance and spreading of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in Bosnia and Herzegovina

Pojavljanje in širjenje ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia* L.) v Bosni in Hercegovini

Aleksandra Golob

Značilnosti makrofitov in njihova vloga v vodnih ekosistemih
Characteristics of macrophytes and their role in aquatic ecosystems

Lea Lukšič & Mateja Germ

Selen v vodnih in kopenskih rastlinah
Selenium in water and in terrestrial plants

Mitja Zupančič

Fitocenologija v Sloveniji skozi čas
Phytocenology in Slovenia over time

Tina Unuk & Tine Grebenc

Corrigendum
Popravek