



FOLIA BIOLOGICA ET GEOLOGICA



59/2 · 2018

FOLIA BIOLOGICA ET GEOLOGICA

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

59/2
2018

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



LJUBLJANA 2018

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 17. oktobra 2017 in na seji predsedstva dne 14. novembra 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*.

© 2018, 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: Zibajoča plesalka v sredini s sledilko na njeni levi strani, ki potiska tipalnice v zadek plesalke. Foto: J. Božič

Cover photo: Wagglng dancer in the middle with the follower on her left side pushing its antennae into dancer's abdomen. Photo: J. Božič

VSEBINA CONTENTS

RAZPRAVE / ESSAYS

Janko Božič

- 5 Dancing with carniolan bee
- 5 Plešemo s kranjsko čebelo

Andrej Gogala

- 21 Threatened bee species of Europe in Slovenia
- 21 Ogrožene čebele Evrope v Sloveniji

Jožica Gričar

- 45 Biomass allocation shifts of *Fagus sylvatica* L. and *Pinus sylvestris* L. seedlings in response to temperature
- 45 Prerazporeditev biomase pri sadikah *Fagus sylvatica* L. in *Pinus sylvestris* L. kot odziv na temperaturo

Darja Kolar, Igor Virant, Samo Kreft

- 59 Vpliv agronomskih parametrov na gostoto in dolžino listnih rež pri ameriškem slamniku (*Echinacea purpurea* (L.) Moench)
- 59 The influence of agronomic parameters on the density and length of leaf stomata in purple coneflower (*Echinacea purpurea* (L.) Moench)

Anka Rudolf, Branko Vreš, & Igor Dakskobler

- 75 Sites of rare form of auricula (*Primula auricula* var. *tolminensis* nom. prov.) in the southern Julian Alps
- 75 Rastišča redke oblike lepega jegliča (*Primula auricula* var. *tolminensis* nom. prov.) v južnih Julijskih Alpah

Boris Sket & Gordan S. Karaman

- 93 Phylogenetic position of the genus *Chaetoniphargus* Karaman et Sket (Crustacea: Amphipoda: Niphargidae) from dinaric karst. An extreme case of homoplasy.
- 93 Filogenetski položaj rodu *Chaetoniphargus* Karaman et Sket (Crustacea: Amphipoda: Niphargidae) iz dinarskega krasa. Skrajni primer homoplazije.

Blanka Vombergar & Zlata Luthar

- 101 Raziskave vsebnosti flavonoidov, taninov in skupnih beljakovin v frakcijah zrn navadne ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench) in tatarske ajde (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.)
- 101 The concentration of flavonoids, tannins and crude proteins in grain fractions of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.)

Mitja Zupančič & Branko Vreš

- 159 Phythogeographic analysis of Slovenia
- 159 Fitogeografska oznaka Slovenije



Grb, ki ga je imela ACADEMIA OPEROSORUM LABACENSIVM (delovala je v letih 1693-1725), predhodnica Slovenske akademije znanosti in umetnosti. V ospredju grba so čebele in čebelnjak, ki simbolizirajo marljivost. Med, tudi ajdov med, je bil takrat ena najpomembnejših izvoznih dobrin slovenskih dežel.

Emblem of ACADEMIA OPEROSORUM LABACENSIVM (active in the years 1693-1725), a forerunner of the Slovenian Academy of Sciences and Arts. In foreground of the emblem are bee hive and honey-bees, symbol of diligence. Honey, including buckwheat honey, was in the time one of important export commodities of Slovenian countries.

DANCING WITH CARNIOLAN BEE

PLEŠEMO S KRANJSKO ČEBELO

Janko BOŽIČ¹

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0041>

ABSTRACT

Dancing with carniolan bee

Slovene heritage in beekeeping is based on knowledgeable bee management practice documented well in 18th century. Well described mating biology of honeybees was first detailed description of specific behavior of honeybees based on observation in well know subspecies of Carniolan bee. Later in 20th century special focus was on dance communication, which was described by VON FRISCH (1965) as a dance language. In the work alone it was not described as a special cognitive capability of the honeybees but rather instinctive highly specialized behavior pattern. From original work to nowadays many detailed studies of the dance communication were published and also used as a tool to study orientation and learning during foraging behavior. New concept have been involved, especially in sense of new views and methods in cognitive science. How much cognition is involved in foraging behavior of honeybees depends on how wide we accept definition of cognition.

Key words: *Apis mellifera carnica*, communication, waggle dance, recruitment, foraging, information transfer

IZVLEČEK

Plešemo s kranjsko čebelo

Slovenska čebelarska dediščina temelji na dobrem poznavanju čebelarske prakse, ki je bila dokumentirana že v 18. stoletju. Dobro opisana biologija parjenja medonosne čebele je bil prvi podroben opis posameznega vedenja medonosne čebele temelječe na opazovanjih dobro poznane podvrste kranjske čebele. Kasneje v 20. stoletju je bila posebna pozornost na plesnem sporazumevanju čebel, ki jo je opisal VON FRISCH (1965) kot čebelji jezik. V samem njegovem delu sicer ni bilo opisano kot posebna razumska zmožnost čebel ampak bolj kot močno usmerjen nagonski vedenjski vzorec. Od originalnega dela pa do danes je bilo objavljenih veliko podrobnih raziskav plesnega sporazumevanja in tudi uporabljeno kot orodje za raziskavo orientacije in učenja med pašnim vedenjem. Razvili so se novi koncepti, še posebej v smislu novih pogledov in metod v kognitivni znanosti. Koliko razuma je vključeno v pašno vedenje čebel je odvisno od tega, kako na široko sprejmemo definicijo razuma.

Ključne besede: *Apis mellifera carnica*, sporazumevanje, zibajoči ples, novačenje, paša, prenos informacije

¹ University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Biology, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, janko.bozic@bf.uni-lj.si

1 INTRODUCTION

Many researchers around the world use specifically Carniolan bee (*Apis mellifera carnica* Poll. 1879) for their research. These were more typically in the past when majority of bee research activities were in Europe, also pioneering research in dance communication in honeybees. Nowadays, scientist are using bee dance as a tool to learn more about biology, especially foraging behavior of honeybees (DYER 2002; CHITTKA 2004). We learned a lot about sensory capability, orien-

tation and learning of bees using observation of dancing bees and their attendance. Modern science is trying to dig into cognitive capability of the bees with the help of dancing behavior (MENZEL & GIURFA 2001; MENZEL 2012; CHITTKA 2017). These developments put under investigation basic questions about dance communication: What are mechanisms of information transfer? What kind of learning is involved and how is that combined with fixed behavior pattern? We will



Figure 1: Carniolan bee (*Apis mellifera carnica*) on flowers of *Hacquetia epipactis*, which is common spring flowering plant in beech forest in Slovenia and some neighboring geographic areas. This plant species from the family of Apiaceae got genus name from Balthasar Hacquet who worked together with Antonio Scopoli in Idria for few years from 1766. This picture symbolize early scientific reports about bees from homeland of Crniolan bee (photo: J. Božič). (<https://www.slovenska-biografija.si/oseba/sbi554298/#slovenski-biografski-leksikon>)

Slika 1: Kranjska čebela (*Apis mellifera carnica*) na cvetju tevja (*Hacquetia epipactis*), ki je običajna pomladi cvetoča rastlina bukovih gozdov Slovenije in nekaterih sosednjih geografskih območij. Ta rastlinska vrsta iz družine kobilnic (Apiaceae) je dobila rodovno ime po Baltasarju Hacquetu, ki je delal skupaj z Antonom Scopolijem v Idriji nekaj let od leta 1766. Slika simbolizira zgodnja znanstvena poročila o čebelah iz rodne dežele kranjske čebele (foto: J. Božič). (<https://www.slovenska-biografija.si/oseba/sbi554298/#slovenski-biografski-leksikon>)

start with historical involvement of Carniolan bee in behavior research, continue with pioneering work in dance communication, development of first controversy, modern studies of information transfer and potential developments of new controversies related with dance communication in honeybees and how to override it with fruitful scientific research.

Carniolan bee was the most frequent used subspecies in detailed behavior observations

Carniolan bee was spread around the world mainly from county Carniola of former Austria- Hungarian Imperium (later part of Yugoslavia and nowadays Slovenia) in second half of 19th and first half of 20th cen-

tury (GNILSAK 2003; ŠALEHAR & GREGORI 2011). Slovenian beekeepers were not known only because of interesting bees that they managed, but also for good beekeeping practice (GREGORI ET AL. 2003). In 18th century that was recognized by Austrian court, where Slovenian beekeeper Anton Janša started teaching beekeeping in established beekeeping school. He also wrote a book with details about honey bee colonies reproduction with emphasizes on management of swarming behavior (JANŠA 1771). There he described in detail also matting of queens outside of the hive with multiple drones during several mating flights of young queens before they start laying eggs. That was general knowledge (ŠALEHAR 2015). Even several years earlier was written by Scopoli (Figure 1) in his book *Entomologica Carniolica*, that queen is mated

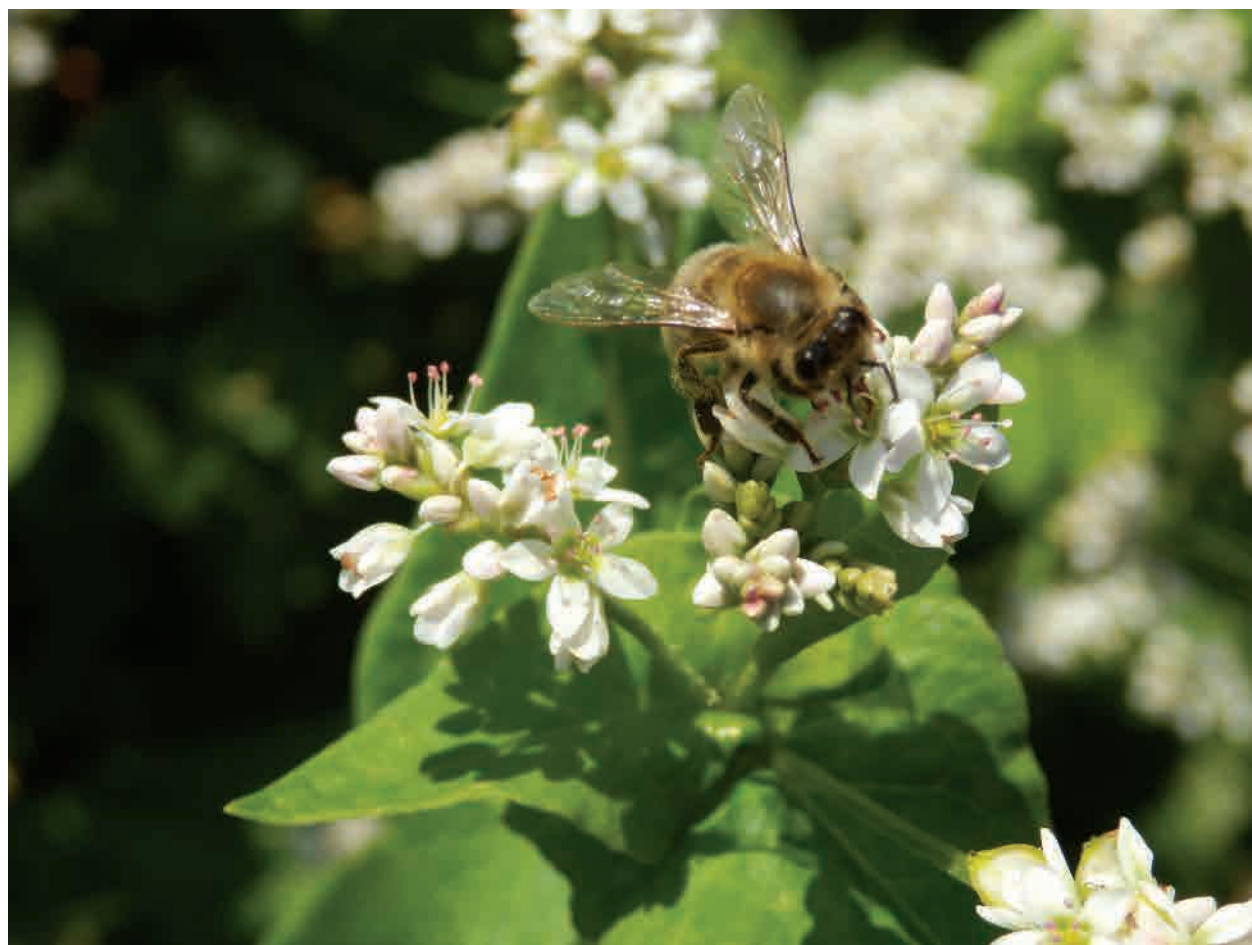


Figure 2: Carniolan bee on the buckwheat flower. Buckwheat was regular and wide spread pasture of late summer for honeybees in time of A. Scopoli and A. Janša. It enabled well developed overwintering colonies with well established honey stores, two important predispositions for good early spring bee colonies development (photo: J. Božič).

Slika 2: Kranjska čebela na cvetu ajde. Ajda je bila redna in razprostranjena paša čebel poznega poletja v času A. Scopolija in A. Janše. Omogočila je dober razvoj prezimovalnih družin z dobro oblikovanimi rezervami medu, dve ključni predpostavki za dober zgodnji pomladni razvoj čebeljih družin (foto: J. Božič).

in the air (SCOPOLI 1763). That experienced well documented beekeeping in 18th century (Figure 2) built up foundation for later development of massive breeding of Carniolan bees to sheep around the world bee swarms and queens. Carniolan bee become the second most frequent subspecies that is used in commer-

cial bee hives (CRANE 1990). In central and western Europe Carniolan bee replaced authentic dark bee *Apis mellifera mellifera* which led to the use of Carniolan bees in the most of the research performed in Europe regarding bee biology and especially bee behavior.

2 DANCE COMMUNICATION

Also Karl von Frisch started with Carniolans in Graz and continued latter also in Germany with the same subspecies studying intriguing behavior of foraging bees, which he latter described in detail and called it "Tanzsprache" (Dance language) (VON FRISCH 1965).

His laureated work with Nobel price (VON FRISCH 1974) introduced naming of behavior in a sense of better exception by general public and also to get more

attention also by scientific community. Basically it is communication behavior pattern, which codes information about direction and distance of the food source. Coding is not made in the sense of language but rather of linear adjustment of the few parameters of the fixed action patten based on the experience of the foraging bee. So it is better to name it dance communication then dance language (ROSIN 1978).

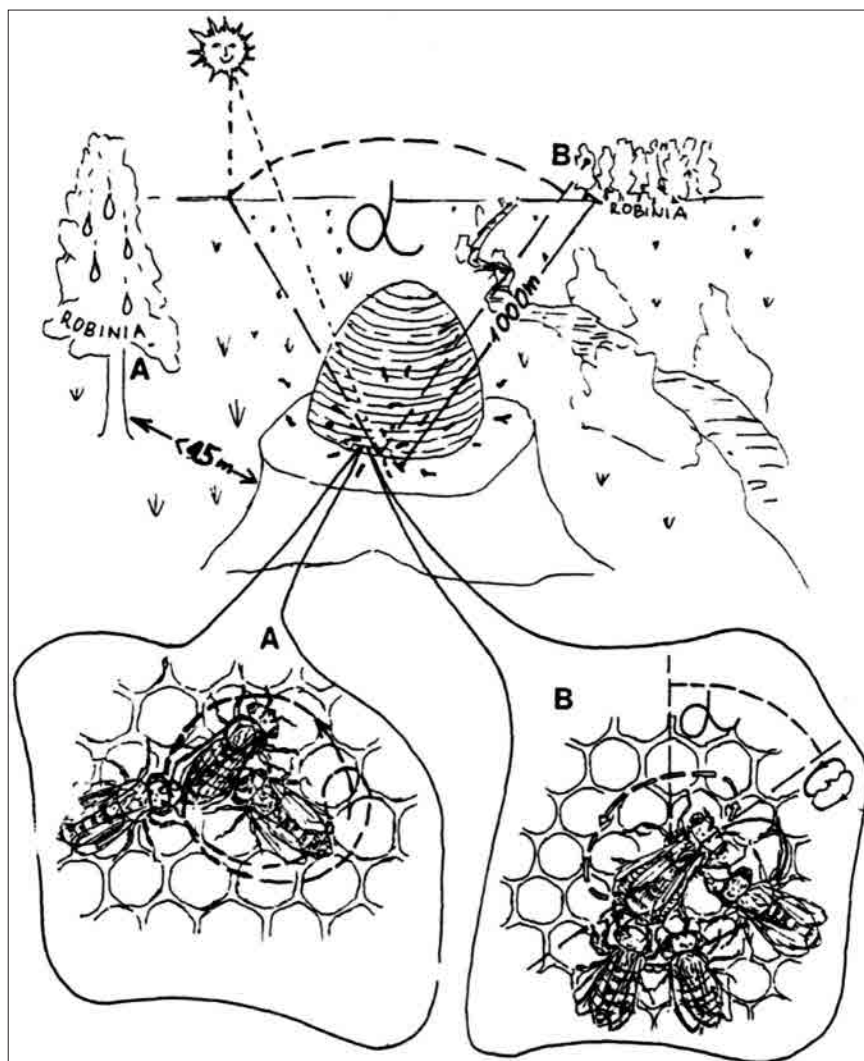


Figure 3: Two types of dances of foraging bees were originally described, round dance (A) and waggle dance (B) (von Frisch 1965). Drawing from (Božič 1988). Slika 3: Originalno sta bila opisana dva plesa pašnih čebel, krožni (A) in zibajoči ples (B) (von Frisch 1965). Risba iz (Božič 1988).

Von Frisch detailed description

It took one quarter of century to find out whole decoding value of dance behavior of foraging bees inside of the hive (VON FRISCH 1923; VON FRISCH 1946). Initial observations of dancing behavior related it to special excitement or arousal of foraging bees with no specific information content (BUTTEL-REEPEN 1915 in VON FRISCH 1965). It was soon noticed that circle dance is related to short distance of the source and waggle dance to long distance (VON FRISCH 1923). Later it has been recognized as a potential way to more efficiently spread olfactory signals related to the foraging site. Not earlier than in 1940's have been described potential coding of food source in the pattern of the dance behavior regarding to distance and direction (VON FRISCH 1946). Karl von Frisch recognized that orientation of the dancer's wagging path (waggle run) in figure eight pattern is related to the orientation of the food source from where she arrived (Figure 3). Coding is related to the angle between the food source and horizontal projection of the sun direction which is

translated into the angle between the waggle run and vertical direction on the comb in the dark hive (Figure 3). The distance has even simpler correlation, farther is the forage longer is waggle run. Waggle run can be also observed as number of waggles that are performed during the run and even whole dance cycle, waggle run plus return run to start new waggling can be related to the distance of forage (VON FRISCH 1965). It is important to note that return runs are going interchangeable to the left and right side of the direction of waggle run. This stereotype change in path could be important in establishing potential followers that are in the position to pick up dance information (Božič & VALENTINČIČ 1991, Figure 4). Further investigations of details in dance performance revealed some interesting differences between subspecies of *Apis mellifera* and also between different species of genus *Apis*. From the focus of this paper I'd like to point out some earlier observations that showed Carniolan bee (*A. mellifera carnica*) as most distant foraging tuned subspecies (VON FRISCH 1965). There has been recognized also the only existing difference between Carniolan bee and



Figure 4: Wagging dancer in the middle with the follower on her left side pushing its antennae into dancer's abdomen (photo: J. Božič).

Slika 4: Zibajoča plesalka v sredini s sledilko na njeni levi strani, ki potiska tipalnice v zadek plesalke (foto: J. Božič)

other subspecies in the change of circle dance into waggle dance. This uniqueness has been studied also genetically (JOHNSON ET AL. 2002). It looks like there exist genetic basis although exact gene involved in that is not known yet. One recent study of Carniolan and dwarf bee colonies arise some doubt in all studies of racial and species differences summarized in K.von Frisch book (SEN SARMA ET AL. 2004).

Emergence of controversy, olfactory hypothesis

Well documented research of waggle dance communication didn't completely convinced the whole research community. There had been developed alternative hypothesis for recruitment of bees. Adrian Wenner was the leader in opponent research and clearly demonstrated that bees can be well recruited by olfactory signals alone (WENNER ET AL. 1969; MUNZ 2005). With his help and involvement of some philosophers waggle dance communication become a key example how scientific controversy develops and how hard is to resolve it (ROSIN 1978; WENNER & WELLS 1990). One of the most important obstacle in researchers thinking is postulating teleological hypothesis. In fact most reports started with preposition that dance communication is working and enable information transfer about reported sources. Among hundreds of scientific papers are only few that are actually experimentally testing recruitment success of the bees that came into position to pick up dance information (WENNER ET AL. 1967; MAUTZ 1971; GOULD 1975a; GOULD 1975b; JUDD 1994; ABRAMSON & BOŽIČ 2004; TANNER & VISSCHER 2009). In all of them can be justified critics done by Wenner that olfactory hypothesis was not taken into account in the design of the experiment (WENNER ET AL. 1969). Most close to the proper experimental setup was Gould with the redirection of the followers by the dancer to different location that actually dancers danced (GOULD 1975a). That is possible if the dancers have covered ocelli which causes increase of threshold when the bees are oriented toward light source instead of gravitation on vertical comb. In that way dancers oriented their dances according to gravity but the followers recognize direction according to the light source, which was rotated for specific angle. Although ingeniously designed experiment from technical point of view missed proper control that would dismissed olfactory hypothesis experimentally tested by Wenner and coworkers. Such developments in research of dance communication results in statements that scientists write their believes even not thoughts about hypothesis (ROSIN 1978).

Searching additional modalities for information transfer

After partially resolved problem between Wenner's olfactory and von Frisch's dance language hypothesis (VADAS 1994; KIRCHNER & GRASSER 1998; MUNZ 2005), most of the research were further focused to potential channels for communication signals' transfer and orientation capabilities of the bees. Although many findings related to the orientation of the bees were well summarized by the von Frisch, it was not very clear how bees actually use sun compass during search of the food and successful returning into the hive. In 80's we got very detailed behavior model for sun compass in honeybees (ROSSEL & WEHNER 1986; CHENG & FREAS 2015). At that time were known more in detail also physiological background in polarized light detection by bees. One of the most significant finding is that bees must have internal compass that is aligned with the external polarized pattern. They can achieve that during circling in orientation phase of flight. This is one of the key finding that can help a lot in explaining of the recruitment behavior of the bees, which I will interpret latter in the manuscript. One of the most fruitful direction was study of the sounds produced by the waggle dancers. Although first observations of the dance sound were done by Esch (1961) and nearly at the same time by Wenner (1962) in a time of von Frisch preparation of the synthesis of dance language hypothesis. In the new wave of the sound research lead by Axel Michelsen made detailed description of the sound field around the dancer and even showed that bees could detect those signals in close approach (MICHELSEN ET AL. 1986; MICHELSEN ET AL. 1987; KIRCHNER ET AL. 1988). With mechanical robot bee they tried to recruit bees by artificial produced signals (MICHELSEN ET AL. 1992). They did get some recruits but in the view of Wenner's research bees were able to find the experimental location through olfactory cues. Researchers, fascinated by their results, hypothesized that sound is a main channel for dance signals transfer from the dancer to the potential recruits. In this case they count all bees in the dancer's vicinity as a potential recruits.

Details of behavior patterns around the dancer – clue to understanding of dance information transfer?

Meanwhile I studied behavior of all bees in the dancers surroundings and find out that we can clearly distinguish followers and attenders (BOŽIČ & VALENTINČIČ

1991). The follower has to move with the dancer at list two waggle runs and that is possible only in close approach which actually enables direct contacts by the vibrating and wagging dancer's abdomen. Also recruitment experiments showed that following is linked to the recruitment success, but it shouldn't be too long (ABRAMSON & BOŽIČ 2004). That means it is more likely that the recruit before final leaving of the hive, when was successful in finding communicated food source, followed fewer waggle runs in one attempt than during previous sessions inside of the hive. Around the dancers we can detect passing by bees with no special attention to the dancer's behavior, there could be occasional observers that are only once evoked to orient toward the dancer or better signals that she emits. There are attenders which stood around the dancer, typically at list one waggle run, oriented to the dancer, but hardly to be able to move along the dancer. These are potential followers that can jump into the dancer's vicinity and follow them for at list two waggle runs. We could say that there are typically two behavior patterns of the bees in the dance field, dancing and following. Dancing is performed by foragers after arrival into the hive. Not all foragers are dancing. There should be specific arousal due to quality of food source and stimulation of hive bees. During experiments on artificial feeders we can observe that a scout bee (first time forager) does not necessary dance

during the first arrival (ABRAMSON & BOŽIČ 2004). It can be observed that they can be even too much aroused. They are moving vigorously, exchanging food with the nestmates and do short shivering dance with no specifically oriented stereotypical pattern that is observed in waggle dance. Sometimes they stay in the hive for longer time but more often they leave it very soon and then they could perform waggle dance after next arrival. We could say that there should be specific level of arousal regarding forage quality that waggle dance can be initiated after touches of bees when the forager moves with specific tempo across the hive. After several visits arousal drops down below the threshold that enables stimulations by the hive bees to trigger waggle dance. They still share the food and immediately leave the hive. They are still well motivated for foraging activity. That is also indication of relative stable arousal for foraging activity. This classical ethological approach is missing more support from the neurophysiological data. There are recent attempts to identify neural networks that are involved in direction and distance information processing by the foraging bee (STONE ET AL. 2017). There have been observed some differences between dancers and followers in brain regions regarding biogenic amine contents and contents of their metabolites (BOŽIČ & WOODRING 1998; BARRON ET AL. 2007). From early results we could say that higher number and stronger correla-

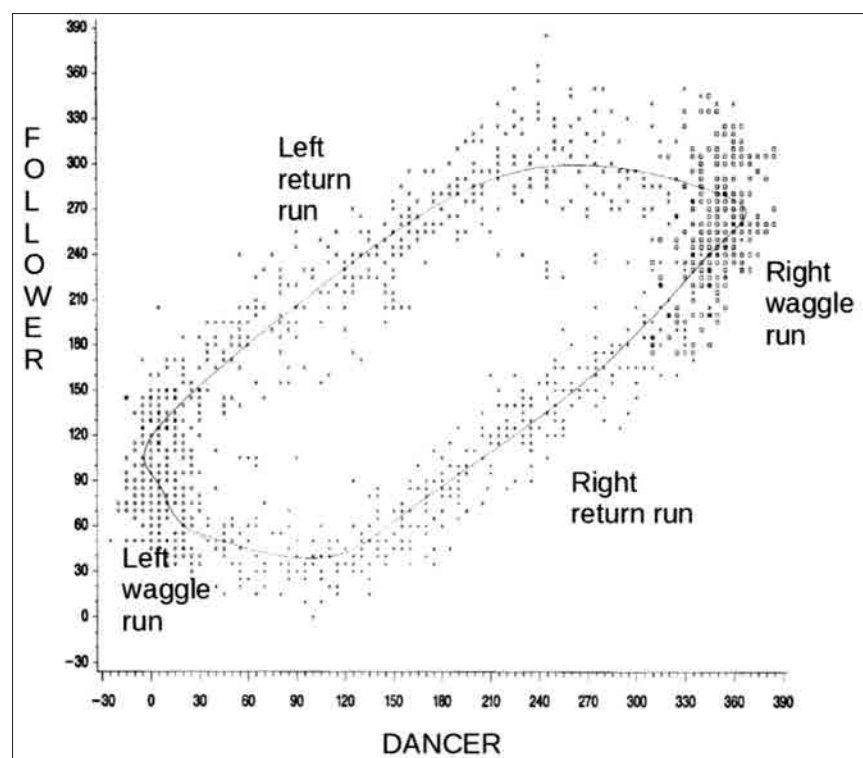


Figure 5: Dependence of follower's body angle from the orientation of the dancer's body through all phases of waggle dance. Polynomial regression line represents 9 dances observed with 14 followings and 2294 positions measured in the rate of 5/s. Adapted from (Božič 1992). Slika 5: Odvisnost kota položaja sledilke od orientacije telesa plesalke skozi vse faze zibajočega plesa. Polinomska regresijska linija predstavlja 9 opazovanih plesov s 14 sledenji in 2294 položajev izmerjenih s pogostostjo 5/s. Prilagojeno po (Božič 1992).

tions might be indicators of activation and coordination of specific neuronal networks in honeybee brain. Identification of these networks is difficult in direct way, because classical neurophysiological approach is hard to apply. That was very successful to learn a lot about learning in bees, where bees can be fixed, performed behavior experiment and also using electrodes for recording nerve signals and to label them (MENZEL & GIURFA 2001; MENZEL 2012). To get comparable data in free flying bees it is just time to come reality. More about that at the end.

I've just touch motivation as one of the classical ethological term that is used to describe ability of the animals to perform behavior patterns. Most often can be related hormonal regulation to the motivational states, at list as an import precondition that is needed that some kind of behavior orientation can be expressed. In case of honey bee foraging it has been shown that onset of foraging activity is related to higher levels of juvenile hormone (FAHRBACH & ROBINSON 1996). It was mainly recognized as a maturation factor that directs specific development of the honeybee brain. Part of this regulation is also maturation of subesophageal gland that starts producing enzyme alpha glucosidase for sucrose cleavage. Both can be observed using biochemical methods (radio-labeled synthesis rate of JH and enzyme test for subesophageal gland). It is interesting that there have been found indications that followers, potential recruits have JH synthesis rate in the range of foragers, but hive resting bees in much lower range (BOŽIČ & WOODRING 2000). That could be one indication that followers, future foragers have to be mature to be able to forage.

Recruitment success and recruitment dynamic, maturation and learning

Maturation enforced by JH might go enough fast that bees that starts attending and following of the dancers can be successful recruits on the next day. Also during the same day we might be able to observe active followers, even exiting the hive, but they are not making to the location communicated inside of the hive. In most of recruitment and related papers, researcher try to interpret unsuccessful flights as fail in message transfer (MAUTZ 1971; TAUTZ 1996; TANNER & VISSCHER 2009). For such experiments Wenner would use it as another proof for olfactory hypothesis. Although understanding that during experimentation most of the recruits are naive foragers (design of the experiments, e.g. marking bees at hive entrance) and not redirected existing foragers, we should take a note that they are

actually in the process of maturation into regular foragers. Similar processes have been observed in field crickets (STOUT ET AL. 1991). Also, if bees didn't forage for a while it might be redirected to some hive activities and has to be motivated again for foraging activity. This process needs some time. It might be directed to proper sensitivity of the neuronal networks which are involved in information transfer and food search. Another possible reason even for former forgers could be that bees are not just flying to communicated location, but they are actually searching new food site after stimulation inside of the hive. That also Wenner said and mentioned that followers after leaving of the hive are actually making circling flights similar to orientation flights during first flight outside of the hive (WENNER 1967). We did observe that as well and see that circling is typical behavior of the follower after leaving the hive (PLIBERŠEK 2002). What could that mean? Following of the dancer is instinctive behavior triggered after approach to the aroused forager inside of the hive. This behavior synchronization enables sharing olfactory stimuli from the dancer, which after some food sharing in the dance field can be interpreted as classical conditioning of the future forager, which can be interpreted as explicit learning of foraging signals (BITTERMAN ET AL. 1983). Along that the follower moves with the dancer which is most likely connected with some kind of latent learning of the forage direction and distance (Figure 5). The direction is somehow stored in latent learning memory, well connected with detection of sun compass (MENZEL ET AL. 2001; CAHILL ET AL. 2001). Roots of that might be searched even in solitary wasps, nesting inside of dark cavities, where they have to orient themselves based on gravitational fields to return to their nest where they store collected insects or spiders for future young (BROCKMANN 1980; ZEIL 1993; STÜRZL ET AL. 2016). They also do have well established orientation based on latent learning of objects near nest sites and most likely for longer foraging paths also connected with some compass. Gravitational orientation and sun compass orientation had been linked somehow during evolution of genus *Apis* (GOULD & TOWNE 1987; DORNHAUS & CHITTKA 1999). Newer view on evolution of genus *Apis* suggests that its development actually started with nesting in cavities and not outside and also regarding to that evolves waggle dance in genus *Apis* (KOTTHOFF ET AL. 2013), but that was not taken in account by newer reviewers (AVARGUÈS-WEBER ET AL. 2015; BARRON & PLATH 2017). Researchers mainly see waggle dance as food source locator, but evolutionary it might be even more important as a nest site locator than foraging site. If it evolved first really as a nest site locator would be intriguing

scientific hypothesis to solve. Distance information didn't seem to be so complicated as direction information. But, we can read in von Frisch book many environmental and even internal factors that effects generation of signals related to the distance (VON FRISCH 1965). Most of the research invoked explanation based on some kind energetic level, longer distance more energy is spent and different way of perception of that by bees. Already this early studies gave some hints that visual experience of the bees might play important part of the perception of distance. Detailed research decades later showed that actually use of some kind of visual odometer that is based on optic flow in visual field of the flying, even waking bees (SRINIVASAN ET AL. 1997; SRINIVASAN ET AL. 2000). That was successfully manipulated in the experiments providing different speed of visual feed around flying bees. As I suggested that direction is perceived with some kind of latent learning, also distance seems to be communicated in similar way.

Wenner was right that olfaction is a primer clue to find food source. Bees are conditioned to the smells of the brought food, not only due to touching the dancer, but also due to food exchange in the region of the comb where dances are performed. In general conditioned learning is accepted as explicit learning, which directly guide animals according to the conditioned signal to perform related behavior. In our case, foraging is a part of feeding behavior continued outside of the hive due to high excitement by signals brought by the foragers. If they find strong flow of specific smell learned inside of the hive they would choose that path as showed by Wenner (WENNER ET AL. 1969). But not always are available paths of smell. Bees could find valuable pasture also in the direction where winds are blowing and taking away from the hives specific smells of the pasture. So bees can't find a proper smell path and they are searching in front of the hives during circling wider and wider around the hive. Here can take part latent learned information about the direction. The bee is suddenly switched from circle type of flight in more or less straight flight at list for a while. My interpretation is that during the circling bees are scanning the sky and when the direction excitation in the field of internal e-vectors of polarized pattern aligned with latent "imprinted" direction during following the dancer that stops circling search and continues in straight search. We know that this is not perfectly straight flight. Occasionally bees do additional circling on the so called straight flight. That can be recognized through close dots from radar images of recruited bees (RILEY ET AL. 2005; LANDGRAF ET AL. 2018). Also in that case they might repeat searching

and are switched again in straight line. And how far are bees doing that? Here comes in play distance information. Distance information keeps enough high arousal for straight flight that it is possible to reach communicated site. Researchers observed that bees don't reach typically on first exit of hive communicated location (MAUTZ 1971; WENNER ET AL. 1991). As I already mentioned here can come in account maturation in our game of recruitment, but not only that, also a proper arousal of foraging neural pathways that bees are able to reach communicated distance. When bees finally reach the right distance they still search for the food, most likely mainly on olfactory cues, because they don't have other information about food site that might be released during performing dance in the hive. Perhaps existence of many different food smell around the dance field in the hive might make searching even tougher at the reached location. So, at the end we can say von Frisch was right, too, but only in a sense of communicating dance information but not in using language. That was argued already (ROSEN 1978) and seems pretty clear, although modern scientists still use the term language because it is better heard by general public? *Short conclusion could be that recruitment is based on conditionally learned olfactory signals that are searched outside of the hive. This instinctive searching behavior is guided in latent way by dance information obtained inside of the hive as described above.*

Subspecies specifics in dance code

Communication of the distance information is the only major difference that can be observed between subspecies inside of *Apis mellifera*. Comparisons of the waggle run time and related signals in dance pattern between different subspecies reveals that Carniolan bee is on one extreme side with the best steep curve of dependency regarding distance of communicated location (BOCH 1957). It is also interesting that two closely related subspecies Italian (*Apis mellifera ligustica*) and Carniolan (*Apis mellifera carnica*), have one of the largest differences. It is open question if that could be partial barrier for admixing of this two subpopulations of honeybees. In last century it was observed strong effect of Carniolan bee on population of Italian bees in Northern Italy (RÚA ET AL. 2009; MARINA D MEIXNER ET AL. 2009), but only minor in Slovenia as the closest neighbor with Carniolan bee, where we could expect similar effect of Italian bees on Slovene part of Carniolan bee population (SUŠNIK ET AL. 2004). In recent decades that can be explained with management of



Figure 6: Bees in the swarm, time for collective decision for new home location (Photo: J. Božič).
Slika 6: Čebele v roju, čas za skupinsko odločitev za novo lokacijo doma (Foto: J. Božič)

bees, special care in Slovenia for authentic population and no similar program in Northern Italy for Italian bee. Old reports about subspecies didn't report major mixed area (RUTTNER 1988; COMPARINI & BIASIOLO 1991). Perhaps minor differences in dance communication could lead to lower fitness in mixed colonies if they have some problems in communicating colony resources. Perhaps forage is not so critically as finding new nesting site during swarming (Figure 6). Colony in the swarm has to establish enough high quorum regarding new nesting site, before they are leaving temporal resting location close to mother site (JAYCOX & PARISE 1980; SEELEY & TOWNE 1992; SCHMIDT 1995; CAMAZINE ET AL. 1999; SEELEY & VISSCHER 2004; PASSINO & SEELEY 2006). It might be possible that departure of the swarm would be delayed if enough high quorum can not be achieved. Different translation of the distance information could result in wrong search location by the bees that try to re-find communicated new nest site. That means that bees could spent too much food reserve during the resting and searching and have worse possibilities to successfully start building new comb at new location. That bees could have problem with the departure as it was shown during observation of extreme situation when two swarms were mixed together during take off and were not able to establish straight flight to new location (personal observation). They sit down together on lower branch and tried to fly away again, but with no success. They

tried that several times but at the end, when was at the lowest branch, they were captured in a new hive. Since swarming is the unit of genetic reproduction in honeybees that could be one of the potential mechanism to achieve partial separations of the two populations, but that has to be experimentally verified. It has been shown that observed difference in waggle run that relates to the distance interpretation, change for circle run into waggle run is coded with one locus (RINDERER & BEAMAN 1995; JOHNSON ET AL. 2002). That doesn't necessary mean that that specific locus is directly related to the pattern of the dance but rather to the specific arousal of the neuron network that is involved in expression of waggle runs. Some research suggests that change from circling to waggling is not change from A to B behavior but rather continuum from simple circling to perfect waggle runs (KIRCHNER *et al.* 1988). That support idea that there might be only tiny genetic change that is related to the specific behavioral arousal as described above. Dance tempo related to the distance might define also geometric possibility for change from circle runs to waggle runs. What exactly is that genetic base we don't know yet, but it could be something common with observed other behavior differences between Italian and Carniolan bees as well typical difference in colorization of cuticle. All recent attempts were not able to find specific functional genomics difference between this two subspecies of honeybee.

3 PERSPECTIVES FOR FUTURE RESEARCH

Functional genetic difference is just one opened question that needs to be solved in future to find out what makes essential difference between two closely related subspecies of honeybees. Along with recognized more calm behavior of Carniolan bee, the dance pattern is one of more exact difference that can be checked between populations. Some recent research gave some clues, but more molecular mining is needed and experimental testing to solve that opened question. It might drag along some other not yet explained observed differences between respected subspecies of honeybees.

Signals' processing in the brain of honeybee is more clear than ever (DYER *et al.* 2011; MENZEL 2012; ZELLER *et al.* 2015; HELD *et al.* 2016; STONE *et al.* 2017). Although specific stereotyped patterns of signals have not been tested and that could be big adventure in future neurophysiology research in honeybee. Some progress can be done with new experiments with fixed

bees in the lab, but the key experiments is needed with free flying bees. In the past were some attempts to have mounted electronic devices on the back to monitor specific brain activity (PICKARD & WELBERRY 1976; BRILL ET AL. 2014). Miniaturization of electronic devices and use of radio-frequency identification technology (DE SOUZA ET AL. 2018; NUNES-SILVA ET AL. 2018), even building small computers inside of the tags on the thorax of the bee gives definitely new possibilities to monitor behavior during active flight (SULEIMAN ET AL. 2018). Classical behavior experiments are still welcome and it looks like researchers are not encouraged to repeat innovative experimental design to collect more data and especially in better controlled conditions. One of such experiment is Gould redirection of the recruits to different site that was actually reported by the dancers (difference in change to orient directly to light by followers and dancers) (GOULD 1975a). Additionally we need more quantitative docu-

mentation of searching behavior of the followers after leaving the hive (PLIBERŠEK 2002) and also some kind of manipulation of searching behavior using different foraging sites according to sun direction. In this review I propose that combined model from olfactory and dance language hypothesis is realistic and can be

improved with taking in account that new recruits need to mature for foraging as well to be properly aroused to fulfill needs regarding available energy for flight and capability to process efficiently information during searching of new forage after excited leave of the hive based on following the dancer.

4 REFERENCES

- ABRAMSON C. I. & BOŽIČ J., 2004: *Multiple search flights of the dancer's followers: result of information or energy deficiency*. *Apiacta* 38: 358–365.
- AVARGUÈS-WEBER A., LIHOREAU M., ISABEL G. & GIURFA M., 2015: *Information transfer beyond the waggle dance: observational learning in bees and flies*. *Frontiers in Ecology and Evolution* 3: a24. doi: 10.3389/fevo.2015.00024.
- BARRON A. B., MALESZKA R., MEER R. K. V. & ROBINSON G. E., 2007: *Octopamine modulates honey bee dance behavior*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104/5: 1703–1707. doi: 10.1073/pnas.0610506104.
- BARRON A. B. & PLATH J. A., 2017: *The evolution of honey bee dance communication: a mechanistic perspective*. *Journal of Experimental Biology* 220/23: 4339–4346. doi: 10.1242/jeb.142778.
- BITTERMAN M. E., MENZEL R., FIETZ A. & SCHÄFER S., 1983: *Classical conditioning of proboscis extension in honeybees (*Apis mellifera*)*. *Journal of Comparative Psychology* 97/2: 107–119. doi: 10.1037/0735-7036.97.2.107.
- BOCH R., 1957: *Rassenmässige Unterschiede bei den Tänzen der Honigbiene (*Apis mellifica* L.)*. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie* 40/3: 289–320. doi: 10.1007/BF00340572.
- BOŽIČ J., 1988: *Dogajanja med cebeljim plesom - analiza vedenja sledilke : diplomska naloga*. Ljubljana : [J. Bozic].
- BOŽIČ J., 1992: *Socialne interakcije pasnih čebel v panju : magistrska naloga = Social interactions of honeybees in hive*. Ljubljana : [J. Bozic].
- BOŽIČ J. & VALENTINČIČ T., 1991: *Attendants and followers of honey bee waggle dances*. *Journal of Apicultural Research* 30/3–4: 125–131. doi: 10.1080/00218839.1991.11101246.
- BOŽIČ J. & WOODRING J., 1998: *Variations of brain biogenic amines in mature honeybees and induction of recruitment behavior*. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular & Integrative Physiology* 120/4: 737–744.
- BOŽIČ J. & WOODRING J., 2000: *Variation in JH synthesis rate in mature honeybees and its possible role in reprogramming of hypopharyngeal gland function*. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology* 439/7: 163–164.
- BRILL M. F., REUTER M., RÖSSLER W. & STRUBE-BLOSS M. F., 2014: *Simultaneous Long-term Recordings at Two Neuronal Processing Stages in Behaving Honeybees*. *Journal of Visualized Experiments : JoVE* /89 doi: 10.3791/51750.
- BROCKMANN H. J., 1980: *Diversity in the Nesting Behavior of Mud-Daubers (*Trypoxylon politum* Say; Sphecidae)*. *The Florida Entomologist* 63/1: 53–64. doi: 10.2307/3494656.
- CAHILL L., MCGAUGH J. L. & WEINBERGER N. M., 2001: *The neurobiology of learning and memory: some reminders to remember*. *Trends in Neurosciences* 24/10: 578–581. doi: 10.1016/S0166-2236(00)01885-3.
- CAMAZINE S., VISSCHER P. K., FINLEY J. & VETTER R. S., 1999: *HOUSE-HUNTING BY HONEY BEE SWARMS: collective decisions and individual behaviors*. *Insectes Sociaux* 46/4: 348–360.
- CHENG K. & FREAS C. A., 2015: *Path integration, views, search, and matched filters: the contributions of Rüdiger Wehner to the study of orientation and navigation*. *Journal of Comparative Physiology A* 201/6: 517–532. doi: 10.1007/s00359-015-0984-9.
- CHITTKA L., 2004: *Dances as Windows into Insect Perception*. *PLOS Biology* 2/7: e216. doi: 10.1371/journal.pbio.0020216.
- ., 2017: *Bee cognition*. *Current Biology* 27/19: R1049–R1053. doi: 10.1016/j.cub.2017.08.008.
- COMPARINI A. & BIASIOLO A., 1991: *Genetic discrimination of Italian bee, *Apis mellifera ligustica* versus Carniolan bee, *Apis mellifera carnica* by allozyme variability analysis*. *Biochemical Systematics and Ecology* 19/3: 189–194. doi: 10.1016/0305-1978(91)90002-H.
- CRANE E., 1990: *Bees and beekeeping: science, practice and world resources*. *Bees and beekeeping: science, practice and world resources*. .

- DORNHAUS A. & CHITTKA L., 1999: *Insect behaviour: Evolutionary origins of bee dances*. Nature 401/6748: 38. doi: 10.1038/43372.
- DYER A. G., PAULK A. C. & RESER D. H., 2011: *Colour processing in complex environments: insights from the visual system of bees*. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 278/1707: 952–959. doi: 10.1098/rspb.2010.2412.
- DYER F. C., 2002: *The Biology of the Dance Language*. Annual Review of Entomology 47/1: 917–949. doi: 10.1146/annurev.ento.47.091201.145306.
- ESCH H., 1961: *Über die Schallerzeugung beim Werbetanz der Honigbiene*. Zeitschrift für vergleichende Physiologie 45/1: 1–11. doi: 10.1007/BF00297754.
- FAHRBACH S. E. & ROBINSON G. E., 1996: *Juvenile Hormone, Behavioral Maturation, and Brain Structure in the Honey Bee*. Developmental Neuroscience 18/1–2: 102–114. doi: 10.1159/000111474.
- VON FRISCH K., 1923: *Über die "Sprache" der Bienen, eine tierpsychologische Untersuchung*. Zool Jb Physiol 40: 1–186.
- ., 1946: *Die Tänze der Bienen*. Oest. Zool. Z. 1/1/2: 1–48.
- ., 1965: *Tanzsprache und Orientierung der Bienen*. Berlin; Heidelberg; New York : Springer.
- ., 1974: *Decoding the Language of the Bee*. Science 185/4152: 663–668.
- GNILSAK I., 2003: *Kranjska cebela = The Carniolan bee : tradicija in dediscina v sodobnem cebelarstvu na Slovenskem = tradition and heritage in modern beekeeping in Slovenia : zbornik Cebelarskega muzeja*. Radovljica : Muzeji radovljiske občine.
- GOULD J. L., 1975a: *Honey Bee Recruitment: The Dance-Language Controversy*. Science 189/4204: 685–693.
- ., 1975b: *Communication of distance information by honey bees*. Journal of comparative physiology 104/2: 161–173. doi: 10.1007/BF01379457.
- GOULD J. L. & TOWNE W. F., 1987: *Evolution of the Dance Language*. The American Naturalist 130/3: 317–338. doi: 10.1086/284713.
- GREGORI J., POKLUKAR J., MIHELICH J. & STARMAN B., 2003: *The Carniolan bee (Apis mellifera carnica) in Slovenia : a gift to beekeepers of the world on the occasion of the Apimondia Congress in Ljubljana, Slovenia, 2003*. Lukovica : Beekeepers' Association of Slovenia.
- HELD M., BERZ A., HENSGEN R., MUENZ T. S., SCHOLL C., RÖSSLER W., HOMBERG U. & PFEIFFER K., 2016: *MICROGLOMERULAR SYNAPTIC COMPLEXES in the Sky-Compass Network of the Honeybee Connect Parallel Pathways from the Anterior Optic Tubercle to the Central Complex*. Frontiers in Behavioral Neuroscience 10 doi: 10.3389/fnbeh.2016.00186.
- JANŠA A., 1771: *Abhandlung vom Schwärmen der Bienen*. Wien : Gedruckt bey Joseph Kurzböck ...
- JAYCOX E. R. & PARISE S. G., 1980: *Homesite Selection by Italian Honey Bee Swarms, Apis mellifera ligustica (Hymenoptera: Apidae)*. Journal of the Kansas Entomological Society 53/1: 171–178.
- JOHNSON R. N., OLDROYD B. P., BARRON A. B. & CROZIER R. H., 2002: *Genetic Control of the Honey Bee (Apis mellifera) Dance Language: Segregating Dance Forms in a Backcrossed Colony*. Journal of Heredity 93/3: 170–173. doi: 10.1093/jhered/93.3.170.
- JUDD T. M., 1994: *The waggle dance of the honey bee: Which bees following a dancer successfully acquire the information?* Journal of Insect Behavior 8/3: 343–354. doi: 10.1007/BF01989363.
- KIRCHNER W. H. & GRASSER A., 1998: *The Significance of Odor Cues and Dance Language Information for the Food Search Behavior of Honeybees (Hymenoptera: Apidae)*. Journal of Insect Behavior 11/2: 169–178. doi: 10.1023/A:1021098405564.
- KIRCHNER W. H., LINDAUER M. & MICHELSEN A., 1988: *Honeybee dance communication*. Naturwissenschaften 75/12: 629–630. doi: 10.1007/BF00366482.
- KOTTHOFF U., WAPPLER T. & ENGEL M. S., 2013: *Greater past disparity and diversity hints at ancient migrations of European honey bee lineages into Africa and Asia*. Journal of Biogeography 40/10: 1832–1838. doi: 10.1111/jbi.12151.
- LANDGRAF T., BIERBACH D., KIRBACH A., CUSING R., OERTEL M., LEHMANN K., GREGGERS U., MENZEL R. & ROJAS R., 2018: *Dancing Honey bee Robot Elicits Dance-Following and Recruits Foragers*. arXiv:1803.07126 [cs]
- MARINA D MEIXNER, CECILIA COSTA, PER KRYGER, FANI HATJINA, MARIA BOUGA, EVGENIYA IVANOVA & RALPH BÜCHLER., 2009: *Conserving diversity and vitality for honey bee breeding*. Journal of Apicultural Research 2010/49(1): 85–92. doi: 10.3896/IBRA.1.49.1.12.
- MAUTZ D., 1971: *Der Kommunikationseffekt der Schwänzeltänze bei Apis mellifica carnica (Pollm.)*. Zeitschrift für vergleichende Physiologie 72/2: 197–220. doi: 10.1007/BF00297822.

- MENZEL R., 2012: *The honeybee as a model for understanding the basis of cognition*. Nature Reviews Neuroscience 13/11: 758–768. doi: 10.1038/nrn3357.
- MENZEL R. & GIURFA M., 2001: *Cognitive architecture of a mini-brain: the honeybee*. Trends in Cognitive Sciences 5/2: 62–71. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01601-6.
- MENZEL R., MANZ G., MENZEL R. & GREGGERS U., 2001: *Massed and Spaced Learning in Honeybees: The Role of CS, US, the Intertrial Interval, and the Test Interval*. Learning & Memory 8/4: 198–208. doi: 10.1101/lm.40001.
- MICHELSSEN A., ANDERSEN B. B., STORM J., KIRCHNER W. H. & LINDAUER M., 1992: *How honeybees perceive communication dances, studied by means of a mechanical model*. Behavioral Ecology and Sociobiology 30/3: 143–150. doi: 10.1007/BF00166696.
- MICHELSSEN A., KIRCHNER W. H. & LINDAUER M., 1986: *Sound and vibrational signals in the dance language of the honeybee, Apis mellifera*. Behavioral Ecology and Sociobiology 18/3: 207–212. doi: 10.1007/BF00290824.
- MICHELSSEN A., TOWNE W. F., KIRCHNER W. H. & KRYGER P., 1987: *The acoustic near field of a dancing honeybee*. Journal of Comparative Physiology A 161/5: 633–643. doi: 10.1007/BF00605005.
- MUNZ T., 2005: *The Bee Battles: Karl von Frisch, Adrian Wenner and the Honey Bee Dance Language Controversy*. Journal of the History of Biology 38/3: 535–570. doi: 10.1007/s10739-005-0552-1.
- NUNES-SILVA P., HRNCIR M., GUIMARÃES J. T. F., ARRUDA H., COSTA L., PESSIN G., SIQUEIRA J. O., DE SOUZA P. & IMPERATRIZ-FONSECA V. L., 2018: *Applications of RFID technology on the study of bees*. Insectes Sociaux doi: 10.1007/s00040-018-0660-5.
- PASSINO K. M. & SEELEY T. D., 2006: *Modeling and analysis of nest-site selection by honeybee swarms: the speed and accuracy trade-off*. Behavioral Ecology and Sociobiology 59/3: 427–442.
- PICKARD R. S. & WELBERRY T. R., 1976: *Printed circuit microelectrodes and their application to honeybee brain*. Journal of Experimental Biology 64/1: 39–44.
- PLIBERŠEK T., 2002: *Polet pasne cebele (Apis mellifera carnica) iz panja : diplomska naloga : univerzitetni studij = Flight of forager bee (Apis mellifera carnica) from the hive : graduation thesis : university studies*. Ljubljana : [T. Pliberšek].
- RILEY J. R., GREGGERS U., SMITH A. D., REYNOLDS D. R. & MENZEL R., 2005: *The flight paths of honeybees recruited by the waggle dance*. Nature 435/7039: 205–207. doi: 10.1038/nature03526.
- RINDERER T. & BEAMAN L., 1995: *Genic control of honey bee dance language dialect*. Theoretical and applied genetics 91/5: 727–732.
- ROSIN R., 1978: *The honey bee “language” controversy*. Journal of Theoretical Biology 72/4: 589–602. doi: 10.1016/0022-5193(78)90273-4.
- ROSSEL S. & WEHNER R., 1986: *Polarization vision in bees*. Nature 323/6084: 128–131. doi: 10.1038/323128a0.
- RÚA P. D. LA., JAFFÉ R., DALL’OLIO R., MUÑOZ I. & SERRANO J., 2009: *Biodiversity, conservation and current threats to European honeybees*. Apidologie 40/3: 263–284. doi: 10.1051/apido/2009027.
- RUTTNER F., 1988: *Biogeography and taxonomy of honeybees*. Biogeography and taxonomy of honeybees. .
- ŠALEHAR A., 2015: *Praha matice s troti v zraku, izvirno slovensko odkritje najstarejše kronološko urejene objave*. Ljubljana : samozal.
- ŠALEHAR A. & GREGORI J., 2011: *Obstoja pa ena pridna in utrjena čebela, taka je kranjska*. Ivančna Gorica; Brdo pri Lukovici : Regijska zveza Petra Pavla Glavarja ; Čebelarska zveza Slovenije, Javna svetovalna služba v čebelarstvu.
- SCHMIDT J. O., 1995: *Dispersal Distance and Direction of Reproductive European Honey Bee Swarms (Hymenoptera: Apidae)*. Journal of the Kansas Entomological Society 68/3: 320–325.
- SCOPLI G. A., 1763: *Ioannis Antonii Scopoli ... Entomologia Carniolica: exhibens insecta Carnioliae indigena et distributa in ordines, genera, species, varietates, methodo Linnaeana*. Vindobonae : typis Ioannis Thomae Trattner ...
- SEELEY T. D. & TOWNE W. F., 1992: *Tactics of dance choice in honey bees: do foragers compare dances?* Behavioral Ecology and Sociobiology 30/1: 59–69. doi: 10.1007/BF00168595.
- SEELEY T. D. & VISSCHER P. K., 2004: *Quorum sensing during nest-site selection by honeybee swarms*. Behavioral Ecology and Sociobiology 56/6: 594–601. doi: 10.1007/s00265-004-0814-5.
- SEN SARMA M., ESCH H. & TAUTZ J., 2004: *A comparison of the dance language in Apis mellifera carnica and Apis florea reveals striking similarities*. Journal of Comparative Physiology A 190/1: 49–53. doi: 10.1007/s00359-003-0470-7.
- DE SOUZA P., MARENDY P., BARBOSA K., BUDI S., HIRSCH P., NIKOLIC N., GUNTORPE T., PESSIN G., DAVIE A., DE SOUZA P., MARENDY P., BARBOSA K., BUDI S., HIRSCH P., NIKOLIC N., GUNTORPE T., PESSIN G. & DAVIE A., 2018: *Low-Cost Electronic Tagging System for Bee Monitoring*. Sensors 18/7: 2124. doi: 10.3390/s18072124.

- SRINIVASAN M. V., ZHANG S., ALTWEIN M. & TAUTZ J., 2000: *Honeybee Navigation: Nature and Calibration of the "Odometer."* *Science* 287/5454: 851–853. doi: 10.1126/science.287.5454.851.
- SRINIVASAN M., ZHANG S. & BIDWELL N., 1997: *Visually mediated odometry in honeybees.* *Journal of Experimental Biology* 200/19: 2513–2522.
- STONE T., WEBB B., ADDEN A., WEDDIG N. B., HONKANEN A., TEMPLIN R., WCISLO W., SCIMECA L., WARRANT E. & HEINZE S., 2017: *An Anatomically Constrained Model for Path Integration in the Bee Brain.* *Current Biology* 27/20: 3069–3085.e11. doi: 10.1016/j.cub.2017.08.052.
- STOUT J., ATKINS G. & ZACHARIAS D., 1991: *Regulation of cricket phonotaxis through hormonal control of the threshold of an identified auditory neuron.* *Journal of Comparative Physiology A* 169/6: 765–772. doi: 10.1007/BF00194904.
- STÜRZL W., ZEIL J., BOEDDEKER N. & HEMMI J. M., 2016: *How Wasps Acquire and Use Views for Homing.* *Current Biology* 26/4: 470–482. doi: 10.1016/j.cub.2015.12.052.
- SULEIMAN A., ZHANG Z., CARLONE L., KARAMAN S. & SZE V., 2018: *Navion: A Fully Integrated Energy-Efficient Visual-Inertial Odometry Accelerator for Autonomous Navigation of Nano Drones.* .
- SUŠNIK S., KOZMUS P., POKLUKAR J. & MEGLIČ V., 2004: *Molecular characterisation of indigenous Apis mellifera carnica in Slovenia.* *Apidologie* 35/6: 623–636. doi: 10.1051/apido:2004061.
- TANNER D. & VISSCHER K., 2009: *Does the body orientation of waggle dance followers affect the accuracy of recruitment?* *Apidologie* 40/1: 55–62. doi: 10.1051/apido:2008074.
- TAUTZ J., 1996: *Honeybee waggle dance: recruitment success depends on the dance floor.* *Journal of Experimental Biology* 199/6: 1375–1381.
- VADAS R. L., 1994: *The Anatomy of an Ecological Controversy: Honey-Bee Searching Behavior.* *Oikos* 69/1: 158–166. doi: 10.2307/3545297.
- WENNER A. M., 1962: *Sound production during the waggle dance of the honey bee.* *Animal Behaviour* 10/1–2: 79–95. doi: 10.1016/0003-3472(62)90135-5.
- ., 1967: *Honey Bees: Do They Use the Distance Information Contained in Their Dance Maneuver?* *Science* 155/3764: 847–849. doi: 10.1126/science.155.3764.847.
- WENNER A. M., MEADE D. E. & FRIESEN L. J., 1991: *Recruitment, Search Behavior, and Flight Ranges of Honey Bees.* *Integrative and Comparative Biology* 31/6: 768–782. doi: 10.1093/icb/31.6.768.
- WENNER A. M. & WELLS P. H., 1990: *Anatomy of a Controversy: The Question of a "language" Among Bees.* Columbia University Press, 399 p.
- WENNER A. M., WELLS P. H. & JOHNSON D. L., 1969: *Honey Bee Recruitment to Food Sources: Olfaction or Language?* *Science* 164/3875: 84–86. doi: 10.1126/science.164.3875.84.
- WENNER A. M., WELLS P. H. & ROHLF F. J., 1967: *An Analysis of the Waggle Dance and Recruitment in Honey Bees.* *Physiological Zoology* 40/4: 317–344.
- ZEIL J., 1993: *Orientation flights of solitary wasps (Cerceris; Sphecidae; Hymenoptera).* *Journal of Comparative Physiology A* 172/2: 207–222. doi: 10.1007/BF00189397.
- ZELLER M., HELD M., BENDER J., BERZ A., HEINLOTH T., HELLFRITZ T. & PFEIFFER K., 2015: *Transmedulla Neurons in the Sky Compass Network of the Honeybee (Apis mellifera) Are a Possible Site of Circadian Input.* *PLOS ONE* 10/12: e0143244. doi: 10.1371/journal.pone.0143244.

THREATENED BEE SPECIES OF EUROPE IN SLOVENIA

OGROŽENE ČEBELE EVROPE V SLOVENIJI

Andrej GOGALA¹

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0042>

ABSTRACT

Threatened bee species of Europe in Slovenia

Three Endangered, seven Vulnerable and 40 Near Threatened species from the European Red List of Bees were recorded in Slovenia. Their distribution in Slovenia is overviewed and the importance of local populations for their survival in Europe is evaluated. Among the Endangered species the Slovenian population of *Colletes graeffei* is important. The species has also its *locus typicus* in Slovenia. Interesting is the case of *Epeolus cruciger* which is very numerous in Slovenia due to transition to a secondary host, *Colletes hederæ*. Its other host, *Colletes succinctus*, is endangered in Slovenia.

Key words: European Red List, bees, Apiformes, Hymenoptera, fauna, Slovenia

IZVLEČEK

Ogrožene čebele Evrope v Sloveniji

Tri ogrožene, sedem ranljivih in 40 potencialno ogroženih vrst z Evropskega rdečega seznama čebel je bilo najdenih v Sloveniji. Podan je pregled razširjenosti teh vrst v Sloveniji in ocenjen pomen lokalnih populacij za njihovo preživetje v Evropi. Med ogroženimi vrstami je pomembna slovenska populacija vrste *Colletes graeffei*. Vrsta ima v Sloveniji tudi svoj *locus typicus*. Zanimiv je primer vrste *Epeolus cruciger*, ki je v Sloveniji zelo številna zaradi prehoda na drugega gostitelja, vrsto *Colletes hederæ*. Njen drugi gostitelj, *Colletes succinctus*, je v Sloveniji ogrožena vrsta.

Ključne besede: Evropski rdeči seznam, čebele, Apiformes, Hymenoptera, favna, Slovenija

¹ Prirodoslovni muzej Slovenije, Prešernova 20, p.p. 290, SI-1001 Ljubljana; agogala@pms-lj.si

1 INTRODUCTION

Bees are main pollinators in most terrestrial ecosystems as they depend on flowers for food of adults and larvae in their nests. In history, people have created favorable conditions for bees by cultivating meadows and pastures full of flowers where bees found their food and provided them nesting sites in wooden buildings and other structures. With intensification of agriculture only wind pollinated grasses remained in the meadows and concrete buildings do not offer nest opportunities. Pesticides often decimate the numbers of pollinators. The decline of pollinators means not only loss of biodiversity, but also a growing economic problem as many agricultural crops depend on pollination by bees and other insects. Many bee species have become rare and some of them are on the brink of extinction. In 2014 the International Union for Conservation of Nature (IUCN) prepared the European Red List of Bees, published by the European Commission (NIETO et al. 2014). It includes 1965 species native to Europe and 9.2% of them are considered threatened with extinction in Europe (9.1% in the 27 member states of the

European Union). More than half of the species, however, are classified as Data Deficient as there was not enough scientific information to evaluate their risk.

In the territory of Slovenia 563 species of bees were recorded (GOGALA 2014), 564 with the inclusion of the alien *Megachile sculpturalis* (GOGALA & ZADRAVEC 2018). We observed the decline of many species after extreme weather conditions, like frosts in spring after warm periods early in the year, when plants flowered too early for the bees to exploit them and heavy droughts in the summer when there was no food for the bees, or a very wet and cold summer in another year. An important problem in Slovenia for the maintenance of numerous bee species is also reforestation of abandoned pastures and other grasslands, especially in the Karst and other submediterranean areas (GOGALA 2016).

The aim of this overview is to find out if any of the threatened bee species on the regional European level, have strong local populations in Slovenia that could be important for their survival in Europe.

2 MATERIALS AND METHODS

Data on the presence and distribution of bee species in Slovenia are based on literature and specimens in the collection of the Slovenian Museum of Natural History in Ljubljana (PMSL), largely collected by the author. Documented sightings are also included, especially from the recent years. Localities are classified to UTM quadrants to avoid confusion with similarly named lo-

calities elsewhere. Altitude is given in meters above sea level.

Abbreviations:

leg. = legit / collected by

vid. = videt / seen by

Pl. = Planina / Shepherd's settlement in the mountain

Sv. = Sveti / St.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Threatened bee species of Europe in Slovenia: Endangered species

In Europe (as well as in EU) 46 species are classified as Endangered. Three of them have been found in Slovenia. *Locus typicus* of one of these is situated in Slovenia.

Colletes graeffei Alfken 1900

Species described from specimens collected in Tolmin, Slovenia, by Eduard Graeffe. It is distributed from Italy to Azerbaijan, known also from Austria, Slovakia, Czech republic, Hungary, Bulgaria, Croatia, Greece and Ukraine (SCHMID-EGGER & KUHLMANN 2008). It

collects pollen from *Allium* species; in Austria and Slovakia exclusively *Allium flavum*, in Slovenia and Italy *Allium pulchellum* (treated by some botanists as subspecies of *A. carinatum*, but both »subspecies« can be found in the same meadow and *Colletes graeffei* never visits *A. carinatum*) and in Ukraine *Allium walldsteinii* (OSYCHNIUK 1970).

The species is quite common at the edges of high karst plateaus of Trnovski gozd and Nanos and is occasionally distributed also in the Kras and other karst areas of South-Western Slovenia. It is also present in Polhograjsko hribovje (Polhov Gradec hills) in central Slovenia and was recorded in Rimske Toplice near



Fig. 1: *Colletes graeffei* female on *Allium pulchellum*.
Sl. 1: Samica vrste *Colletes graeffei* na lepem luku.

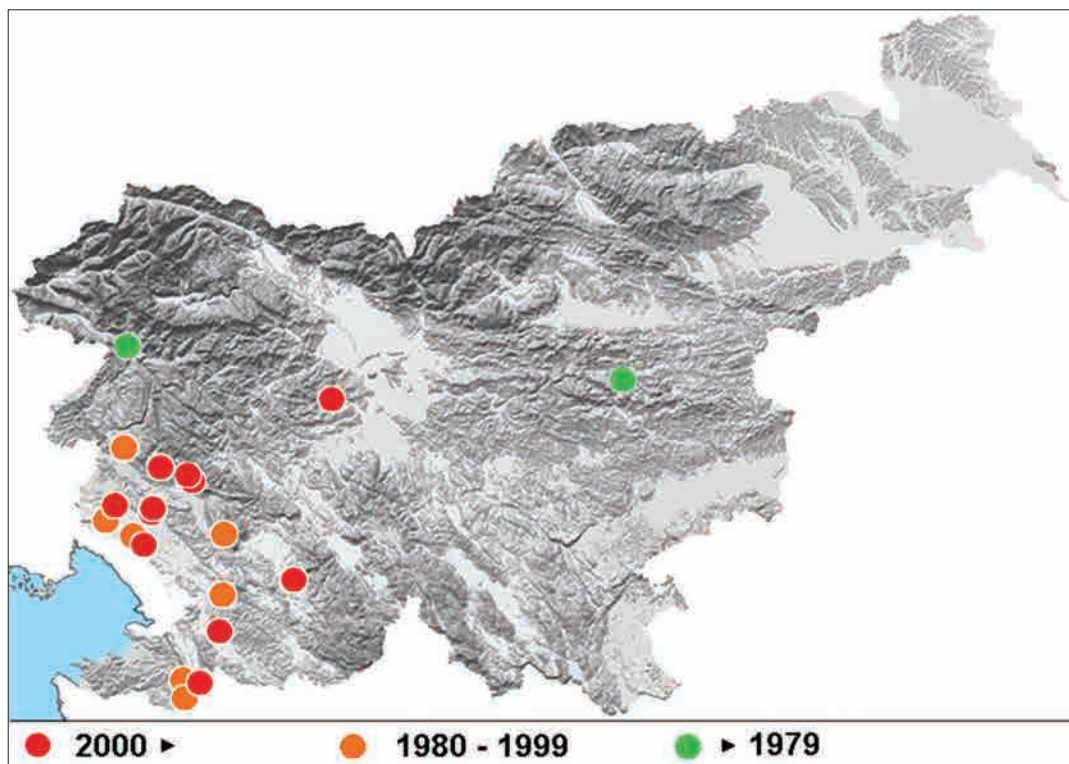


Fig. 2: The distribution of *Colletes graeffei* in Slovenia.
Sl. 2: Razširjenost vrste *Colletes graeffei* v Sloveniji.

Laško (NOSKIEWICZ 1936), the easternmost record from Slovenia. The population of Trnovski gozd (Trnovo forest) is the most stable and remains strong also in years when the species is not observed at other localities. It was found at altitudes from 250 to 1150 m, but most records are between 400 and 800 m a.s.l. *Colletes graeffei* was never recorded in the Pannonian lowlands of eastern Slovenia, so it seems there is no connection of the Slovenian population with the Pannonian population of Austria, Slovakia and Hungary, which exploits a different foodplant. *Allium flavum* is not known to occur in Slovenia (J. JOGAN, pers. comm.). Records from Slovenia:

GRAEFFE 1902: Tolmin; NOSKIEWICZ 1936: Tolmin 1♀1♂, Rimske Toplice 1♂; BARBATTINI et al. 2005: Tolmin 4♀1♂, coll. Gräffe
 Grgar, Ravnica, 400 m, UTM: UL99, 16. 8. 1997, 1♀, A. Gogala leg.
 Polhograjsko hribovje (Polhov Gradec hills): Grmada, 850 m, VM40, 6. 8. 1998, 1♀, A. Gogala leg., 7. 8. 2004, 1♀, A. Gogala vid.
 Vojščica, 300 m, UL97, 8. 8. 1999, 1♀, A. Gogala leg.
 Nanos: Šembijska bajta, 800 m, VL27, 10. 8. 1996, 1♂, A. Gogala leg.
 Zazid, Lipnik, 700 m, VL13, 26. 7. 2000, 1♂, A. Gogala leg.

Famlje, Školj, 400 m, VL25, 31. 7. 1998, 1♂, A. Gogala leg.
 Gračiče, Smokvica, 300 m, VL13, 5. 8. 1999, 1♂, A. Gogala leg.
 Trstelj, 600 m, UL97, 15. 8. 1999, 1♂, A. Gogala leg., 7. 8. 2010, 1♀1♂, A. Gogala vid., 2. 8. 2012, 1♀, A. Gogala vid.
 Trnovo, Sedovec, 600 m, VL09, 23. 8. 1997, 1♀1♂, photo A. Gogala
 Sočerga, Veli Badin, 350 m, VL13, 5. 8. 1999, 1♀, A. Gogala vid.
 Kregolišče, 250 m, VL07, 14. 8. 1999, 1♀, A. Gogala vid.
 Materija, Brezovica, 500 m, VL25, 26. 8. 2000, 1♀, A. Gogala vid.
 Pivka, Petelinjsko jezero (Petelinje lake), 550 m, VL46, 24. 7. 2001, 1♀, A. Gogala vid.
 Veliki Dol, 250 m, VL07, 13. 8. 2001, 1♀, A. Gogala vid.
 Lukovec, Rabotnica, 400 m, VL07, 14. 8. 2004, 1♀, A. Gogala vid.
 Čaven, Kucelj, 1150 m, VL08, 28. 8. 2004, 1♀, A. Gogala vid.
 Lukovec, Golec, 350 m, VL07, 6. 8. 2005, 1♀, A. Gogala vid., 5. 8. 2006, 1♀, A. Gogala vid.
 Lukovec, Poljska gora, 400 m, VL07, 15. 8. 2010, 1♀, A. Gogala vid.

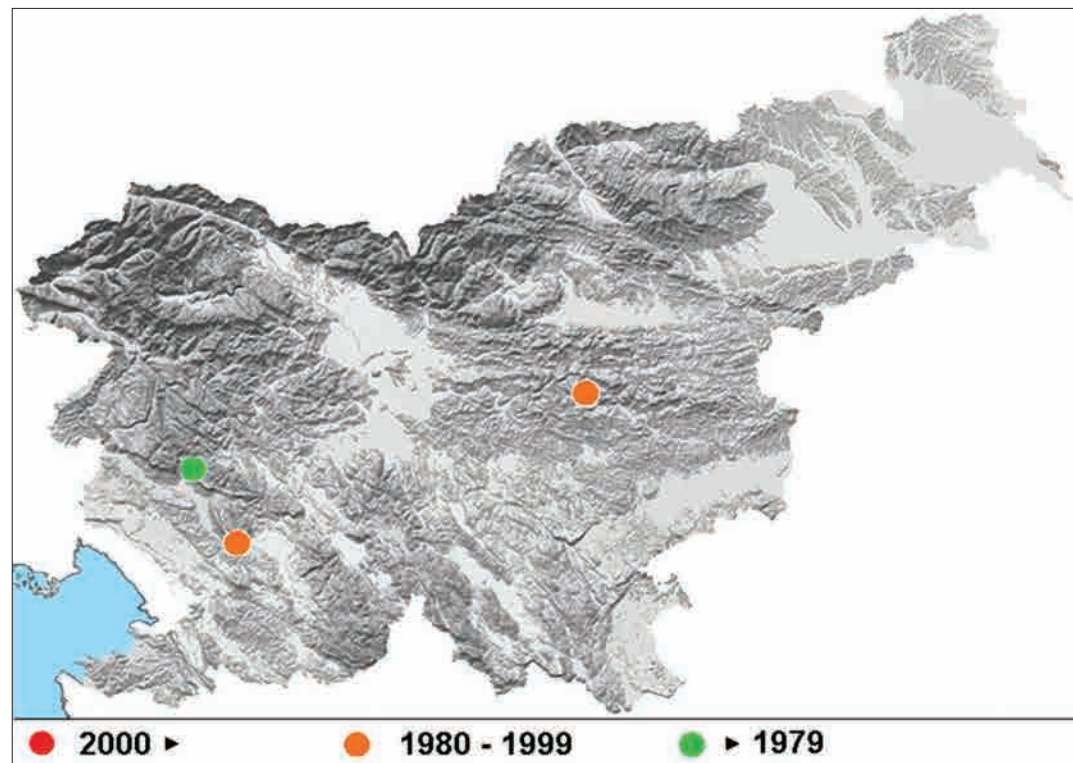


Fig. 3: The distribution of *Halictus carinthiacus* in Slovenia.
 Sl. 3: Razširjenost vrste *Halictus carinthiacus* v Sloveniji.

Kovk, Črne stene, 800 m, VL18, 28. 7. 2012, 1♀, A. Gogala vid.
 Otlica, 800 m, VL18, 25. 7. 2015, 1♀, A. Gogala vid.
 Otlica, Otliško okno, 800 m, VL18, 29. 7. 2017, 1♀, A. Gogala vid.

Halictus carinthiacus Blüthgen 1936

Halictus carinthiacus is endemic to Europe and is restricted to the Alps, predominantly to the beech forest zone of southern Alps: Austria, Croatia (mountain Učka in Istria), France, Italy, Slovenia and Switzerland (EBMER 1988). Its distribution is severely fragmented, and there is a continuing decline in the extent of occurrence, area of occupancy, quality of the habitat and number of mature individuals due to climate change, land use change and urbanisation (MICHEZ, NIETO & PAULY 2013).

The species was recorded at two widely separated areas in Slovenia: high karst plateaus of Trnovski gozd and Nanos in South-Western Slovenia (sub-Mediterranean region) and the mountain Kum in central Slovenia (pre-Alpine region). Only three males were collected and all records are from the 20th century.

Records from Slovenia:

EBMER 1988: Trnovski gozd, Ajdovščina, 800 m, 31. 7. 1972, 1♂, Ebmer leg.
 Nanos: Pleša, 1200 m, VL27, 25. 7. 1992, 1♂, A. Gogala leg.
 Kum, 1200 m, WM00, 26. 7. 1996, 1♂, A. Gogala leg.

Lasioglossum laeve (Kirby 1802)

Widely distributed from England and Spain to Ural, Israel and Iran, but rare, with scattered finds of single specimens only (EBMER 1988). Only one specimen was found in Slovenia, namely in the mountain Nanos in the nineties:

Nanos: Sv. Hieronim, 1000 m, VL27, 17. 7. 1993, 1♀, A. Gogala leg.

3.2 Vulnerable species

In Europe and EU 24 species are classified as Vulnerable and seven of them have been found in Slovenia.

Biastes truncatus (Nylander 1848)

In Slovenia *Biastes truncatus*, a cuckoo bee, was found together with its host, *Dufourea dentiventris*, in the mountains Nanos (sub-Mediterranean region) and Begunjščica in the Karavanke Mts. (Alpine region). An older specimen originates from Podčetrtek, where the other host, *Dufourea inermis*, was also collected by E. Jaeger. There are no recent records of *D. inermis* in Slovenia.

Records from Slovenia:

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 5. 8. 1945, 1♂, E. Jaeger leg.
 Nanos: Sv. Hieronim, VL27, 17. 7. 1993, 1♀, A. Gogala leg.
 Begunjščica, VM44, 3. 8. 1994, 1♂, A. Gogala leg.

Bombus confusus Schenck 1861

Only isolated single finds are known for Slovenia, but they belong to both subspecies.

Records from Slovenia:

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 27. 8. 1932, 1♂, E. Jaeger leg. (ssp. *confusus* Schenck).
 Metlika, WL25, 8. 5. 2002, 1♀, ssp. *paradoxus* (Dalla Torre 1882), A. Jenič leg. & coll.

Bombus gerstaeckeri Morawitz 1881

This oligolectic, on *Aconitum* specialised Alpine species is distributed in the Julian Alps, Karavanke and Kamnik–Savinja Alps in Slovenia.

Records from Slovenia:

BARBATTINI et al. 2007: Mangart, 4. 8. 1896 Bohinj, Pl. Vogar, VM12, 15. 9. 1935, 1♂, M. Hafner leg.
 Olševa, VM74, 12. 8. 1993, 1♀, A. Gogala leg.
 Bohinj: Ukanc, VM02, 21. 8. 1996, 1♀ on *Aconitum*, A. Gogala vid.
 Jezersko, Češka koča, Mrzla dolina, 1500 m, VM63, 25. 8. 2009, 1♂, photo A. Gogala

Bombus muscorum (Fabricius 1793)

Only a record from the Sečovlje salt-pans is known for Slovenia. The species was found there only once.

Record from Slovenia:

Sečovlje, Fontanigge, UL93, 24. 8. 1991, 1♀, A. Gogala leg.

Bombus pomorum (Panzer 1805)

The only record of this species for Slovenia is a specimen from Postojna in the Trieste museum.

Record from Slovenia:

BARBATTINI et al. 2007: Postojna, 4. 1927, 1♀, E. Stofla leg.

Colletes floralis Eversmann 1852

Only VOGRIN (1955) reported this species for Slovenia.

Record from Slovenia:

VOGRIN 1955: Kamnik, 5. 8.

Colletes fodiens (Geoffroy in Fourcroy 1785)

Colletes fodiens was once common on the gravel banks of the river Sava near Ljubljana, where it collected pollen primarily from *Tanacetum vulgare*. The



Fig. 4: *Bombus gerstaeckeri* male on *Aconitum*.
Sl. 4: Samec vrste *Bombus gerstaeckeri* na preobjedi.

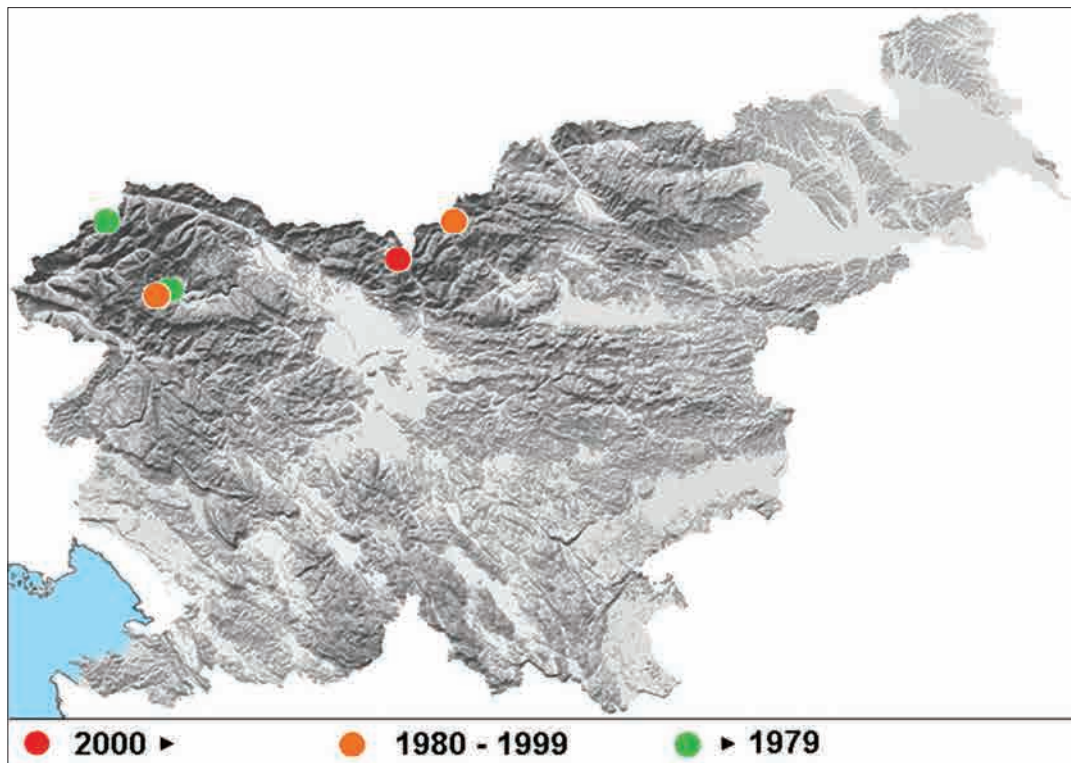


Fig. 5: The distribution of *Bombus gerstaeckeri* in Slovenia.
Sl. 5: Razširjenost vrste *Bombus gerstaeckeri* v Sloveniji

present situation is not known since the land was largely overgrown by introduced invasive plants or used as a landfill. The only other record is a sole specimen from Bevke in the Ljubljana moors.

Records from Slovenia:

Ljubljana, Črnuče, Jarški prod, VM60, 11. 8. 1993, 2♀2♂, A. Gogala leg., 6. 8. 2004, 1♀, A. Gogala vid., 10. 8. 2004, 1♂, A. Gogala leg.
Bevke, VL49, 5. 8. 1996, 1♀, A. Gogala leg.

3.3 Near threatened species

Bees in this category are officially not threatened with extinction yet, but they can become threatened soon if their living conditions worsen. In Europe and EU 101 species are classified as Near Threatened and 40 of them have been recorded in Slovenia.

Andrena fulvida Schenck 1853

Andrena fulvida was found in Podčetrtek in the

thirties, on banks of the Sava river near Ljubljana in the nineties and in the Iški Vintgar gorge in 2010.

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 15. 5. 1932, 1♂, 14. 6. 1932, 1♀, E. Jaeger leg.

Ljubljana, Črnuče, VM60, 15. 6. 1993, 3♀, A. Gogala leg., 6. 5. 1994, 1♀, A. Gogala leg.

Iški Vintgar: Vrbica, VL68, 8. 6. 2010 on *Hemerocallis lilioasphodelus*, 1♀, A. Gogala leg.

Andrena hattorfiana (Fabricius 1775)

This is a common, widely distributed species in Slovenia, recorded from all parts of the country. Its foodplants, *Knautia* spp., are still numerous.

Andrena ovatula (Kirby 1802)

Andrena ovatula was very numerous and distributed in all parts of Slovenia in the nineties, but then suddenly disappeared from most of its range. There is only one record after the year 2000, from the Brdo Estate near Kranj:

Kranj, Brdo, VM52, 8. 5. 2007, 1♂, A. Gogala leg.



Fig. 6: *Andrena hattorfiana* female on *Knautia illyrica*.
Sl. 6: Samica vrste *Andrena hattorfiana* na ilirskem grabljišču.

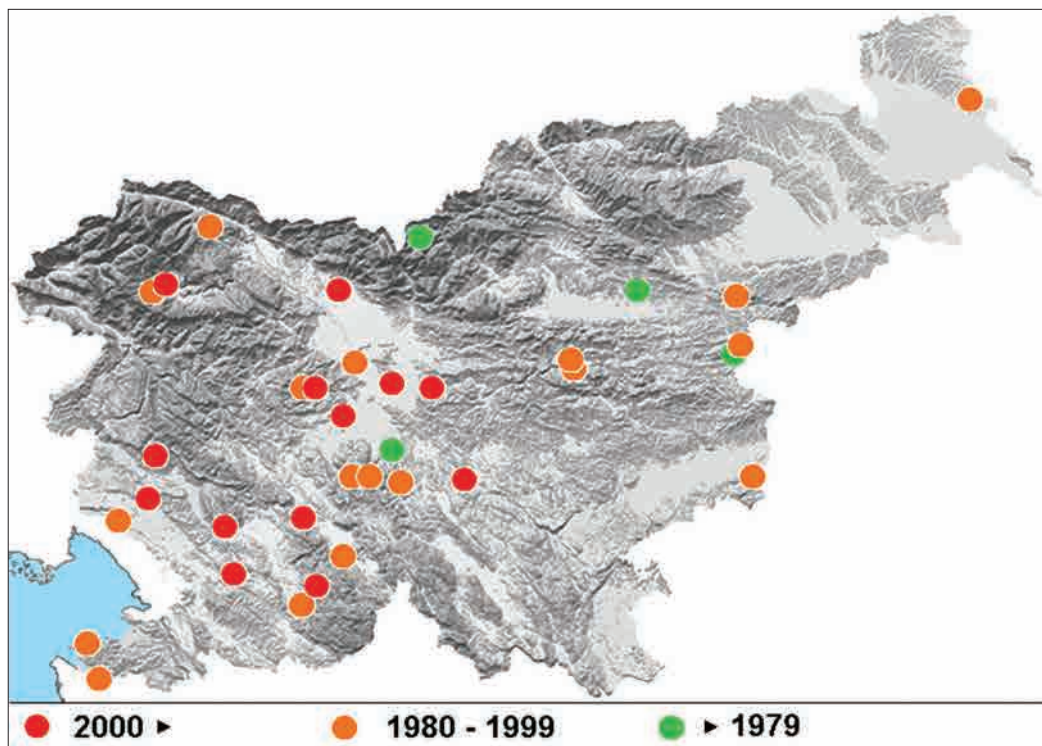


Fig. 7: The distribution of *Andrena hattorfiana* in Slovenia.
Sl. 7: Razširjenost vrste *Andrena hattorfiana* v Sloveniji.

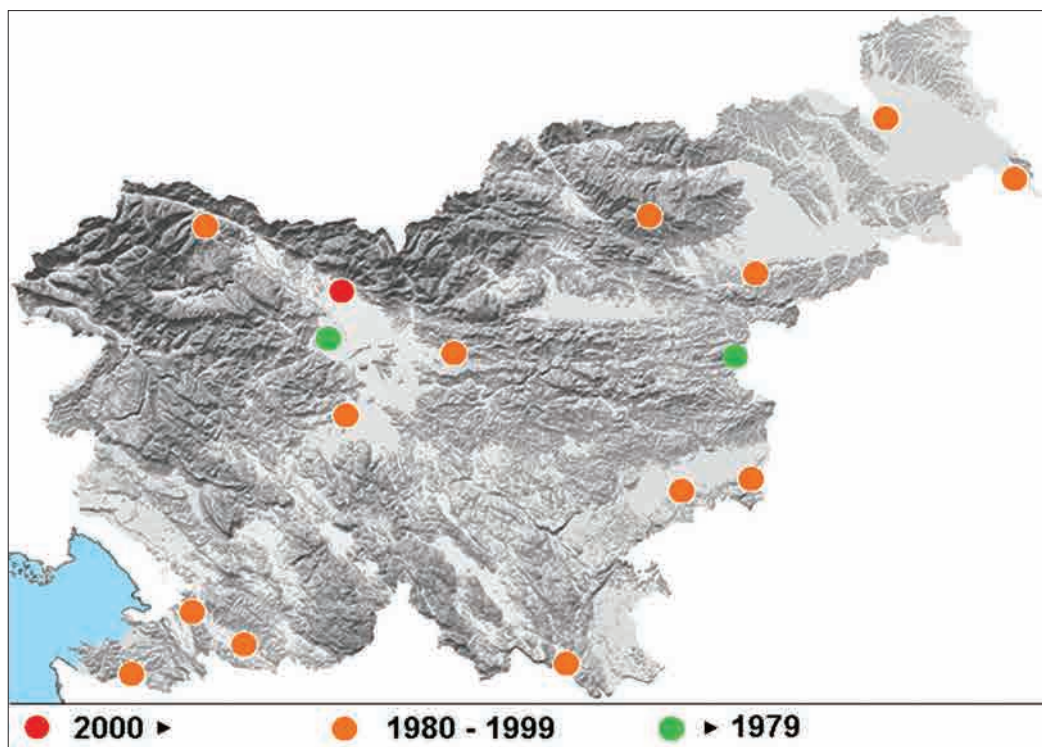


Fig. 8: The distribution of *Andrena ovatula* in Slovenia.
Sl. 8: Razširjenost vrste *Andrena ovatula* v Sloveniji.

Melitturga clavicornis (Latreille 1806)

Only one old record of this species in Slovenia exists:

GOGALA 1994: Maribor, WM55, 12. 7. 1921, 1♂, E. Jaeger leg.

Bombus mendax Gerstaecker 1869

Besides specimens in the Graeffe collection, which are without the locality data, the only record of the species is from the vicinity of Mt. Triglav in the Julian Alps.

BARBATTINI et al. 2007: Carniola, 2♀1♂, coll. Gräffe Triglav, Konjski preval, 2000 m, VM13, 7. 8. 1991, 1♀, A. Gogala leg.

Bombus mucidus Gerstaecker 1869

The species is distributed in the Karavanke Mts. and the Julian Alps.

Košuta: Pl. Šija, 1530 – 1800 m, VM44, 20. 8. 1991, 1♀, A. Gogala leg.

Golica, 1500 m, VM24, 12. 8. 1995, 1♀, A. Gogala leg., 21. 7. 2010, 1♀, A. Gogala vid., 23. 8. 2010, 1♀ on *Cirsium eriophorum*, A. Gogala vid.

Ratitovec, Razor, 1460 m, 28. 7. 2010, 1♀ on *Anthyllis vulneraria*, photo A. Gogala

Košuta: Pl. Dolga njiva, 1500 m, VM54, 4. 8. 2018, 1♀, A. Gogala leg.

Epeolus cruciger (Panzer 1799)

Epeolus cruciger is a very common cuckoo bee in the sub-Mediterranean region of Slovenia, where its host is *Colletes hederæ* Schmidt & Westrich 1993. It is regularly seen on the nest aggregations of this autumn species. *Colletes succinctus* (Linnaeus 1758) is not distributed in this part of Slovenia, the only place where *Epeolus cruciger* was found together with this host species is in Spodnji Brnik near Kranj. BOGUSCH & HADRAVA (2018) treat the informations about *Colletes hederæ* as a host of *E. cruciger* by AMIET et al. (2007) as not trustworthy. However, there is no doubt about this association in Slovenia. In western Mediterranean, *Colletes hederæ* is parasitized by *Epeolus fallax* Morawitz, which is not known in Slovenia (BOGUSCH & HADRAVA 2018).

Records from Slovenia:

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 10. 9. 1925, 1♀, E. Jaeger leg.

Brje pri Komnu, VL07, 29. 9. 1990, 1♀, A. Gogala leg., 31. 8. 1991, 1♂, A. Gogala leg.

Gorjansko, UL97, 1. 9. 1991, 1♀, A. Gogala leg., 7. 9. 1991, 1♀, A. Gogala leg.

Koštabona, Škrlina, VL03, 29. 6. 1993, 1♀, A. Gogala leg.

Sp. Brnik, VM62, 29. 8. 1993, 1♀1♂, A. Gogala leg.

Brestovica, UL97, 6. 9. 1992, 1♂, A. Gogala leg.

Hrastovlje, VL14, 5. 9. 1993, 1♂, A. Gogala leg.

Gorjansko, Vale, UL97, 27. 9. 1997, 1♀, A. Gogala vid.

Gračiče, Smokvica, VL13, 5. 8. 1999, 1♂, A. Gogala leg.

Boršt, dolina Dragonje (Dragonja valley), VL03, 24. 9. 1999, 1♀, A. Gogala leg.

Ravnje, Raša, dolina Raše (Raša valley), VL17, 30. 8. 2008, 1♀1♂, A. Gogala leg.

Stomaž, Sela, dolina Raše, VL16, 13. 9. 2009, 1♀, A. Gogala leg., 3. 9. 2016, 2 ex., A. Gogala vid.

Nomada argentata Herrich-Schäffer 1839

This species is regularly seen in Brje near Komen in the Kras (Karst) on *Scabiosa*, together with its host, *Andrena marginata* Fabricius 1776.

Brje pri Komnu, VL07, 14. 10. 1990, 1♀, A. Gogala leg., 13. 10. 1996, 1♀, A. Gogala leg., 31. 8. 2008, 2♂, A. Gogala leg., 1♀, photo A. Gogala, 6. 9. 2009, 1♂, photo A. Gogala, 1♀, A. Gogala vid., 2. 9. 2018, 1 ex. on *Scabiosa*, A. Gogala vid.

Nomada armata Herrich-Schäffer 1839

Like its host, *Andrena hattorfiana* (Fabricius), it is distributed in all parts of Slovenia.

Records from Slovenia:

GRÄFFE 1892: Gorica; GRAEFFE 1902: Gorica

ERLANDSSON 1991: Celje, Vojnik, WM22, 23. 6. 1961, 2♀

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 20. 6. 1932, 1♀, E. Jaeger leg.

Log, Lukovica, VL59, 10. 6. 1992, 1♀, A. Gogala leg., 28. 5. 1993, 1♀, A. Gogala leg.

Štatenberg, WM53, 15. 5. 1994, 1♀, A. Gogala leg.

Čezsoča, UM83, 2. 6. 1994, 1♀, A. Gogala leg.

Pl. Vogar, VM12, 7. 7. 1995, 1♀, A. Gogala leg.

Dragonja, UL93, 10. 6. 1997, 1♀, A. Gogala leg.

Vremščica, VL26, 5. 7. 1999, 1♀, A. Gogala leg., 4. 7. 1992, 1♀, A. Gogala leg.

M. Žablje, VL18, 23. 5. 1993, 2♂, A. Gogala leg.

Ljubljana, Črnuče, Jarški prod, VM60, 1. 6. 2005, 1♂, photo A. Gogala

Nanos, VL27, 1. 8. 2004, A. Gogala vid.

Nomada braunsiana Schmiedeknecht 1882

Found only once in the Kras (Karst):

Brje pri Komnu, VL07, 6. 6. 1993, 1♀, A. Gogala leg.

Nomada errans Lepeletier 1841

It was not rare in central Slovenia in the nineties, but present situation is not known.

Records from Slovenia:



Fig. 9: *Epeolus cruciger* female on the nest aggregation of *Colletes hederae*.
Sl. 9: Samica vrste *Epeolus cruciger* na gnezdišču vrste *Colletes hederae*.

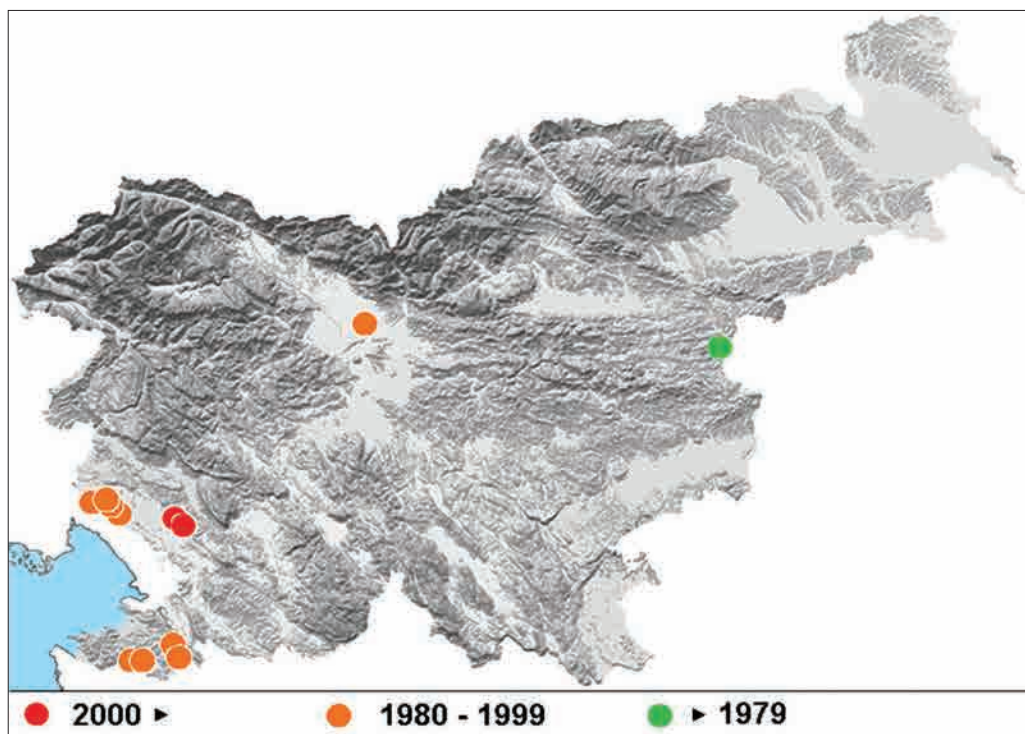


Fig. 10: The distribution of *Epeolus cruciger* in Slovenia.
Sl. 10: Razširjenost vrste *Epeolus cruciger* v Sloveniji.

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 16. 9. 1933, 1♀, E. Jaeger leg.
 Sorško polje, VM51, 14. 8. 1932, 1♂, M. Hafner leg.
 Log, Lukovica, VL59, 16. 7. 1991, 1♀, A. Gogala leg., 20. 7. 1991, 1♀, A. Gogala leg., 30. 7. 1991, 1♂, A. Gogala leg.
 Topol, Grmada, VM40, 1. 8. 1993, 1♀, A. Gogala leg.
 Rakitna, VL58, 27. 7. 1999, 1♀, A. Gogala leg.
 Brezovica pri Lj., VL59, 29. 7. 1991, 1♂, A. Gogala leg.

Nomada mutica Morawitz 1872

Was not rare in the nineties, but not recorded after the year 2000.

Records from Slovenia:

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 26. 4. 1934, 1♂, E. Jaeger leg.
 Brje pri Komnu, VL07, 1. 5. 1991, 1♀, A. Gogala leg.
 Gorjansko, UL97, 27. 4. 1992, 1♀, A. Gogala leg.
 Log, Lukovica, VL59, 6. 5. 1992, 1♀, A. Gogala leg., 4. 5. 1989, 1♀, photo A. Gogala
 Ozeljan, VL08, 22. 5. 1994, 1♂, A. Gogala leg.
 Cerknica, Dolenje Jezero, VL56, 9. 5. 1995, 1♂, A. Gogala leg.
 Gaberje, Koboli, VL17, 1. 5. 1995, 1♀, A. Gogala vid.

Nomada obtusifrons Nylander 1848

Found on Mt. Begunjščica in the Karavanke:
 Begunjščica, VM44, 3. 8. 1994, 4♀, A. Gogala leg.

Nomada opaca Alfken 1913

The more recent find is from the banks of the Sava river near Ljubljana.

Records from Slovenia:

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 15. 5. 1932, 1♂, E. Jaeger leg.
 Ljubljana, Črnuče, Jarški prod, VM60, 6. 5. 1994, 4♂, A. Gogala leg.

Nomada rhenana Morawitz 1872

Only an old record from Podčetrtek exists for Slovenia:

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 14. 6. 1932, 1♀, E. Jaeger leg.

Nomada symphyti Stoeckhert 1930

Although its host, *Andrena symphyti* Schmiedeknecht 1883, is widely distributed, only one male was found near Dobova:

Dobova, Mihalovec, WL58, 13. 5. 1994, 1♂, A. Gogala leg.

Nomada villosa Thomson 1870

Only an old record from Podčetrtek exists for Slovenia:

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 20. 6. 1932, 1♀, E. Jaeger leg.

Triepeolus tristis (Smith 1854)

It was recorded in the sub-Pannonian region of Slovenia together with its host, *Tetralonia malvae* (Rossi, 1790). It was found also at the coast in Sečovlje salt-pans where *Tetraloniella nana* (Morawitz 1873) was its host.

Records from Slovenia:

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 21. 8. 1930, 1♀, E. Jaeger leg.
 Sečovlje, Fontanigge, UL93, 30. 7. 1995, 1♀3♂, A. Gogala leg.
 Petišovci, XM15, 4. 8. 1995, 3♂, A. Gogala leg.
 Vonarje, WM41, 6. 8. 1996, 1♂, A. Gogala leg.

Colletes albomaculatus (Lucas 1849)

Only one specimen was found on an isolated limestone ground in the Dragonja valley in Istria.

Dragonja, Sv. Štefan, UL93, 31. 5. 1997, 1♀, A. Gogala leg.

Colletes succinctus (Linnaeus 1758)

Known from a few localities in central and east Slovenia. Recently the species has disappeared at least from part of its range. In 2018 I searched for it at the place near Spodnji Brnik, where a strong population existed in the nineties. It was not found, even *Calluna*, its foodplant, almost disappeared from the undergrowth, being replaced by other vegetation.

Records from Slovenia:

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 8. 9. 1932, 1♀, E. Jaeger leg.
 Sp. Brnik, VM62, 29. 8. 1993, 2♀, A. Gogala leg., 10. 8. 1993, 3♂, A. Gogala leg.
 Log, Lukovica, VL59, 31. 8. 1993, 1♂, A. Gogala leg.
 Vel. Račna, Radensko polje, VL78, 27. 8. 2011, 1♀1♂, photo A. Gogala

Dufourea dentiventris (Nylander 1848)

Widely distributed in the Alps and the mountains Nanos and Kum.

Records from Slovenia:

GOGALA 1994: Bohinj, VM12, 29. 7. 1932, 1♂, Jaeger leg.
 Nanos: Pleša, VL27, 25. 7. 1992, 2♀, A. Gogala leg.
 Nanos: Sv. Hieronim, VL27, 25. 7. 1992, 3♂, A. Gogala leg., 30. 7. 2004, 1♀, photo A. Gogala, 9. 8. 1997, 1♀1♂, A. Gogala vid.
 Nanos: Sv. Hieronim – Pleša, VL27, 4. 7. 1998, 1♀, A. Gogala leg.
 Korensko sedlo, VM05, 23. 7. 1993, 2♀1♂, A. Gogala leg.



Fig. 11: *Colletes succinctus* female on its foodplant *Calluna vulgaris*.
Sl. 11: Samica vrste *Colletes succinctus* na njeni hranilni rastlini, jesenski vresi.

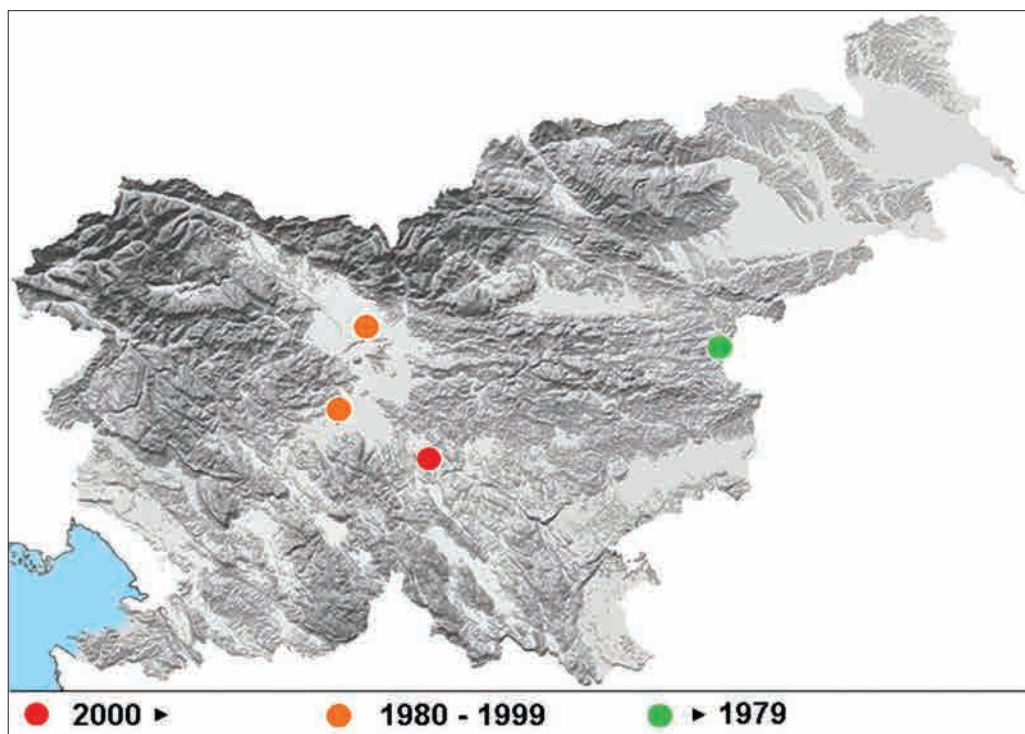


Fig. 12: The distribution of *Colletes succinctus* in Slovenia.
Sl. 12: Razširjenost vrste *Colletes succinctus* v Sloveniji.

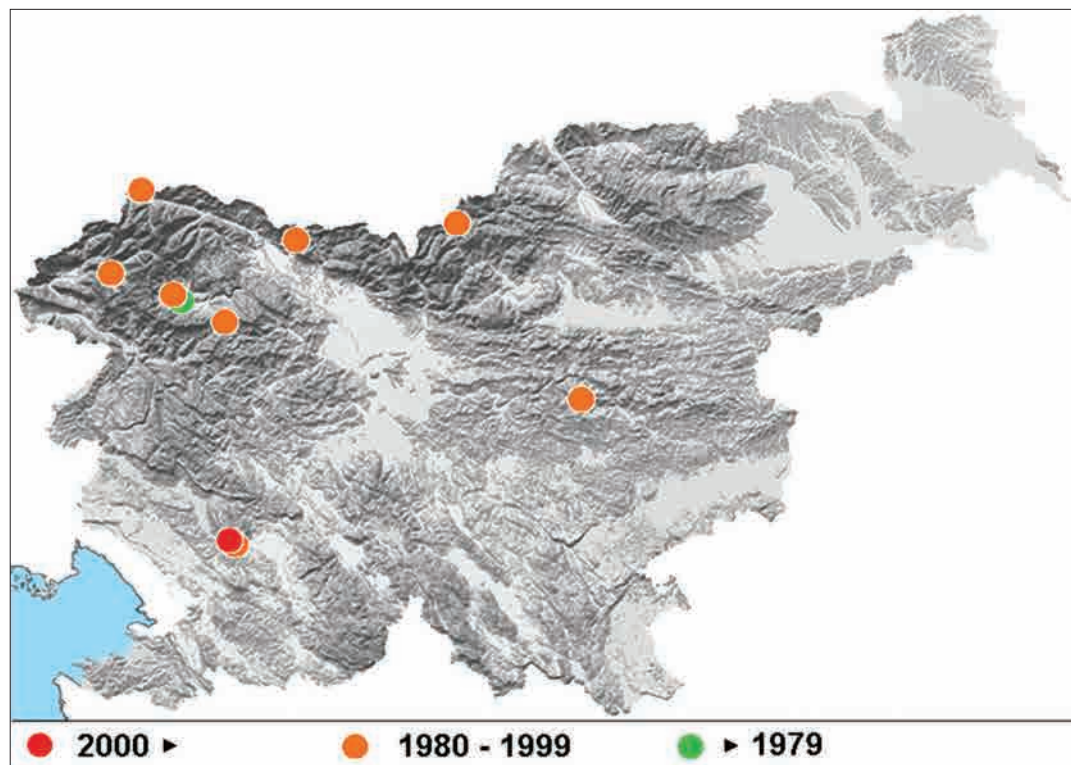


Fig. 13: The distribution of *Dufourea dentiventris* in Slovenia.
Sl. 13: Razširjenost vrste *Dufourea dentiventris* v Sloveniji.

Olševa, VM74, 12. 8. 1993, 1♀1♂, A. Gogala leg.
Soriška planina, VM22, 23. 7. 1994, 1♀, A. Gogala leg.
Begunjščica, VM44, 3. 8. 1994, 1♀, A. Gogala leg.
Pl. Vogar, VM12, 7. 7. 1995, 1♀, A. Gogala leg., 15. 6. 1996, 1♂, A. Gogala leg.
Soča, UM93, 2. 6. 1994, 1♂, A. Gogala leg.
Mali Kum, WM00, 26. 7. 1996, 1♂, A. Gogala leg.

Dufourea inermis (Nylander 1848)

Only old records exist for this species. Probably extinct in Slovenia.

GRÄFFE 1895: Hrpelje

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 6. 8. 1932, 1♀, 1. 8. 1939, 1♂, Jaeger leg.

Dufourea minuta Lepelletier 1841

All more recent records are from the year 1996, when the species was in expansion. Not found since then.

Records from Slovenia:

GOGALA 1994: Olševa, 1700 m, 27. 7. 1932, 1♀1♂, Jaeger leg.; Podčetrtek, WM41, 31. 8. 1933, 1♀, Jaeger leg.
Vonarje, WM41, 6. 8. 1996, 3♀5♂, A. Gogala leg.
Log, Lukovica, VL59, 9. 8. 1996, 1♀1♂, A. Gogala leg.

Gradišče pri Lukovici, VM71, 23. 8. 1996, 1♀, A. Gogala leg.

Halictus quadricinctus (Fabricius 1776)

Distributed in the sub-Mediterranean region and the Dinaric mountains:

Brje pri Komnu, VL07, 5. 10. 1991, 1♂, A. Gogala leg.
Debeli rtič, UL94, 16. 5. 1995, 1♀, A. Gogala leg.
Dragonja, Stena, UL93, 30. 7. 1995, 1♂, A. Gogala leg.
Gorjansko, Vale, UL97, 8. 8. 1999, 1♀, A. Gogala vid.
Snežnik, 1550 m, VL54, 21. 7. 2006, 1♀, A. Gogala leg.
Slavnik, VL14, 2. 8. 2007, 1♀, A. Gogala vid.
Škrbina, Šibelji, VL07, 12. 7. 2009, 1♀, A. Gogala vid.
Cerknica, Slivnica, VL57, 23. 8. 2013 on *Cirsium*, 1♂, A. Gogala vid.

Lasioglossum angusticeps (Perkins 1895)

Primarily in Istria and Kras, but also in east Slovenia. Recent records are not known.

Records from Slovenia:

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 13. 8. 1931, 1♂, Jaeger leg.
Sečovlje, Fontanigge, UL93, 24. 8. 1991, 1♀, A. Gogala leg., 30. 5. 1993, 1♀, A. Gogala leg.



Fig. 14: *Halictus quadricinctus* female on *Cirsium*.
Sl. 14: Samica vrste *Halictus quadricinctus* na osatu.

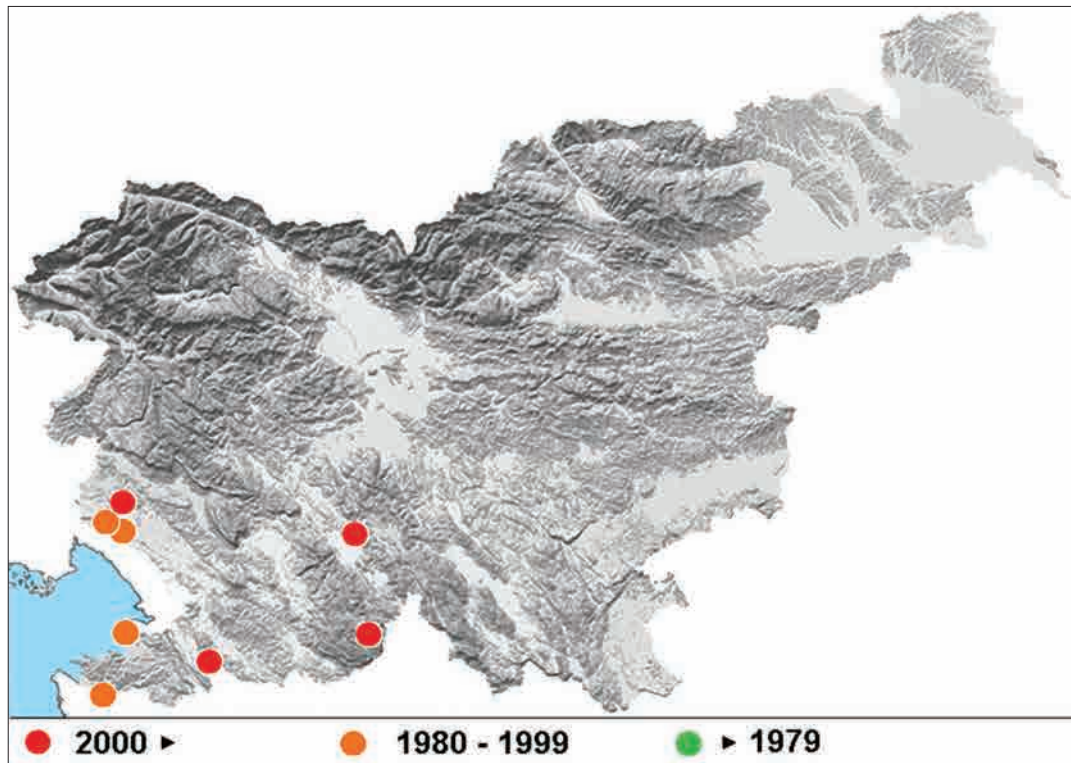


Fig. 15: The distribution of *Halictus quadricinctus* in Slovenia.
Sl. 15: Razširjenost vrste *Halictus quadricinctus* v Sloveniji.



Fig. 16: *Lasioglossum costulatum* female visits *Campanula* flowers for its food.
 Sl. 16: Samica vrste *Lasioglossum costulatum* zbira hrano na cvetovih zvončic.

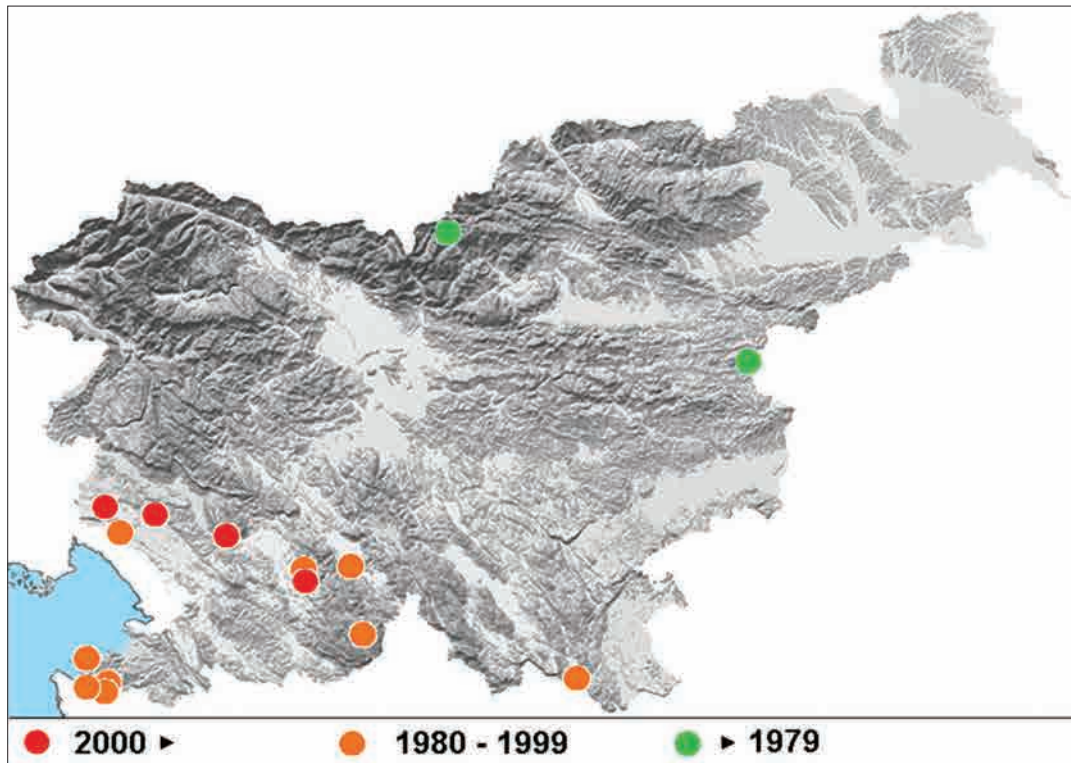


Fig. 17: The distribution of *Lasioglossum costulatum* in Slovenia.
 Sl. 17: Razširjenost vrste *Lasioglossum costulatum* v Sloveniji.

Sela na Krasu, UL97, 30. 4. 1995, 1♀, A. Gogala leg.
 Padna, UL93, 16. 5. 1995, 1♀, A. Gogala leg.
 Obrež, Grabe, WM94, 29. 6. 1995, 1♀, A. Gogala leg.
 Strunjan, UL94, 27. 6. 1995, 1♂, A. Gogala leg.

Lasioglossum costulatum (Kriechbaumer 1873)

Widely distributed on *Campanula* spp. in Slovenia.

Records from Slovenia:

VOGRIN 1955: Solčava, 28. 7.
 GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 20. 5. 1933, 1♀, 24. 7. 1931, 1♂, Jaeger leg.
 Stari trg ob Kolpi, WL03, 26. 5. 1993, 1♀, A. Gogala leg.
 Strunjan, UL94, 22. 7. 1994, 1♀, A. Gogala leg.
 Padna, UL93, 16. 5. 1995, 1♀, A. Gogala leg.
 Nanos: Sv. Hieronim, VL27, 10. 8. 1996, 1♀, A. Gogala leg., 13. 7. 2009, 1♀, photo A. Gogala
 Snežnik, 1600 m, VL54, 19. 7. 1999, 1♀, A. Gogala leg.
 Pivka, Trnje, V. vrh, VL46, 31. 8. 1999, 1♀, A. Gogala leg.
 Pivka, Palčje, Palško jezero (Palčje lake), VL46, 13. 10. 2007, 1♀, A. Gogala leg.
 Dragonja, Stena, UL93, 13. 7. 1995, 1♂, A. Gogala leg.
 Brje pri Komnu, VL07, 26. 7. 1998, 1♂, A. Gogala leg.
 Cerkniško jezero (Cerknica lake): Laze – Otok, VL56, 4. 8. 1991, 1♀, A. Gogala leg.
 Sečovlje, Fontanigge, UL93, 7. 6. 1994, 1♀, A. Gogala leg.
 Temnica, UL97, 3. 7. 2004, 1♀, photo A. Gogala
 Lukovec, VL07, 12. 7. 2009, 1♀, photo A. Gogala

Lasioglossum duckei (Alfken 1909)

Only two records for Slovenia, from the Kras (Karst) and the Karst edge:

EBMER 1988: Divača (Blüthgen 1923)

Hrastovlje, VL14, 9. 6. 1993, 1♀, A. Gogala leg.

Lasioglossum intermedium (Schenck 1868)

Only one record for Slovenia:

Sp. Pirniče, VM51, 8. 6. 1995, 1♀, A. Gogala leg.

Lasioglossum laevigatum (Kirby 1802)

Widely distributed in Slovenia.

Records from Slovenia:

VOGRIN 1955: Podčetrtek, 23. 4., 16. 5., 28. 7., Jaeger leg.
 GOGALA 1994: Olševa, VM74, 22. 7. 1933, 1♀, Jaeger leg., Podčetrtek, WM41, 2. 6. 1933, 1♀, Jaeger leg.
 Log, Lukovica, VL59, 13. 5. 1991, 1♀, A. Gogala leg., 28. 5. 1991, 1♀, A. Gogala leg.
 Lipica, VL15, 16. 5. 1992, 1♀, A. Gogala leg.
 Stari trg ob Kolpi, WL03, 26. 5. 1993, 1♀, A. Gogala leg.
 Radovna, VM24, 1. 6. 1993, 1♀, A. Gogala leg.
 Črni Vrh, Pasja ravan, VM40, 2. 6. 1993, 1♀, A. Gogala leg.

Rakitna, VL58, 11. 6. 1993, 1♀, A. Gogala leg.

Prtovč, VM32, 1. 7. 1995, 1♀, A. Gogala leg.

Črni Vrh, VM40, 29. 4. 1995, 1♀, A. Gogala vid.

Kum, WM00, 23. 7. 1997, 1♀, A. Kapla leg.

Polhov Gradec, Setnica, VM40, 15. 5. 2008, 1♀, A. Gogala leg.

Jakobski Dol, Drankovec, WM56, 24. 4. 2011, 1♀, T. Trilar leg.

Lasioglossum majus (Nylander 1852)

Widely distributed and not rare in Slovenia.

Records from Slovenia:

VOGRIN 1955: Podčetrtek, 11./14. 6., 28. 7., Jaeger leg.

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 28. 4. 1934, 1♀, Jaeger leg.

Log, Lukovica, VL59, 10. 6. 1992, 1♀, A. Gogala leg., 30. 7. 1991, 1♂, A. Gogala leg.

Želimlje, VL68, 22. 6. 1993, 1♀, A. Gogala leg.

Ljubljana, Črnuče, VM60, 27. 7. 1993, 1♀, A. Gogala leg.

Koštabona, Škfline, VL03, 22. 4. 1994, 1♀, A. Gogala leg.

Stara Fužina, VM12, 25. 5. 1995, 1♀, A. Gogala leg.

Obrež, Grabe, WM94, 29. 6. 1995, 1♀, A. Gogala leg.

Kregolišče, VL07, 31. 7. 1991, 2♂, A. Gogala leg.

Rakov Škocjan, VL47, 6. 6. 1998, 1♀, A. Gogala leg.

Boršt, dolina Dragonje (Dragonja valley), VL03, 24. 9. 1999, 1♀, A. Gogala leg.

Kranj, Brdo, VM52, 12. 9. 2007, 1♀, A. Gogala leg.

Gorenja Brezovica, VL58, 31. 5. 2007, 1♀, photo A. Gogala

Cerkniško jezero (Cerknica lake): Jamski zaliv, VL46, 9. 2010, 1♂, photo A. Gogala

Lasioglossum sexnotatum (Kirby 1802)

Only old records from before 1940 for Slovenia.

Probably extinct.

GOGALA 1994: Podčetrtek, WM41, 4. 6. 1932, 1♀, Jaeger leg.

Sorško polje, 22. 5. 1932, 1♀, M. Hafner leg.

Ljubljanska okolica (Ljubljana environs), 18. 6. 1935, 1♀, M. Hafner leg.

Lasioglossum subaenescens (Pérez 1895)

Recorded in Istria and the river Reka valley:

Movraž, VL13, 14. 6. 1991, 2♀, A. Gogala leg.

Dragonja, UL93, 23. 5. 1998, 1♀, A. Gogala leg.

Zabiče, VL44, 26. 5. 2001, 1♀, A. Gogala leg.

Lasioglossum xanthopus (Kirby 1802)

Numerous in the Kras (Karst) on *Salvia pratensis* in the nineties, but much rarer now.

Records from Slovenia:



Fig. 18: *Lasioglossum laevigatum* female on *Biscutella laevigata*.
 Sl. 18: Samica vrste *Lasioglossum laevigatum* na navadni šparnici.

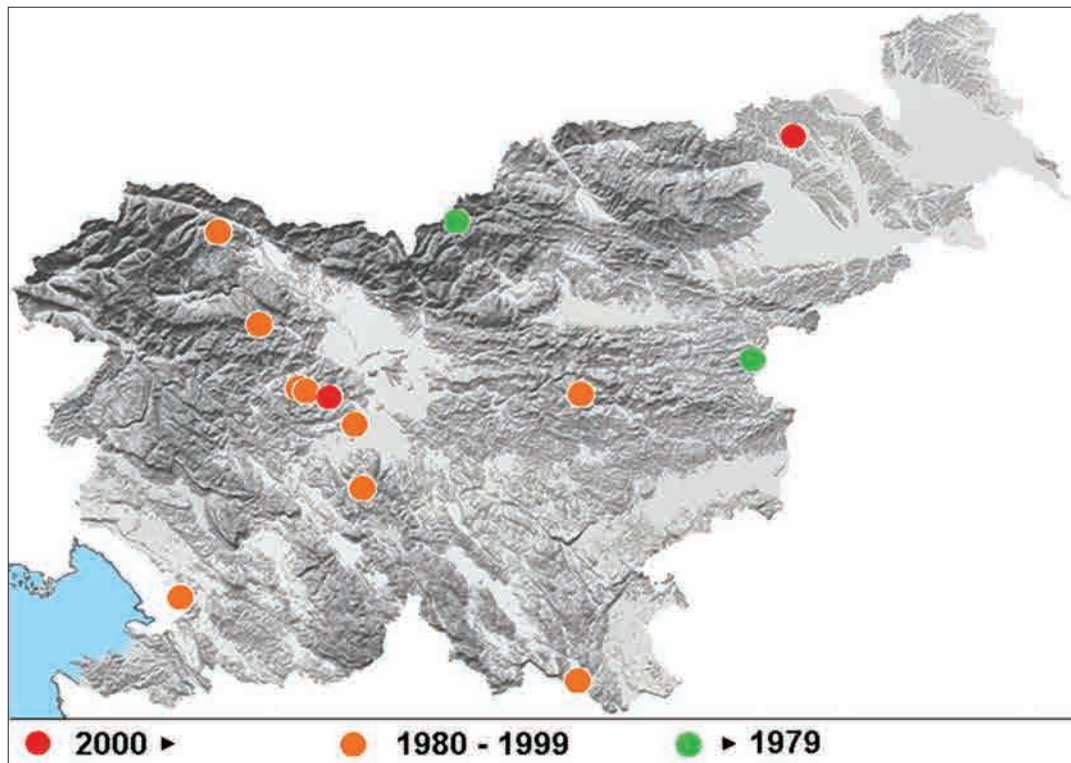


Fig. 19: The distribution of *Lasioglossum laevigatum* in Slovenia.
 Sl. 19: Razširjenost vrste *Lasioglossum laevigatum* v Sloveniji.



Fig. 20: *Lasioglossum majus* male.
Sl. 20: Samec vrste *Lasioglossum majus*.

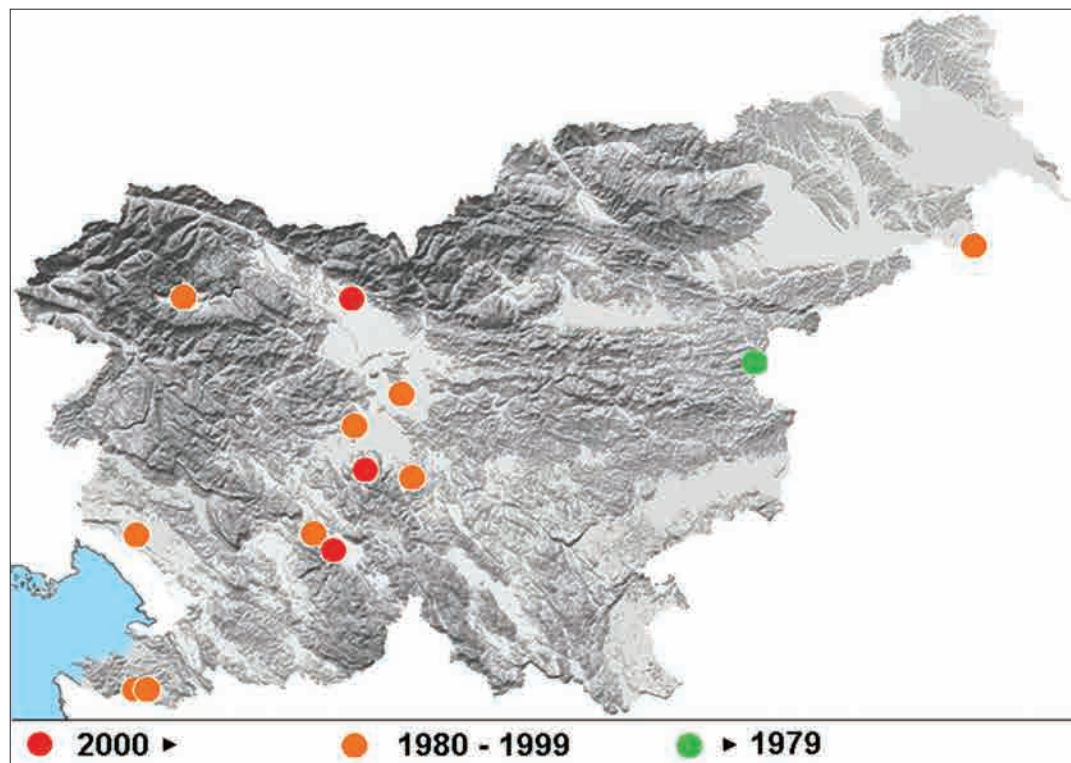


Fig. 21: The distribution of *Lasioglossum majus* in Slovenia.
Sl. 21: Razširjenost vrste *Lasioglossum majus* v Sloveniji.

Brestovica, UL97, 2. 5. 1990, 1♀, A. Gogala leg., 11. 3. 1995, 1♀, A. Gogala vid.
 Brje pri Komnu, VL07, 13. 5. 1990, 1♀, A. Gogala leg., 1. 6. 1991, 1♀, A. Gogala leg., 13. 10. 1996, 1♂, A. Gogala leg.
 Kregolišče, VL07, 1. 6. 1991, 1♀, A. Gogala leg.
 Lipica, VL15, 16. 5. 1992, 1♀, A. Gogala leg.
 Zaplana, Strmica, VL49, 27. 5. 1998, 1♀, A. Gogala leg.
 Kastelec, VL14, 17. 6. 1995, 1♀, A. Gogala leg.
 Lukovec, VL07, 21. 4. 2007, 1♀, photo A. Gogala
 Krka, VL88, 22. 5. 2004, 1♀, A. Gogala vid.
 Pivka, Parje, VL35, 20. 5. 2009, 1♀, A. Gogala vid.
 Veliki Dol, VL07, 21. 5. 1997, 1♀, I. Bischoff leg.
 Dane, VL16, 19. 5. 1997, 1♀, I. Bischoff leg.

Rophites quinquespinosus Spinola 1808

It was not rare in Slovenia on *Betonica officinalis* in the nineties. Present situation is not known.

Records from Slovenia:

ERLANDSSON 1979: Vojnik, 23. 6. 1961, 1♂
 GOGALA 1994: Prekmurje: Gančani, WM41, 10. 6. 1993, 1♀, S. Gomboc leg., Podčetrtek, WM41, 13. 7. 1932, 1♀, Jaeger leg.
 Log, Lukovica, VL59, 4. 7. 1990, 1♀1♂, A. Gogala leg., 7. 7. 1990, 2♀2♂, A. Gogala leg., 11. 7. 1991, 1♀, A. Gogala leg., 11. 7. 1990, 1♂, A. Gogala leg., 29. 6. 1991, 1♂, A. Gogala leg., 7. 7. 1991, 1♂, A. Gogala leg., 11. 8. 2004, 1♀, photo A. Gogala
 Pl. Vogar, VM12, 21. 8. 1996, 1♀, A. Gogala leg., 20. 7. 1996, 1♂, A. Gogala leg.
 Cerkniško jezero (Cerknica lake): Zadnji kraj, VL56, 3. 8. 1997, 1♀, A. Gogala leg.
 Pivka, Trnje, Petelinjsko jez., VL46, 31. 8. 1999, 1♀, A. Gogala leg.
 Gradišče pri Lukovici, VM71, 11. 7. 1996, 1♂, A. Gogala leg.
 Krško, Anovec, WL49, 1. 8. 1996, 1♂, A. Gogala leg.
 Bloke: Volčje, VL67, 3. 7. 2010 on *Betonica*, 1♂, A. Gogala leg.

Sphecodes hyalinatus Hagens 1882

Widely distributed and not rare in Slovenia.

Records from Slovenia:

Slavnik, VL14, 22. 5. 1991, 1♀, A. Gogala leg.
 Log, Lukovica, VL59, 29. 8. 1991, 1♀, A. Gogala leg.
 Kamniška Bistrica, VM63, 29. 7. 1993, 1♀, A. Gogala leg.
 Ig, Škrilje, Stražar, 720 m, VL68, 2. 5. 1999, 1♀, A. Gogala leg.
 Jurišče, Kršičevce, VL45, 22. 8. 2008, 1♀2♂, A. Gogala leg.

Radovna, VM24, 10. 8. 1994, 1♂, A. Gogala leg.
 Pivka, Klenik, Palško jezero (Palčje lake), VL46, 31. 8. 1999, 1♂, A. Gogala leg.
 Krim, Planinca, VL59, 24. 4. 2008, 1♀, photo A. Gogala

Sphecodes majalis Pérez 1903

Widely distributed, but present situation is not known.

Records from Slovenia:

Log, Lukovica, VL59, 6. 5. 1992, 2♀, A. Gogala leg., 27. 4. 1995, 1♂, A. Gogala leg.
 Koštabona, Škrlina, VL03, 22. 4. 1994, 1♀, A. Gogala leg.
 Vinica, WL23, 3. 6. 1995, 2♀, M. Gogala leg.
 Tublje pri Komnu, VL07, 26. 4. 1998, 1♀, A. Gogala leg.

Sphecodes spinulosus Hagens 1875

Found in the Kras (Karst), but only once.

Kregolišče, VL07, 16. 5. 1992, 1♀, A. Gogala leg.

Anthidium montanum Morawitz 1864

Found in the Soča valley in the Julian Alps.

Soča, UM93, 2. 6. 1994, 1♂, A. Gogala leg.

Melitta dimidiata Morawitz 1876

Found on the gravel banks of the Sava river near Ljubljana in the nineties. Probably extinct.

Ljubljana, Črnuče, VM60, 14. 6. 1994, 1♀, A. Gogala leg., 15. 6. 1995, 1♂, A. Gogala leg.

Melitta tricincta Kirby 1802

Widely distributed in Slovenia, but rare. Probably extinct on the banks of the Sava river near Ljubljana, where *Odontites*, its foodplant, was overgrown by other vegetation.

Ljubljana, Črnuče, VM60, 11. 8. 1993, 2♀2♂, A. Gogala leg., Tomačevski prod, 31. 8. 2005, 1♂, photo A. Gogala
 Cerknica, Dolenje Jezero, VL56, 26. 8. 1995, 1♀, A. Gogala leg.
 Kamnik, VM62, 20. 8. 1994, 1♂, A. Gogala leg.
 Dragonja, Stena, UL93, 11. 9. 1995, 1♂, A. Gogala leg.
 Podčetrtek, WM41, 31. 8. 1933, 1♀, E. Jaeger leg. (Gogala, 1994)
 Gračišče, Butari, VL13, 16. 9. 1998, 1♂, A. Gogala vid.
 Pivka, Zagorje, Grad Kalec (Kalec castle), VL45, 29. 8. 2010 on *Odontites luteus*, 1♀, photo A. Gogala
 Cerkniško jezero (Cerknica lake): Gorica, VL56, 29. 8. 2014 on *Odontites vulgaris*, 1♂1♀, A. Gogala vid.



Fig. 22: *Lasioglossum xanthopus* female on *Salvia pratensis*.
Sl. 22: Samica vrste *Lasioglossum xanthopus* na travniški kadulji.

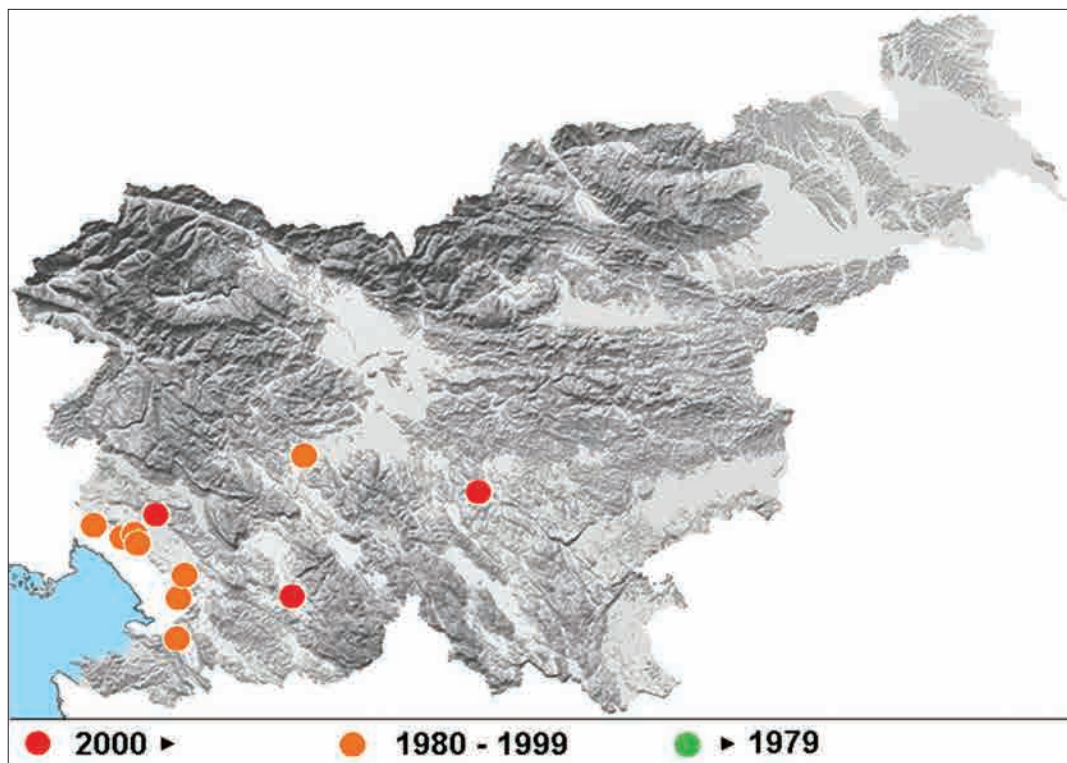


Fig. 23: The distribution of *Lasioglossum xanthopus* in Slovenia.
Sl. 23: Razširjenost vrste *Lasioglossum xanthopus* v Sloveniji.



Fig. 24: *Rophites quinquespinosus* female on *Betonica officinalis*.
 Sl. 24: Samica vrste *Rophites quinquespinosus* na navadnem čistecu.

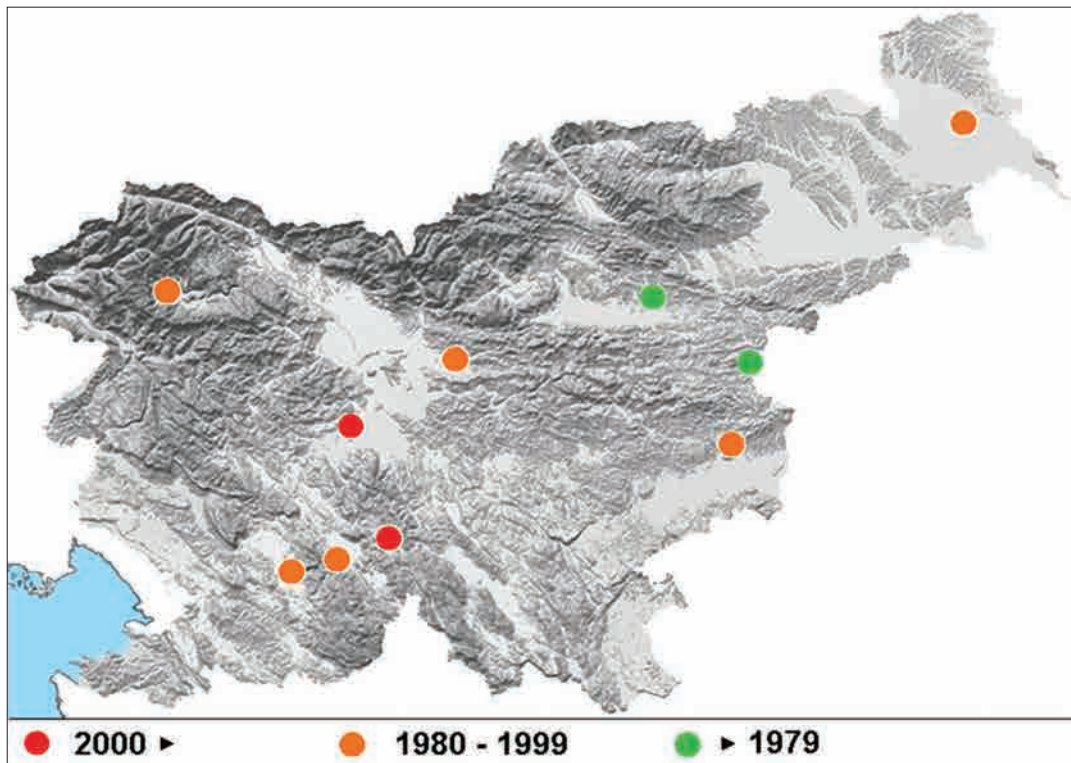


Fig. 25: The distribution of *Rophites quinquespinosus* in Slovenia.
 Sl. 25: Razširjenost vrste *Rophites quinquespinosus* v Sloveniji.

4 CONCLUSIONS

The population of *Colletes graeffei* in Slovenia is important for the survival of the species in Europe. The region of Trnovski gozd and Nanos is its core area from which it disperses during more favorable conditions. In the same area also the other two Endangered species were found.

Among the Vulnerable species, *Biastes truncatus* can be supported by the population of *Dufourea dentiventris* in the Alps and the Mt. Nanos again. *Bombus gerstaeckeri*, distributed in the Alps, could survive on the *Aconitum*, a common plant there. The fate of *Colletes fodiens*, on the other hand, is uncertain. Also its relative, *Colletes similis*, once very numerous and widely distributed, disappeared in recent years. Records of the other four Vulnerable species are scarce.

Andrena hattorfiana stands out of the other Near Threatened species with many records from all parts of Slovenia and also recent sightings. Although the trend of intensification or reforestation of grasslands is not favorable, the *Knautia* plants are still numerous in Slovenia.

Epeolus cruciger has also very strong population in Slovenia due to transition to a secondary host, *Colletes hederæ*. This host species is very numerous in the sub-Mediterranean region when *Hedera helix* blooms. The other host, *Colletes succinctus*, is very rare and endangered in Slovenia.

Some Halictid species are numerous or widely distributed in Slovenia. *Halictus quadricinctus* is distributed in the sub-Mediterranean and Dinaric regions. *Lasioglossum costulatum*, *L. laevigatum* and *L. majus* are widely distributed. *Lasioglossum xanthopus* was numerous in the nineties, but is rare now. *Rophites quinquespinosus* was also widely distributed and is now in regression.

We can conclude that some bee species, threatened with extinction in Europe, have still strong or important populations in Slovenia. But the disappearance of favorable habitats continues and only active conservation efforts and better agricultural policy can make survival possible for the majority of bees and other pollinators. We cannot do much, however, against extreme weather conditions, stimulated by global climate change.

5 POVZETEK

Leta 2014 je Mednarodno združenje za varstvo narave (IUCN) pripravilo Evropski rdeči seznam čebel, ki ga je izdala Evropska komisija (NIETO et al. 2014). Vsebuje 1965 v Evropi domorodnih vrst in 9,2% jih je označenih za ogrožene pred izumrtjem v Evropi (9,1% v 27 članicah Evropske unije). Vendar je več kot polovica vrst uvrščenih med vrste s premalo podatki, da bi lahko opredelili njihovo stopnjo ogroženosti. Na ozemlju Slovenije je bilo najdenih 563 vrst čebel (GOGALA 2014), 564 skupaj s tujerodno vrsto *Megachile sculpturalis* (GOGALA & ZADRAVEC 2018). Opazili smo upad mnogih vrst po izjemnih vremenskih razmerah. Pomembna težava v Sloveniji je tudi zaraščanje opuščanih pašnikov in drugih travnišč (GOGALA 2016). Namen tega pregleda je ugotoviti, ali ima katera od vrst, ogroženih na evropski ravni, v Sloveniji močne populacije, ki bi bile lahko pomembne za preživetje vrste v Evropi.

Vrsta *Colletes graeffei* je bila opisana po primerkih iz Slovenije in ima tu pomembno populacijo za preživetje vrste. Njeno osrednje območje sta Trnovski gozd in Nanos, od koder se razširi, kadar so ugodne razmere. V tem območju sta bili najdeni tudi drugi dve v Evropi ogroženi vrsti, ki živita v Sloveniji. Med ranljivimi vrstami kukavičjo čebelo *Biastes truncatus* vzdr-

žuje populacija gostiteljske vrste *Dufourea dentiventris* v Alpah in, ponovno, na Nanosu. V Alpah je razširjen čmrlj *Bombus gerstaeckeri*, ki se hrani na preobjedah. Usoda vrste *Colletes fodiens* pa je negotova, saj so njeno glavno najdišče v Sloveniji, prodišča ob reki Savi pri Ljubljani, prerasle tujerodne rastlinske vrste.

Med potencialno ogroženimi vrstami izstopa peškinska čebela *Andrena hattorfiana* z najdbami po celi Sloveniji, vključno z nedavnimi opažanji. Njene hranilne rastline, grabljišča, so v Sloveniji še vedno pogoste. Kukavičja čebela *Epeolus cruciger* ima v Sloveniji močno populacijo zaradi prehoda na drugega gostitelja, vrsto *Colletes hederæ*. Ta je zelo številna v submediteranskem območju, ko cveti bršljan. Druga gostiteljica, vrsta *Colletes succinctus*, je redka in ogrožena v Sloveniji. Nekatere brazdarke (Halictidae) so v Sloveniji številne in zelo razširjene. Vrsta *Halictus quadricinctus* je razširjena v submediteranskem in dinarskem območju. Zelo razširjene so vrste *Lasioglossum costulatum*, *L. laevigatum* in *L. majus*. Vrsta *Lasioglossum xanthopus* je bila pogosta v devetdesetih letih, a je sedaj redka. Tudi vrsta *Rophites quinquespinosus* je bila zelo razširjena in je sedaj v upadu.

Zaključimo lahko, da imajo nekatere v Evropi ogrožene vrste čebel v Sloveniji še vedno močne in po-

membne populacije. A izginjanje ustreznih habitatov se nadaljuje in le z dejavnim naravovarstvom in boljše kmetijsko politiko lahko zagotovimo preživetje večine

čebel in drugih opraševalcev. Ne moremo pa storiti veliko proti izjemnim vremenskim razmeram, ki jih spodbujajo globalne klimatske spremembe.

REFERENCES - LITERATURA

- AMIET, F., M. HERRMANN, A. MÜLLER, R. NEUMEYER, 2007: Apidae 5. Ammobates, Ammobatoides, Anthophora, Biastes, Ceratina, Dasypoda, Epeoloides, Epeolus, Eucera, Macropis, Melecta, Melitta, Nomada, Pasites, Tertralonia, Thyreus, Xylocopa. Fauna Helvetica 20. Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF), Neuchâtel, 356 pp.
- BARBATTINI, R., F. FRILLI, P. ZANDIGIACOMO, G. PAGLIANO, M. QUARANTA, 2005: Apoidea del Friuli Venezia Giulia e di territori confinanti. I: Introduzione generale e Colletidae. Gortania, 27: 305-338.
- BARBATTINI, R., F. FRILLI, P. ZANDIGIACOMO, G. PAGLIANO, M. QUARANTA, 2007: Apoidea del Friuli Venezia Giulia e di territori confinanti. II: Apidae. Gortania, 28: 139-184.
- BOGUSCH, P., J. HADRAVA, 2018: European bees of the genera Epeolus Latreille, 1802 and Triepeolus Robertson, 1901 (Hymenoptera: Apidae: Nomadinae: Epeolini): taxonomy, identification key, distribution, and ecology. Zootaxa, 4437 (1): 1-60.
- EBMER, A.W., 1988: Kritische Liste der nicht-parasitischen Halictidae Österreichs mit Berücksichtigung aller mitteleuropäischen Arten (Insecta: Hymenoptera: Apoidea: Halictidae). Linzer Biologische Beiträge, 20 (2): 527-711.
- ERLANDSSON, S., 1979: Hymenoptera Aculeata from the european part of the Mediterranean countries, II. Acta entomol. Jugosl., 15: 111-130.
- ERLANDSSON, S., 1991: Hymenoptera Aculeata from the european part of the Mediterranean countries, IV. Boll. Mus. civ. St. nat. Venezia, 40: 89-97.
- GOGALA, A., 1994: Contribution to the Knowledge of the Bee Fauna of Slovenia II. (Hymenoptera: Apidae). Scopolia, 31: 1-40.
- GOGALA, A., 2014: Čebele Slovenije. Založba ZRC, ZRC SAZU, Ljubljana, 179 pp.
- GOGALA, A., 2016: Raznovrstnost in ogroženost divjih čebel v Sloveniji = Diversity and endangerment of wild bees in Slovenia. In: Smodiš Škerl, M. I. (Ed.). Zbornik referatov, 2. znanstveno posvetovanje o čebelah in čebelarstvu Poklukarjevi dnevi, Ljubljana, 25. oktober 2016. Ljubljana: Slovensko akademsko čebelarstvo: Kmetijski inštitut Slovenije, 2016, str. 14-17.
- GOGALA, A., B. ZADRAVEC, 2018: First record of *Megachile sculpturalis* Smith in Slovenia (Hymenoptera: Megachilidae). Acta entomologica slovenica, 26 (1): 79-82.
- GRÄFFE, E., 1892: Le api dei dintorni di Trieste. Atti Mus. Civico Trieste, 8: 123-142.
- GRÄFFE, E., 1895: Aggiunta alle api dei dintorni di Trieste. Atti Mus. Civ. St. Nat. Trieste, 9: 235-243.
- GRAEFFE, E., 1902: Die Apiden-Fauna des österreichischen Küstenlandes. Verh. k. k. zool.-bot. Ges. Wien, 52: 113-135.
- MICHEZ, D., A. NIETO & A. PAULY, 2013: *Halictus carinthiacus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T13325442A13339966. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T13325442A13339966.en>
- NIETO, A., S.P.M. ROBERTS, J. KEMP, P. RASMONT, M. KUHLMANN, M. GARCÍA CRIADO, et al., 2014: European Red List of bees. Luxembourg: Publication Office of the European Union.
- NOSKIEWICZ, J., 1936: Die paläarktischen Colletes-Arten. Prace Naukowe Wydawnictwo Towarzystwa Naukowego we Lwowie 3: 1-531.
- OSYCHNIUK, A. Z., 1970: Bdzoly – koletydy. Fauna Ukrainy 12, Vyp. 4.
- SCHMID-EGGER, C., M. KUHLMANN, 2008: *Colletes graeffei* Alfken 1900, neu für die Fauna von Italien (Apidae, Colletinae). Linzer biol. Beitr., 40 (2): 1867-1871.
- VOGRIN, V., 1955: Prilog fauni Hymenoptera-Aculeata Jugoslavije. Zaštita bilja (Beograd), 31: Dodatak.

BIOMASS ALLOCATION SHIFTS OF *FAGUS SYLVATICA* L. AND *PINUS SYLVESTRIS* L. SEEDLINGS IN RESPONSE TO TEMPERATURE

PRERAZPOREDITEV BIOMASE PRI SADIKAH *FAGUS SYLVATICA* L. IN *PINUS SYLVESTRIS* L. KOT ODZIV NA TEMPERATURO

Jožica GRIČAR¹

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0043>

ABSTRACT

Biomass allocation shifts of *Fagus sylvatica* L. and *Pinus sylvestris* L. seedlings in response to temperature

Since the impact of temperature on seedling growth and biomass allocation of different tree species remains relatively unknown, the influence of different temperature conditions on stem diameter (xylem and bark), stem and root extensions, as well as below- and aboveground woody biomass, in three-year old European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in 2010–2011 were studied. One-year-old seedlings were grown outdoors (mean temperature during the growing season = 17–19°C), in the greenhouse (mean temperature during the growing season = 22–24°C) and climatized room (mean temperature during the growing season = 15–17°C) for two years. In terms of radial increment, xylem increments were narrowest in the case of increased temperature for beech and decreased temperature for pine. There was no difference in the thickness of the bark in beech seedlings exposed to different temperature conditions whereas in pine, the bark proportion was highest in control seedlings with the widest diameters. The periderm thickness was comparable in seedlings exposed to different temperatures and represented 10–14 % and 15 % of the bark tissue in pine and beech, respectively. Comparison of the total radial increments of seedlings of the two species under different TEMPERATURE conditions showed that they were wider in pine in all three regimes. Increment of the main root was considerably higher in both species and represented about 90 % of the total length increment in beech and 74–87 % in pine. In addition, woody biomass was substantially higher aboveground in both tree species (by about 70–80 %). With beech, above- and belowground biomass was reduced in the case of elevated temperature, with the smallest share of roots. In pine, lower temperature diminished amount of biomass and caused its greatest allocation to belowground, which represented almost half of the total biomass accumulation. The short-term

IZVLEČEK

Prerazporeditev biomase pri sadikah *Fagus sylvatica* L. in *Pinus sylvestris* L. kot odziv na temperaturo

Malo je znanega o vplivu temperature na rast sadik in alokacijo biomase pri različnih drevesnih vrstah, zato smo raziskali vpliv različnih temperaturnih razmer na debelinsko rast debla (tj. les in skorja), vršno rast debla in korenin ter na podzemno in nadzemno lesno biomaso pri triletnih sadikah navadne bukve (*Fagus sylvatica* L.) in rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.) v obdobju 2010–2011. V ta namen so bile enoletne sadike dve leti izpostavljene trem različnim temperaturnim režimom: na prostem (povprečna temperatura v času rastne sezone = 17–19°C), v rastlinjaku (povprečna temperatura v času rastne sezone = 22–24°C) in v hladilni komori (povprečna temperatura v času rastne sezone = 15–17°C). Lesni prirastki so bili najmanjši v primeru povišane temperature pri bukvi, pri boru pa pri zmanjšani temperaturi. Pri sadikah bukve izpostavljenih različnim temperaturnim razmeram ni bilo razlik v širini skorje, medtem ko je bil delež skorje pri boru največji pri kontrolnih sadikah, ki so imele tudi najširše premere. Debelina periderma je bila primerljiva pri sadikah izpostavljenih različnim temperaturnim in je predstavljala 10–14 % tkiva skorje pri bukvi in 15 % tkiva pri boru. Debelinski prirastki so bili v vseh režimih širši pri boru kot pri bukvi. Prirastek glavne korenine je bil znatno večji kot prirastek debla pri obeh vrstah in je predstavljal približno 90 % celotne vršne rasti pri bukvi in 74–87 % pri boru. Nadzemna lesna biomasa je bila pri obeh drevesnih vrstah bistveno večja (za približno 70–80 %) v primerjavi s podzemno biomaso. Pri bukvi je bila celotna biomasa zmanjšana pri povišani temperaturi z najmanjšim deležem korenin. Pri boru je bila najmanjša količina biomase pri znižani temperaturi, ko smo zabeležili največjo prerazporeditev biomase v podzemne dele, ki so predstavljali skoraj polovico celotne lesne biomase. Kratkoročni poskusi kažejo, da okoljske razmere za optimalno rast proučevanih drevesnih vrst niso primerljive, kar se odraža v različnih pr-

¹ Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, jozica.gricar@gozdis.si

treatments clearly show that biomass allocation shifts of pine and beech in response to temperature seem to be a species-specific. The observed differences could be viewed as a plastic adjustment to environmental heterogeneity.

Key words: European beech, Scots pine, radial increment, stem, root, bark, xylem

erazporeditvah biomase pri boru in bukvi pri različnih temperaturnih režimih.

Ključne besede: navadna bukev, rdeči bor, debelinski prirastek, deblo, korenina, skorja, les

1 INTRODUCTION

Anticipated climate change associated with more frequent/severe extreme events are expected to alter the composition, structure and distribution of forests in many regions (SCHAR et al. 2004, IPCC 2014). This could result in increased tree mortality due to climate-induced physiological stress and other climate-mediated processes, such as insect outbreaks (ALLEN et al. 2010). Trees' ability to withstand such environmental changes also depends on their phenotypic plasticity, genetic diversity within and between populations, and gene flow (KRAMER et al. 2010). Phenotypic plasticity of ecologically important traits in response to different environments is thus a fundamental property of organisms, enabling them to cope with adverse environmental conditions (SULTAN 2000, MARTINEZ-MEIER et al. 2008). How trees may respond to these changes is particularly relevant for ecologically and economically important European tree species, such as European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), since future climate conditions will clearly influence their growth and competitive performance and consequently silvicultural practices (PRETZSCH et al. 2015).

European beech is a widespread species of European temperate forests with high competitive ability: as a juvenile, it is shade-tolerant and grows fast, while as a mature tree it forms a dense canopy outshading most other trees (VON WUEHLISCH 2008). In the past, the areal extension of beech forests decreased considerably due to human activity (DIEKMANN et al. 1999). However, as nature-based forestry has become widely accepted, an expansion of beech has been reported for most Central European countries, including Slovenia, which will have an impact on forest management and on wood processing technology (POLJANEC et al. 2010). Beech is known to be a drought-susceptible species (e.g. LEUSCHNER et al. 2001, FISCHER & NEUWIRTH 2013), which responds plastically to environmental conditions (e.g. ROSE et al. 2009, COCOZZA et al. 2016, PRISLAN et al. 2018), indicating that climatic conditions are important for its growth, in addition to genetic predisposition (EILMANN et al. 2014).

Scots pine is one of the most widely distributed tree species, spanning a vast climatic gradient from

eastern Siberia to southern Spain (MÁTYÁS et al. 2004). Owing to the long adaptation time, the phenology of secondary growth of native origins is generally well synchronized with local weather conditions (REPO et al. 2000). Scots pine has therefore been the object of several studies on geographical variation of different functional traits, including radial growth and structural plasticity in response to drought (e.g. MARTÍNEZ-VILALTA et al. 2008, RICHTER et al. 2012).

Plants regulate their growth in response to environmental cues such as photoperiod, temperature and the availability of water and nutrients (KOZLOWSKY & PALLARDY 1997). The capacity of photosynthetic processes and competition for resources are constraining factors for tree growth (WARING 1987). Tree growth is directed hierarchically to the different tree parts according to their priority and demands. Foliage and buds are assumed to have the highest priority, followed by roots and mobile reserves, whereas protective chemicals and stems have the lowest priority (VAN NINEN & MÄKELÄ 2000). Carbon can only be converted into biomass to the extent chemical elements other than carbon, temperature or cell turgor permit (KÖRNER 2015). Of all processes related to plant growth, cell division and formation (expansion and wall development) are particularly sensitive to decline in turgor pressure (KÖRNER 2015, STEPPE et al. 2015).

Under stress, carbon allocation is altered (BLESSING et al. 2015). Biomass partitioning, i.e., the root-to-shoot ratio or the allometric function relating to above- and belowground biomass, can be a critical indicator of plant physiological processes (e.g. WILSON 1988). It reflects the different investment of photosynthates in above- and belowground organs and its variation is a response to differential selection for adaptations to different environmental conditions (e.g. YANG & LUO 2011). For example, tree species adapted to dry climatic regimes generally have higher root-to-shoot ratios and deeper root systems than species that are more suited to mesic climatic conditions (KOZLOWSKY & PALLARDY 1997, HARTMANN 2011), in order to increase access to the limiting resources for growth, such as water and nutrients (OVERDIECK et al. 2007).

Although the short-term effects of adverse environmental factors on plant physiology or growth are well documented (e.g. OVERDIECK et al. 2007, GRIČAR 2014, BLESSING et al. 2015), the impact of temperature on seedling growth and biomass allocation of different tree species after one or two growing seasons remains largely unexamined. Belowground carbon allocation is considered to be one of the least understood processes in tree physiology and its quantification is necessary for accurate modelling of forest net primary productivity and net ecosystem productivity (JOHNSON et al.

2007). The influence of different temperature conditions on lateral (xylem and bark) and apical increments, as well as below- and aboveground woody biomass in three-year old pine (*Pinus sylvestris*) and beech (*Fagus sylvatica*) seedlings in 2010–2011 were studied. The main novelty of this work is that it provides fundamental information on the comparison of variation in radial increment separately for bark and xylem parts. In addition, combined analyses, which include aboveground biomass (height and radial increment) and underground biomass, are presented.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Tree material and growth conditions

The tree material consisted of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings. For the experiment, 120 one-year-old pine and 90 one-year-old beech seedlings were bought from Omorika tree nursery (Muta, Slovenia) in November 2009. At that time, the stem diameter 2 cm above the root collar with a vernier calliper providing a precision to 0.010 mm and the height of each seedling using a measuring tape were measured. In addition, the volumes and lengths of the stem and root system of each seedling using a scanner and WinRHIZO software (Regent Instruments Inc. Quebec, Canada) at the beginning and at the end of the experiment in order to quantify and compare relative increase in above- and belowground biomass were separately measured. The seedlings were then planted in PVC pots (3 L). The bottom quarter of the pots was filled with silica sand to allow water drainage and the upper three quarters was filled with dystric cambisol originating from sandstone and slate ground rock collected from the upper soil horizon (0–30 cm) in a mixed forest, Roznik. The forest is near the Slovenian Forestry Institute in Ljubljana (46°03'N, 14°28'E, 323 m a.s.l.) and belongs to the *Blechno fagetum* forest association. After excavation, the soil was sieved through a 5x5 cm sieve, autoclaved and mixed with one third of vermiculite. No fertilizer was used during the experiment. Substrate consisted of 2/3 soil from the garden of the institute and 1/3 vermiculite to provide better ventilation in the root regions and better retention of moisture in the soil.

For the experiments, 30 beech and 40 pine seedlings were randomly selected and placed in each of the three different temperature conditions (GRIČAR 2014). Control seedlings (K) were grown outdoors, sheltered

from direct wind, while experimental conditions consisted of growth in either a greenhouse or in a climatized room (IMP Klima, Godovic, Slovenia). They were exposed to natural temperature variations in Ljubljana in 2010 and 2011. A weather station, which recorded average, maximum and minimum daily air temperature, was installed in the immediate vicinity of the plants. Seedlings in the greenhouse (G) were generally exposed to higher temperatures and in the climatized room (C) to lower temperatures than K during the growing season. Mean air temperature during the growing season was 17–19°C, 22–24°C and 15–17°C in K, G and C, respectively (GRIČAR 2014).

Air temperature and humidity were logged by USB dataloggers Voltcraft® DL-120 TH (Conrad Electronic UK Ltd, Barking, UK) at hourly intervals. CO₂ concentrations were monitored daily between 11:00–14:00 during the growing seasons using an infrared gas analyser Li-840 (Li-Cor Inc., Lincoln, USA). The relative air humidity was constantly monitored and kept between 70 % and 90 %. Water supply was not a limiting factor under any regime. Seedlings were watered with filtered tap water without additional nutrients, either by hand or via an automatic watering system that kept the soil moisture at 10–15 % during the growing season.

2.2 Monitoring radial increment of seedlings and histometric analysis

At the end of the experiment, i.e., in winter 2011, three-year-old beech and pine seedlings were taken from the pots and prepared for further analysis. For histometric analysis of wood increments at the stem base, about 2 cm long pieces of stem were extracted from each seedling and immediately placed in FAA fixative solution

(a mixture of formalin, 50 % ethanol and acetic acid). After one week, the samples were dehydrated in an alcohol series (30 %, 50 % and 70 %) and permanently stored in 70 % ethanol. Using a G.S.L. 1 (© Gärtner and Schweingruber, design and production: Lucchinetti, Schenkung Dapples, Zurich, Switzerland) sliding microtome and replaceable blades for universal knives, 20–25 mm thick cross-sections of stems were prepared, stained in an aqueous mixture of safranin (Merck, Darmstadt, Germany) (0.04 %) and astra blue (Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany) (0.15 %) dyes (WERF VAN DER et al. 2007) and finally mounted in Euparal (Waldeck, Münster, Germany) to produce permanent sections. All necessary observations and measurements of tissues were performed with an image analysis system consisting of an Olympus BX51 (Tokyo, Japan) light microscope, a PIXElink, PL-A66Z digital

camera and NIS-Elements Basic Research V.2.3 image analysis program (Tokyo, Japan). The widths of: (a) xylem increments in 2010 and 2011; (b) bark, also separately for periderm were measured. Measurements were taken at four locations on the cross-sections and then averaged.

Data processing, graph preparation and statistical analysis were done in Microsoft Excel and Statgraphics programs. The one-way ANOVA test was used to compare increment characteristics of pine and beech seedlings among regimes. In addition, Fisher's least significant difference (LSD) procedure was used for pairwise comparisons of treatment groups to discriminate among the means. Leven's test was used to assess the equality of variance in the samples. Student's t-test was used to compare the widths of xylem increments for 2010 and 2011 under an individual regime.

3 RESULTS

3.1 Stem and root increments

At the end of the experiment, seedling survival was 90–95 % and 85–90 % for beech and pine, respectively. Seedling increment in length was separated into stem and root extensions. Root extension was considerably higher in both species and represented about 90 % of the total length increment in beech and 74–87 % in pine (Figure 1). With beech, stem and root increments were largest in C (9.4 ± 0.76 cm and 98.9 ± 13.95 cm,

respectively). Stem increments were comparable in G and K (6.1 ± 0.57 cm and 6.9 ± 0.36 cm, respectively), whereas root increment was significantly lower in G (G: 49.5 ± 6.59 cm; K: 88.2 ± 12.91 cm) (Fig. 1a). The lowest stem and root increments of pine seedlings were detected in C (5.9 ± 0.59 cm and 39.8 ± 3.49 cm, respectively) (Figure 1b). The largest stem increment was detected in K pines (15.8 ± 0.85 cm) and of root in G pines (56.3 ± 4.15 cm). Comparison of the total seedling increment in the length of both species showed

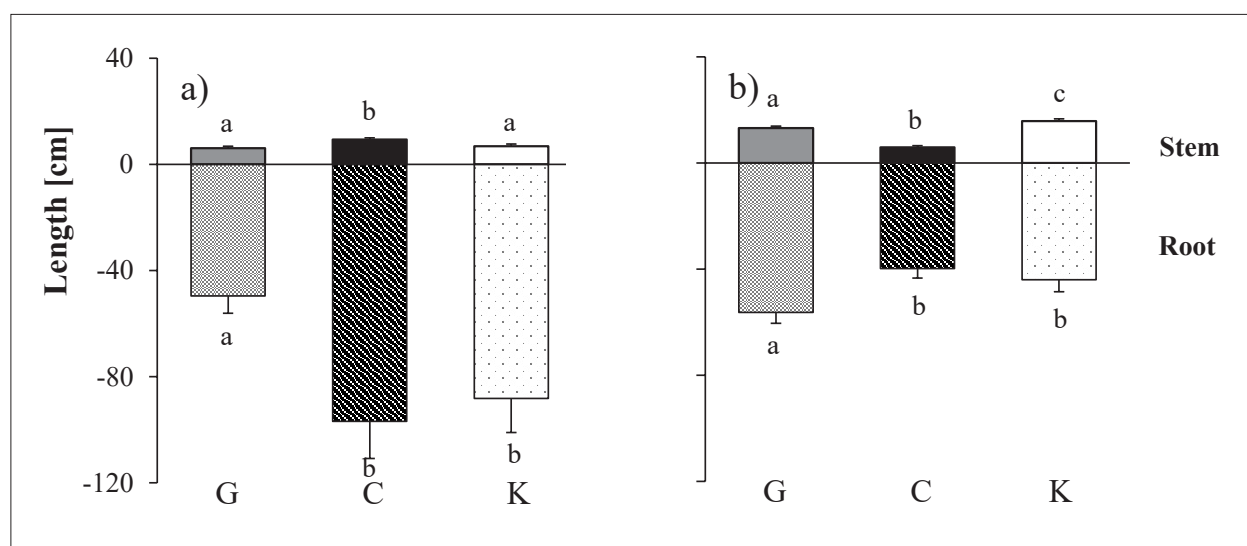


Figure 1: Stem and root increments in the length in seedlings of (a) *Fagus sylvatica* and (b) *Pinus sylvestris*.
Slika 1: Vršni prirastki debla in korenin pri sadikah (a) *Fagus sylvatica* in (b) *Pinus sylvestris*.

that only in G was it smaller in beech (for about 20 %), whereas in C and K it was about 132 % and 58 % greater, respectively.

3.2 Radial increment

Radial increment was divided into the widths of bark and xylem increments of 2010 and 2011 (Figure 2). With beech, all three measured parameters were widest in C (xylem in 2010: $380.9 \pm 45.0 \mu\text{m}$; xylem in 2011: $755.0 \pm 57.9 \mu\text{m}$; bark: $375.7 \pm 22.3 \mu\text{m}$) and narrowest in G (xylem in 2010: $282.0 \pm 94.5 \mu\text{m}$; xylem in 2011: $371.4 \pm 80.8 \mu\text{m}$; bark: $340.5 \pm 9.4 \mu\text{m}$) (Figure 2a). In the case of pine, radial increments, with the exception of xylem increments in 2010, were widest in K (xylem in 2010: $708.9 \pm 68.9 \mu\text{m}$; xylem in 2011: $1242.6 \pm 104.3 \mu\text{m}$; bark: $906.8 \pm 57.4 \mu\text{m}$) and narrowest in C (xylem in 2010: $636.1 \pm 43.1 \mu\text{m}$; xylem in 2011: 572.7 ± 47.1

μm ; bark: $614.7 \pm 25.1 \mu\text{m}$) (Figure 2b). Comparison of the total radial increments of seedlings of the two species under different temperature conditions showed that they were wider in pine in all three regimes; by about 54 % in G, 19 % in C and 50 % in K (GRIČAR 2014). Considering only the xylem part, total two-year xylem increment was wider in pine in all three cases; by about 57 % in G, 9 % in C and 45 % in K (GRIČAR 2014). However, distinguishing xylem increments formed in 2010 and 2011, only increments in 2011 of C beech were wider than those of pine.

Bark occupied only about 10 % of the total radial increment in beech in all cases and 23–30 % in pine. Only C pines with the widest stem diameters had statistically the widest bark ($906.8 \pm 181.6 \mu\text{m}$). Periderm thickness was comparable in pine seedlings under all conditions (78–88 μm) and represented 10–14 % of bark tissue, whereas in beech it was widest in C ($55.1 \pm 13.1 \mu\text{m}$) and occupied 15 % of bark tissue.

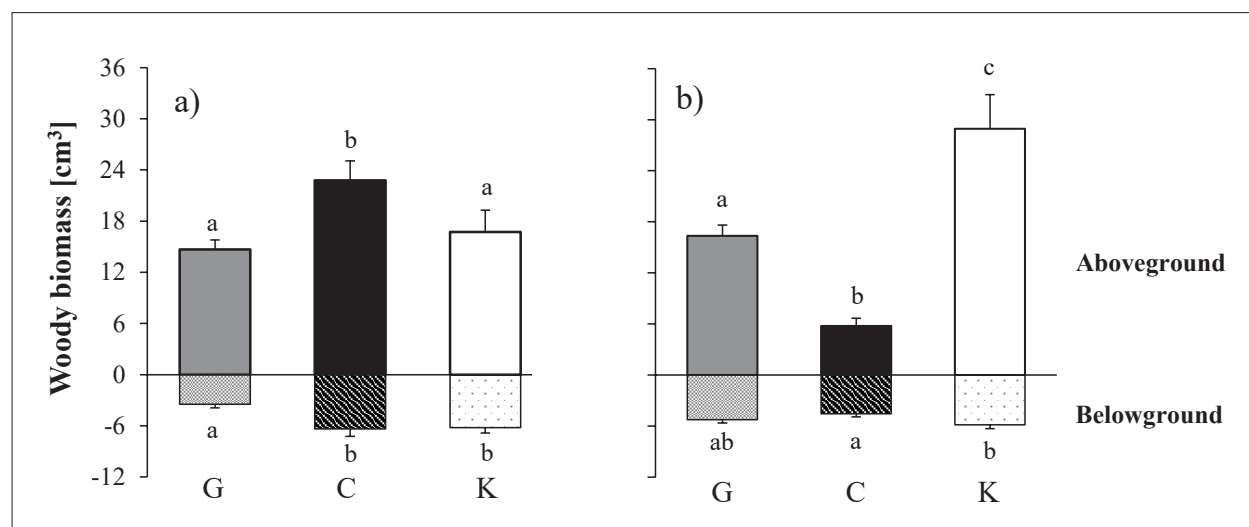


Figure 2: Radial increment, divided into widths of bark and xylem increments in 2010 and 2011, in seedlings of (a) *Fagus sylvatica* and (b) *Pinus sylvestris*.

Slika 2: Debelinski prirastek razdeljen v širino skorje in lesa v letih 2010 in 2011 pri sadikah (a) *Fagus sylvatica* in (b) *Pinus sylvestris*.

3.3 Woody biomass

Woody biomass was observed above- and belowground. It was in general substantially higher aboveground in both tree species (for about 70–80 %); only in C pine was it similar (Figure 3). With beech, the highest amount of total woody biomass (as well as above- and belowground) was detected in C (aboveground: $22.8 \pm 2.3 \text{ cm}^3$; belowground: $6.4 \pm 0.9 \text{ cm}^3$)

and lowest in G (aboveground: $14.7 \pm 1.1 \text{ cm}^3$; belowground: $3.5 \pm 0.4 \text{ cm}^3$) (Figure 3a). In the case of pine, the amount of woody biomass was highest in K (aboveground: $28.9 \pm 4.0 \text{ cm}^3$; belowground: $5.9 \pm 0.5 \text{ cm}^3$) and lowest in C (aboveground: $5.8 \pm 0.9 \text{ cm}^3$; belowground: $4.6 \pm 0.4 \text{ cm}^3$) (Figure 3b). Comparison of the total amount of woody biomass of seedlings of both species under different temperature conditions showed that it was highest in beech in C and in pine in K. It

was the same situation in the case of belowground biomass, whereas in G above- and belowground biomass

was higher in pine by about 10 % and 34 %, respectively.

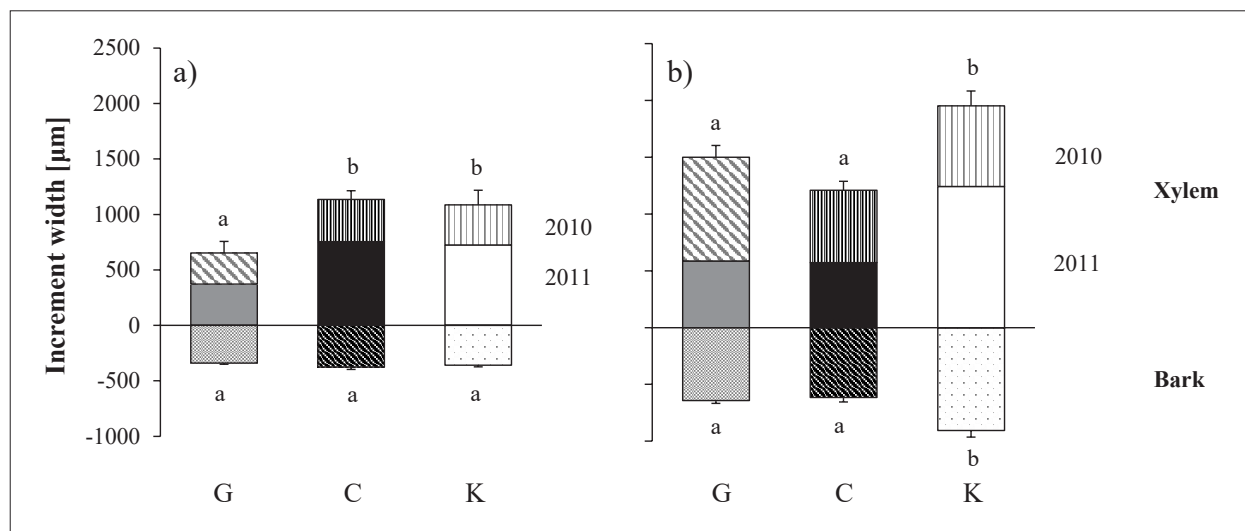


Figure 3: Above- and belowground woody biomass in seedlings of (a) *Fagus sylvatica* and (b) *Pinus sylvestris*.

Slika 3: Nadzemna in podzemna lesna biomasa pri sadikah (a) *Fagus sylvatica* in (b) *Pinus sylvestris*.

4 DISCUSSION

Phenotypic plasticity is the ability of an organism to change its phenotype in response to changes in the environment. In addition to allocational and morphological traits, anatomical traits may vary with the environment (SULTAN 2000). Although phenotypic plasticity may vary among different provenances, European beech and Scots pine are known as plastic tree species that generally adapt well to local environmental conditions (e.g. MEIER & LEUSCHNER 2008, RICHTER et al. 2012, EILMANN et al. 2014). The observations revealed a different response of beech and pine seedlings to temperature in terms of radial increment, stem and root extensions and biomass allocation.

4.1 Alteration in radial increment in response to temperature

In terms of radial increment, xylem increments were narrowest in the case of increased temperature for beech and decreased temperature for pines. With the exception of C in the first year of the experiment, radial increments were wider in all cases in pine than in beech (GRIČAR 2014). This could be ascribed to transplant shock and demonstrates a different temporal ef-

fect of abruptly changed conditions on the radial increment of pine and beech seedlings. In addition to the xylem part, radial increment also includes bark part. There was no difference in the thickness of bark in beech seedlings exposed to different conditions, whereas in control pines, which had the widest xylem increments, the bark was also widest. It can be expected that width of the bark would increase with the stem diameter. However, variations in bark width are difficult to compare among tree species due to their specific and diverse structure and contemporary secondary changes occurring in old secondary and primary bark tissues (HOLDHEIDE 1951, ROSELL et al. 2014). In the study, young pine seedlings with no dead bark were included, so the exposure of the inner, living phloem and cambial regions to environmental conditions was comparable between the two species. Narrow bark accompanied by no or a thin layer of dead bark can also partly explain the greater sensitivity of young trees to exacerbated climatic conditions compared with adult trees (GRIČAR 2013). Nevertheless, bark was generally thicker in pine, which is in line with “spacing save strategy” of beech bark—that permanently retain only one periderm (HOLDHEIDE 1951).

4.2 Alteration in stem and root extensions in response to temperature

It was found in the study that variations in stem and root extensions to temperature were comparable; either greater or smaller than in controlled seedlings. Similarly as with radial increment, low temperature negatively affected stem and root extensions of pine but positively of beech. According to EKBERG et al. (1979), alternating temperature with a 10°C difference between night and day is optimal for shoot growth in *P. sylvestris* and *Pinus contorta*. In contrast, JUNTILA (1986) found no significant effect of alternating temperature on shoot extension in *P. sylvestris*. In addition, he observed that temperature during bud formation had a significant effect on stem length in the following year and that final shoot length was significantly affected by temperature during shoot elongation, with the optimum reached at 18–21°C of constant temperature (JUNTILA 1986).

Root extension was generally greater than that of stems in both species (on average 8–14 times in beech and 3–7 times in pines). In the case of pine, the ratio root:stem extension varied similarly as increments in length and radial diameter under different temperature treatments. It was lowest in K and highest in C, indicating that unfavourable temperature diminished stem and root extensions, although to a different degree, since it diminished stem length increment more. With beech, variations in the ratio root:stem extension in response to temperature did not follow the same pattern as radial diameter or stem and root extensions. It was precisely the reverse, lowest in G and highest in K. These differences could be attributed to leaf phenology, since pine is an evergreen tree and beech a deciduous one, which further influences the rate of photosynthesis and area of photosynthetic tissue. In addition to temperature control of photosynthetic capacity, temperature probably directly affects meristematic activity and the partitioning of photosynthetic products among plant parts.

4.3 Biomass allocation shifts in response to temperature

Quantitative assessments of biomass partitioning are essential for evaluating the responses of vegetation growth to ambient environmental conditions and for understanding root biomass distributions in terrestrial ecosystems (YANG & LUO 2011). Biomass allocation shifts of pine and beech in response to favourable or adverse temperature for increment in length and

diameter thus differ and are assumed to be a species-specific strategy for adaptation and survival in given environmental conditions. With beech, above- and belowground biomass was reduced in the case of elevated temperature, with the smallest share being in roots. Furthermore, it was found that a cool environment limited the growth of pines, which is in line with its pioneer character (MÁTYÁS et al. 2004). It resulted in the lowest amount of biomass and its highest allocation to belowground, which represented almost half of the total biomass accumulation. In particular, fine root biomass has been reported to increase in response to low temperature at the treeline (HERTEL & SCHÖLING 2011). DOMISCH et al. (2001) found that, after nine weeks of experiment, a low soil temperature of 5°C had a negative effect on shoot and root extension, resulting in the lowest biomass of Scots pine seedlings. In response to increasing soil temperature, belowground biomass increased markedly, resulting in a slightly higher allocation of biomass to belowground parts. The authors also observed that soil temperature of 13°C and 17°C affected shoot and root growth of Scots pine differently; the root elongation rate increased with soil temperature, whereas the shoot elongation rate was unaffected by an increase in soil temperature (DOMISCH et al. 2001). Roots are known to be essential for carbohydrate storage and the amount changes seasonally, with the lowest reserves in spring and highest late in the season or during dormancy (REGIER et al. 2010). These carbohydrates are the major substrates for respiring during winter and for respiration, growth and development early in the subsequent year (BRUNNER et al. 2015). The metabolic activity of the root system and its sink strength decrease at low soil temperatures, resulting in reduced belowground translocation of photosynthates (HUREWITZ & JANES 1983) and a corresponding aboveground accumulation of biomass, whereas at higher soil temperatures, the root system becomes a strong sink for photosynthates (LIPPU 1998). It is expected that soil warming will generally result in greater root production and mortality, and greater root carbon flux to the soil (PREGITZER et al. 2000). The age of a plant can also influence responses of roots to changing soil temperature. Young perennial plants invest relatively more carbon in tissue construction, while older plants allocate a higher proportion of their annual carbon budget to maintenance of the root system and the replacement of short-lived feeder roots (PREGITZER et al. 2000).

In addition to temperature variations, it is known that biomass allocation can also be greatly modified by water availability (BLESSING et al. 2015). In order to

adapt to dry climatic regimes, tree species generally have higher root-to-shoot ratios and deeper root systems than species that are more suited to mesic climatic conditions (KOZLOWSKY & PALLARDY 1997, HARTMANN 2011), in order to increase access to limiting resources for growth, such as water and nutrients (OVERDIECK et al. 2007, RICHTER et al. 2012). Furthermore, RICHTER et al. (2012) stressed that southern provenances and species were found to be less plastic than continental ones because limited phenotypic plasticity is beneficial in stressful environments (TOGNETTI et al. 1995, ROSE et al. 2009).

With the exception of pine in C, the stem increment in diameter in all cases exceeded the increment in length, whereas in the case of roots, it was just the opposite; increment in length was 13–16 and 7–11 times greater for beech and pine, respectively. Since a large supply of assimilates is required for both stem and radial increments, they internally compete for car-

bohydrates, although shoot apices and leaves have a higher-ranking priority than cambium as a sink for carbon (MINCHIN & LACOINTE 2005). Only after shoots have completed growth are resources allocated to the process of secondary wall formation of thick-walled latewood cells (ROSSI et al. 2009).

Plasticity in cambial and leaf phenologies is an important adaptation of trees to changed climatic conditions since species can avoid stress conditions by timing their growth (e.g. PRISLAN et al. 2013). It has been shown that the early emergence of Scots pine seedlings at its southern distribution limit increased the time period available for seedling development before the onset of summer drought, which increased seedling survival irrespective of the severity of the drought (CASTRO et al. 2006). Extended growing seasons as a result of rising temperature might thus buffer the negative impacts of summer drought on tree seedling establishment (RICHTER et al. 2012).

5 CONCLUSIONS

The short-term treatments clearly show that biomass allocation shifts of pine and beech in response to temperature seem to be a species-specific plastic adjustment to environmental heterogeneity. With a rapid global warming scenario (IPCC 2014), this individual plastic response may play an important role in acclimation to new environmental conditions (RENNENBERG et al. 2006). In addition, information on the extent to which provenance performance is related to environmental conditions and genetic predisposition in order to guarantee the vitality and productivity of future beech stands should be considered (ROSE et al. 2009, EILMANN et al. 2014). Finally, only differences at the bulk tissue level were compared in this study, although differences in the anatomical traits of xylem and bark (GRIČAR 2017), as well as tissues, is also crucial to better understanding the plasticity of the studied tree species (e.g. LACHENBRUCH & MCCULLOH 2014).

Seedlings may be especially vulnerable to predicted climate changes, since their ability to survive may be restricted. In future studies, it would be desirable to extend research to the underlying physiological processes. The short-term experiment shows that a continuation of such observations over several growing seasons is necessary to capture the short- and long-term response of tree growth under changing environmental conditions (GRIČAR 2014). Moreover, the results from this short-term experiment conducted with small seedlings may not be directly applicable to older trees, since the effects may be different if the responses are studied over longer periods of time (DOMISCH et al. 2001). Thus, in the context of future climate change, long-term adaptive responses and highly flexible resource allocation patterns of trees and forests must be taken into account.

6 POVZETEK

Podnebne spremembe in s tem povezanimi pogostejši in intenzivnejši ekstremni vremenski dogodki, kot so suše, vročinski valovi, pozebe in poplave, bodo nedvomno vplivali na drevesno sestavo in porazdelitev gozdnih sestojev v številnih regijah. Občutnejši stres na drevesa in gozdne ekosisteme lahko poveča dovzetnost

dreves za patogene organizme in sčasoma vodi do propadanja posamezne drevesne vrste in degradacije gozdov. V stresnih razmerah se porazdelitev ogljika vezanega v lesni biomasi spremeni. Porazdelitev biomase, tj. razmerje med koreninskim in debelnim prirastkom oziroma delež nadzemne in podzemne biomase, je

lahko pokazatelj fizioloških procesov v rastlini, saj odraža različno porazdelitev fotosintatov v nadzemne in podzemne organe. Spremembe v tej porazdelitvi pa lahko razumemo kot odziv na prilagoditev posamezne drevesne vrste različnim okoljskim razmeram. Načini odziva dreves na spremenjene okoljske razmere so zlasti ključni za ekološko in gospodarsko pomembne evropske drevesne vrste, kot sta na primer navadna bukev in rdeči bor, saj bo to vplivalo na njihovo rast in konkurenčno sposobnost ter posledično na gospodarjenje z gozdovi.

Malo je znanega o vplivu temperature na rast sadik in alokacijo biomase pri različnih drevesnih vrstah, zato smo raziskali vpliv različnih temperaturnih razmer na debelinsko rast debla (les in skorja), vršno rast debla in korenin ter na podzemno in nadzemno lesno biomaso pri triletnih sadikah navadne bukve (*Fagus sylvatica* L.) in rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.) v obdobju 2010–2011. Pozimi 2009/2010 smo 120 sadikam rdečega bora in 90 sadikam navadne bukve, ki smo jih kupili v drevesnici Omorika (Muta), s pomočjo sistema za analizo slike WinRHIZO in 3D skenerja izmerili volumen korenin in stebela, in sicer na začetku in koncu poskusa. Na ta način smo določili relativni prirastek nadzemne in podzemne lesne biomase za vsako sadiko posebej. Sadikam smo s kljunastim merilom izmerili še premer stebela, približno 2 cm nad koreninskim vratom (bor = 0,2–0,3 cm; bukev = 0,3–0,4 cm) ter višino (bor = 15–20 cm; bukev = 30–40 cm) z merilnim trakom, jih označili in posadili v plastične lonce. Eksperiment smo zastavili v treh različnih temperaturnih razmerah. V vsakem režimu je bilo tako 40 sadik bora in 30 sadik bukve, ki so bile naključno razvrščene v posamezne skupine. Kontrolne sadike so rasle na prostem, približno 10 m od rastlinjaka, in zaščitene pred dežjem in neposrednim vetrom. Izpostavljene so bile naravnim temperaturnim razmeram v Ljubljani v letih 2010 in 2011. Vremenska postaja, ki je beležila povprečne, maksimalne in minimalne dnevne temperature zraka in količino padavin, je bila nameščena v neposredni bližini sadik. Povprečna temperatura zraka med rastnima sezonama je bila = 17–19°C. Druga skupina sadik v rastlinjaku je bila podvržena višjim temperaturam (T tekom rastne sezone = 22–24°C), tretja skupina sadik v hladilni komori pa nižjim (T tekom rastne sezone = 15–17°C). Ob koncu poskusa, tj. pozimi 2011, smo sadike vzeli iz loncev in jih pripravili za nadaljnje analize. Za lesno-anatomske analize smo z drsnim mikrotomom pripravili 20–25 µm debele prečne prereze lesa in skorje in jih obarvali v vodni mešanici barvil safranin in astra modro. Vse potrebne histometrične analize smo opravili s svetlobnim mikroskopom Olympus BX51 in programom za

analizo slike Elements Basic Research v.2.3. Za statistične analize smo uporabili program Statgraphics, za izdelavo grafov pa Microsoft Excel.

Lesni prirastki so bili najmanjši v primeru povišane temperature pri bukvi, pri boru pa pri zmanjšani temperaturi. Pri sadikah bukve izpostavljenih različnim temperaturnim razmeram ni bilo razlik v širini skorje, medtem ko je bil delež skorje pri boru največji pri kontrolnih sadikah, ki so imele tudi najširše premere. Debelina periderma je bila primerljiva pri sadikah izpostavljenih različnim temperaturam in je predstavljala 10–14 % tkiva skorje pri bukvi in 15 % tkiva pri boru. Debelinski prirastki so bili v vseh režimih širši pri boru kot pri bukvi. Prirastek glavne korenine je bil znatno večji kot prirastek debla pri obeh vrstah in je predstavljal približno 90 % celotne vršne rasti pri bukvi in 74–87 % pri boru. Nadzemna lesna biomasa je bila pri obeh drevesnih vrstah bistveno večja (za približno 70–80 %) v primerjavi s podzemno biomaso. Pri bukvi je bila celotna biomasa zmanjšana pri povišani temperaturi z najmanjšim deležem korenin. Pri boru je bila najmanjša količina biomase pri znižani temperaturi, ko smo zabeležili največjo prerazporeditev biomase v podzemne dele, ki so predstavljali skoraj polovico celotne lesne biomase. V študiji so prikazane spremembe v širini dvoletnega debelinskega prirastka ločeno za les in skorjo, ki je dostikrat v tovrstnih analizah prezrta, vendar lahko pri sadikah ali mladih drevesnih predstavlja znaten delež lesnega tkiva. Vključena je bila tudi podzemna lesna biomasa, ki je ravno tako dostikrat prezrta, četudi je njena kvantifikacija nujna za natančno oceno in modeliranje neto primarne produktivnosti gozdov oziroma kopenskih ekosistemov.

Kratkoročni poskusi kažejo, da okoljske razmere za optimalno rast proučevanih drevesnih vrst niso primerljive, kar se odraža v različnih prerazporeditvah biomase pri boru in bukvi pri različnih temperaturnih režimih. Način in hitrost odziva posamezne vrste bo lahko v prihodnje njena pomembna konkurenčna prednost ali ovira pri prilagajanju na nove razmere. V raziskavi smo sicer primerjali le razlike na ravni tkiv, medtem ko denimo anatomskih značilnosti lesa in skorje nismo vključili. Vendar pa ravno značilnosti prevodnih elementov v lesu (traheje/ traheide) in skorji (sitasti elementi) ključni za razumevanje plastičnosti proučevanih drevesnih vrst na različna okolja. Sadike in mlada drevesa so še posebej občutljivi na podnebne spremembe in zmožnost preživetja, zato bi bilo smiselno v prihodnje združiti lesno-morfološke analize z eko-fiziološkimi meritvami. Dvoletni poskus kaže, da je smiselno nadaljevanje tovrstnih opazovanj v daljšem časovnem obdobju, s čimer bi zajeli kratkoročne

in dolgoročne odzive rasti dreves na spremenjene okoljske razmere. Rezultatov pridobljenih na sadikah ravno tako ni mogoče aplicirati na odrasla drevesa,

kjer so odzivi lahko povsem drugačni. Nenazadnje pa je potrebno upoštevati še dolgoročne prilagoditve dreves na spremenjene lokalne razmere.

ACKNOWLEDGEMENTS – ZAHVALA

Thanks to Špela Jagodic, Dr. Ines Štraus, Melita Hrenko and Dr. Boštjan Mali from the Slovenian Forestry Institute and graduate student Urška Mihoci at the Department for Forestry and Renewable Forest Resources at the Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, for their invaluable help in the field and laboratory. I

thank Martin Creegen for language editing. The work was supported by the Slovenian Research Agency and the Ministry of Agriculture, Forestry and Food through projects V4-0496 and L7-2393, programme P4-0107, and by the FP7 Capacities project EUFOR-INNO (REGPOT No. 315982).

6 REFERENCES – LITERATURA

- ALLEN, C.D., A.K. MACALADY, H. CHENCHOUNI, D. BACHELET, N. MCDOWELL, M. VENNETIER, T. KITZBERGER, A. RIGLING, D.D. BRESHEARS, E.H. HOGG, P. GONZALEZ, R. FENSHAM, Z. ZHANG, J. CASTRO, N. DEMIDOVA, J.-H. LIM, G. ALLARD, S.W. RUNNING, A. SEMERCI & N. COBB, 2010: *A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests*. *Forest Ecology and Management* (Amsterdam) 259: 660-684. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>
- BLESSING, C.H., R.A. WERNER, R. SIEGWOLF & N. BUCHMANN, 2015: *Allocation dynamics of recently fixed carbon in beech saplings in response to increased temperatures and drought*. *Tree Physiology* (Victoria B.C.) 35: 585-598. <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/tpv024>
- BRUNNER, I., C. HERZOG, M. DAWES, M. AREND & C. SPERISEN, 2015: *How tree roots respond to drought*. *Frontiers in Plant Science* (Lausanne) 6: <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2015.00547>
- CASTRO, J., R. ZAMORA & J.A. HÓDAR, 2006: *Restoring Quercus pyrenaica forests using pioneer shrubs as nurse plants*. *Applied Vegetation Science* (Hoboken) 9: 137-142. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1654-109X.2006.tb00663.x>
- COCOZZA, C., M. DE MIGUEL VEGA, E. PSIDOVA, L. DITMAROVA, S. MARINO, L. MAIURO, A. ALVINO, T. CZAJKOWSKI, A. BOLTE & R. TOGNETTI, 2016: *Variation in ecophysiological traits and drought tolerance of beech (Fagus sylvatica L.) seedlings from different populations*. *Frontiers in Plant Science* (Lausanne) 7: <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2016.00886>
- DIEKMANN, M., O. EILERTSEN, E. FREMSTAD, J.E. LAWESSON & E. AUDE, 1999: *Beech forest communities in the Nordic countries – a multivariate analysis*. *Plant Ecology* (Dordrecht) 140: 203-220. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1009768225798>
- DOMISCH, T., L. FINÉR & T. LEHTO, 2001: *Effects of soil temperature on biomass and carbohydrate allocation in Scots pine (Pinus sylvestris) seedlings at the beginning of the growing season*. *Tree Physiology* (Victoria B.C.) 21: 465-472. <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/21.7.465>
- EILMANN, B., F. STERCK, L. WEGNER, S.M.G. DE VRIES, G. VON ARX, G.M.J. MOHREN, J. DEN OUDEN & U. SASS-KLAASSEN, 2014: *Wood structural differences between northern and southern beech provenances growing at a moderate site*. *Tree Physiology* (Victoria B.C.) 34: 882-893. <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/tpu069>
- EKBERG, I., G. ERIKSSON & I. DORMLING, 1979: *Photoperiodic reactions in conifer species*. *Holarctic Ecology* (Copenhagen) 2: 255-263.
- FISCHER, S. & B. NEUWIRTH, 2013: *Vulnerability of trees to climate events in temperate forests of West Germany*. *ISRN Forestry* (Cairo) 2013: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/201360>
- GRIČAR, J., 2013: *Influence of applied temperature on cambial activity and cell differentiation in Quercus sessiliflora and Acer pseudoplatanus of different ages*. *Drvna Industrija* (Zagreb) 64: 95-105. <http://dx.doi.org/10.5552/drind.2013.1246>
- GRIČAR, J., 2014: *Effect of temperature on radial growth of beech and pine saplings in the first and second year of the experiment: a comparison*. *Drvna Industrija* (Zagreb) 65: 283-292 <http://dx.doi.org/10.5552/drind.2014.1344>

- GRIČAR, J., 2017: *Značilnosti zgradbe lesa sadik bora (Pinus sylvestris) in bukve (Fagus sylvatica) izpostavljenih trem različnim okoljskim razmeram*. Folia biologica et geologica (Ljubljana) 58: 47-57. <http://dx.doi.org/10.3986/fbg0020>
- HARTMANN, H., 2011: *Will a 385 million year-struggle for light become a struggle for water and for carbon? – How trees may cope with more frequent climate change-type drought events*. Global Change Biology (Hoboken) 17: 642-655. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02248.x>
- HERTEL, D. & D. SCHÖLING, 2011: *Below-ground response of Norway spruce to climate conditions at Mt. Brocken (Germany)—A re-assessment of Central Europe's northernmost treeline*. Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants (Jena) 206: 127-135. <http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2010.05.001>
- HOLDHEIDE, W., 1951: *Anatomie mitteleuropäischer Gehölzrinden*. V: H. Freud (ur.): *Handbuch der Mikroskopie in der Technik*. Umschau Verlag (Frankfurt am Main) str. 193-367.
- HUREWITZ, J. & H.W. JANES, 1983: *Effect of altering the root-zone temperature on growth, translocation, carbon exchange rate, and leaf starch accumulation in the tomato*. Plant Physiology (Rockville) 73: 46-50.
- IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. V: Core Writing Team, R. K. Pachauri & L. A. Meyer (ur.): IPCC. Geneva.
- JOHNSEN, K., C. MAIER, F. SANCHEZ, P. ANDERSON, J. BUTNOR, R. WARING & S. LINDER, 2007: *Physiological girdling of pine trees via phloem chilling: proof of concept*. Plant, Cell & Environment (Hoboken) 30: 128-134. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3040.2006.01610.x>
- JUNTTILA, O., 1986: *Effects of temperature on shoot growth in northern provenances of Pinus sylvestris L.* Tree Physiology (Victoria B.C.) 1: 185-192. <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/1.2.185>
- KÖRNER, C., 2015: *Paradigm shift in plant growth control*. Current Opinion in Plant Biology (London) 25: 107-114. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pbi.2015.05.003>
- KOZLOWSKY, T.T. & S.G. PALLARDY, 1997: *Growth control in woody plants*. San Diego.
- KRAMER, K., B. DEGEN, J. BUSCHBOM, T. HICKLER, W. THUILLER, M.T. SYKES & W. DE WINTER, 2010: *Modelling exploration of the future of European beech (Fagus sylvatica L.) under climate change – Range, abundance, genetic diversity and adaptive response*. Forest Ecology and Management (Amsterdam) 259: 2213-2222. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2009.12.023>
- LACHENBRUCH, B. & K.A. MCCULLOH, 2014: *Traits, properties, and performance: how woody plants combine hydraulic and mechanical functions in a cell, tissue, or whole plant*. New Phytologist (Hoboken) 204: 747-764. <http://dx.doi.org/10.1111/nph.13035>
- LEUSCHNER, C., K. BACKES, D. HERTEL, F. SCHIPKA, U. SCHMITT, O. TERBORG & M. RUNGE, 2001: *Drought responses at leaf, stem and fine root levels of competitive Fagus sylvatica L. and Quercus petraea (Matt.) Liebl. trees in dry and wet years*. Forest Ecology and Management (Amsterdam) 149: 33-46. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00543-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00543-0)
- LIPPU, J., 1998: *Redistribution of 14C-labelled reserve carbon in Pinus sylvestris seedlings during shoot elongation*. Silva Fennica (Vantaa) 32: 3-10. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.696>
- MARTINEZ-MEIER, A., L. SÁNCHEZ, M. PASTORINO, L. GALLO & P. ROZENBERG, 2008: *What is hot in tree rings? The wood density of surviving Douglas-firs to the 2003 drought and heat wave*. Forest Ecology and Management (Amsterdam) 256: 837-843.
- MARTÍNEZ-VILALTA, J., B.C. LÓPEZ, N. ADELL, L. BADIELLA & M. NINYEROLA, 2008: *Twentieth century increase of Scots pine radial growth in NE Spain shows strong climate interactions*. Global Change Biology (Hoboken) 14: 2868-2881. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01685.x>
- MÁTYÁS, C., L. ACKZELL & C.J.A. SAMUEL, 2004: *EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Scots pine (Pinus sylvestris)*. Rome.
- MEIER, I.C. & C. LEUSCHNER, 2008: *Leaf size and leaf area index in Fagus sylvatica forests: competing effects of precipitation, temperature, and nitrogen availability*. Ecosystems (New York) 11: 655-669. <http://dx.doi.org/10.1007/s10021-008-9135-2>
- MINCHIN, P.E.H. & A. LACOINTE, 2005: *New understanding on phloem physiology and possible consequences for modelling long-distance carbon transport*. New Phytologist (Hoboken) 166: 771-779. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01323.x>
- OVERDIECK, D., D. ZICHE & K. BÖTTCHER-JUNGCLAUS, 2007: *Temperature responses of growth and wood anatomy in European beech saplings grown in different carbon dioxide concentrations*. Tree Physiology (Victoria B.C.) 27: 261-268. <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/27.2.261>

- POLJANEC, A., A. FICKO & A. BONCINA, 2010: *Spatiotemporal dynamic of European beech (Fagus sylvatica L.) in Slovenia, 1970–2005*. Forest Ecology and Management (Amsterdam) 259: 2183-2190. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.022>
- PREGITZER, K.S., J.S. KING, A.J. BURTON & S.E. BROWN, 2000: *Responses of tree fine roots to temperature*. New Phytologist 147: 105-115. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00689.x>
- PRETZSCH, H., M. DEL RÍO, C. AMMER, A. AVDAGIC, I. BARBEITO, K. BIELAK, G. BRAZAITIS, L. COLL, G. DIRNBERGER, L. DRÖSSLER, M. FABRIKA, D.I. FORRESTER, K. GODVOD, M. HEYM, V. HURT, V. KURYLYAK, M. LÖF, F. LOMBARDI, B. MATOVIĆ, F. MOHREN, R. MOTTA, J. DEN OUDEN, M. PACH, Q. PONETTE, G. SCHÜTZE, J. SCHWEIG, J. SKRZYSZEWSKI, V. SRAMEK, H. STERBA, D. STOJANOVIĆ, M. SVOBODA, M. VANHELLEMONT, K. VERHEYEN, K. WELLHAUSEN, T. ZLATANOV & A. BRAVO-OVIEDO, 2015: *Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (Pinus sylvestris L.) and European beech (Fagus sylvatica L.) analysed along a productivity gradient through Europe*. European Journal of Forest Research (New York) 134: 927-947. <http://dx.doi.org/10.1007/s10342-015-0900-4>
- PRISLAN, P., K. ČUFAR, M. DE LUIS & J. GRIČAR, 2018: *Precipitation is not limiting for xylem formation dynamics and vessel development in European beech from two temperate forest sites*. Tree Physiology (Victoria B.C.) 38: 186-197. <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/tpx167>
- PRISLAN, P., J. GRIČAR, M. DE LUIS, K.T. SMITH & K. ČUFAR, 2013: *Phenological variation in xylem and phloem formation in Fagus sylvatica from two contrasting sites*. Agricultural and Forest Meteorology (Amsterdam) 180: 142-151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.06.001>
- PRISLAN, P., U. SCHMITT, G. KOCH, J. GRIČAR & K. ČUFAR, 2011: *Seasonal ultrastructural changes in the cambial zone of beech (Fagus sylvatica) grown at two different altitudes*. IAWA Journal (Leiden) 32: 443-459. <http://dx.doi.org/10.1163/22941932-90000070>
- REGIER, N., S. STREB, S.C. ZEEMAN & B. FREY, 2010: *Seasonal changes in starch and sugar content of poplar (Populus deltoides × nigra cv. Dorskamp) and the impact of stem girdling on carbohydrate allocation to roots*. Tree Physiology (Victoria B.C.) 30: 979-987. <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/tpq047>
- RENNENBERG, H., F. LORETO, A. POLLE, F. BRILLI, S. FARES, R.S. BENIWAL & A. GESSLER, 2006: *Physiological responses of forest trees to heat and drought*. Plant Biology (Hoboken) 8: 556-571. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2006-924084>
- REPO, T., G. ZHANG, A. RYYPÖ, R. RIKALA & M. VUORINEN, 2000: *The relation between growth cessation and frost hardening in Scots pines of different origins*. Trees (Berlin) 14: 456-464. <http://dx.doi.org/10.1007/s004680000059>
- RICHTER, S., T. KIPFER, T. WOHLGEMUTH, C. CALDERÓN GUERRERO, J. GHAZOUL & B. MOSER, 2012: *Phenotypic plasticity facilitates resistance to climate change in a highly variable environment*. Oecologia (New York) 169: 269-279. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-011-2191-x>
- ROSE, L., C. LEUSCHNER, B. KÖCKEMANN & H. BUSCHMANN, 2009: *Are marginal beech (Fagus sylvatica L.) provenances a source for drought tolerant ecotypes?* European Journal of Forest Research (New York) 128: 335-343. <http://dx.doi.org/10.1007/s10342-009-0268-4>
- ROSELL, J.A., S. GLEASON, R. MÉNDEZ-ALONZO, Y. CHANG & M. WESTOBY, 2014: *Bark functional ecology: evidence for tradeoffs, functional coordination, and environment producing bark diversity*. New Phytologist (Hoboken) 201: 486-497. <http://dx.doi.org/10.1111/nph.12541>
- ROSSI, S., S. SIMARD, C.B.K. RATHGEBER, A. DESLAURIERS & C. DE ZAN, 2009: *Effects of a 20-day-long dry period on cambial and apical meristem growth in Abies balsamea seedlings*. Trees-Structure and Function (Berlin) 23: 85-93. <http://dx.doi.org/10.1007/s00468-008-0257-0>
- SCHAR, C., P.L. VIDALE, D. LUTHI, C. FREI, C. HABERLI, M.A. LINIGER & C. APPENZELLER, 2004: *The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves*. Nature (London) 427: 332-336.
- STEPPE, K., F. STERCK & A. DESLAURIERS, 2015: *Diel growth dynamics in tree stems: linking anatomy and ecophysiology*. Trends in Plant Science (Oxford) 20: 335-343. [10.1016/j.tplants.2015.03.015](http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2015.03.015)
- SULTAN, S.E., 2000: *Phenotypic plasticity for plant development, function and life history*. Trends in Plant Science (Oxford) 5: 537-542. [http://dx.doi.org/10.1016/S1360-1385\(00\)01797-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1360-1385(00)01797-0)
- TOGNETTI, R., J.D. JOHNSON & M. MICHELOZZI, 1995: *The response of European beech (Fagus sylvatica L.) seedlings from two Italian populations to drought and recovery*. Trees (Berlin) 9: 348-354. <http://dx.doi.org/10.1007/bf00202499>
- URBAN, J., E. BEDNÁROVÁ, R. PLICHTA, V. GRYC, H. VAVRČÍK, J. HACURA, M. FAJSTAVR, KU & J. ERA, 2015: *Links between phenology and ecophysiology in a European beech forest*. iForest - Biogeosciences and Forestry (Poznan) 8: 438-447. <http://dx.doi.org/10.3832/ifor1307-007>

- VANNINEN, P. & A. MÄKELÄ, 2000: *Needle and stem wood production in Scots pine (Pinus sylvestris) trees of different age, size and competitive status*. *Tree Physiology* (Victoria B.C.) 20: 527-533. <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/20.8.527>
- VON WUEHLISCH, G., 2008: *EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European beech (Fagus sylvatica)*. Rome.
- WARING, R.H., 1987: *Characteristics of trees predisposed to die*. *BioScience* (Oxford) 37: 569-574.
- WERF VAN DER, G.W., U. SASS-KLAASSEN & G.M.J. MOHREN, 2007: *The impact of the 2003 summer drought on the intra-annual growth pattern of beech (Fagus sylvatica L.) and oak (Quercus robur L.) on a dry site in the Netherlands*. *Dendrochronologia* (Verona) 25: 103-112. <http://doi.org/10.1016/j.dendro.2007.03.004>
- WILSON, J.B., 1988: *A review of evidence on the control of shoot: root ratio, in relation to models*. *Annals of Botany* (Oxford) 61: 433-449.
- YANG, Y. & Y. LUO, 2011: *Isometric biomass partitioning pattern in forest ecosystems: evidence from temporal observations during stand development*. *Journal of Ecology* (Hoboken) 99: 431-437. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01774.x>

VPLIV AGRONOMSKIH PARAMETROV NA GOSTOTO IN DOLŽINO LISTNIH REŽ PRI AMERIŠKEM SLAMNIKU (*ECHINACEA PURPUREA* (L.) MOENCH)

THE INFLUENCE OF AGRONOMIC PARAMETERS ON THE DENSITY AND LENGTH OF LEAF STOMATA IN PURPURE CONEFLOWER (*ECHINACEA PURPUREA* (L.) MOENCH)

Darja KOLAR¹, Igor VIRANT¹, Samo KREFT^{1,*}

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0044>

IZVLEČEK

Vpliv agronomskih parametrov na gostoto in dolžino listnih rež pri ameriškem slamniku (*Echinacea purpurea* (L.) Moench)

Pripravki ameriškega slamnika (*Echinacea purpurea*) se zaradi svojih imunostimulativnih učinkov zelo pogosto uporabljajo predvsem pri prehladih in gripi. Uporaba in popularnost teh pripravkov je v zadnjih letih zelo narasla, kar dokazujejo tudi vedno večja ponudba na trgu. Številne raziskave so bile narejene na področju gojenja, kvantifikaciji aktivnih učinkovin, učinkovitosti in varnosti.

Ugotavljali smo, kakšna je gostota listnih rež na zgornji in spodnji strani listov ter merili dolžino listnih rež na spodnji strani listov ameriškega slamnika pri 213 vzorcih.

Vzorci so se razlikovali po načinu gojenja rastlin. Gostote in dolžine rež smo merili z mikroskopiranjem odtisov epiderme, ki smo jih naredili s prozornim lakom. Preverili smo vpliv velikosti lista in vpliv pozicije na listu, kjer smo izvajali meritve. Ugotovili smo, da se gostote in dolžine listnih rež med lokacijami po širini lista značilno razlikujejo. Zato smo v nadaljevanju poskusa merili reže na določenem mestu na sredini med osrednjo žilo in listnim robom.

Najbolj izrazit in signifikanten vpliv na lastnosti listnih rež ima sezona žetve. Pri jesenski žetvi v primerjavi s poletno je bila gostota rež zgornje strani listov 66 % večja ($p < 0,001$), dolžina rež spodnje strani pa 11 % večja ($p < 0,001$). Pri proučevanju vplivov agronomskih dejavnikov (namakanje, starost rastlin, lokacija njive) nismo našli signifikantnih vplivov na lastnosti listnih rež. Opazili smo tudi signifikantno negativno korelacijo med gostoto in dolžino rež ter pozitivno korelacijo med gostoto rež spodnje in zgornje strani lista. Večje rastline so imele daljše listne reže in manjšo gostoto listnih rež v primerjavi z manjšimi rastlinami. Ta vpliv je bil statistično signifikanten, vendar majhen. Rastline z večjim odstotkom suhe mase v požeti biomasi (manjša vsebnost vode) so imele večjo gostoto rež in manjšo

ABSTRACT

The influence of agronomic parameters on the density and length of leaf stomata in purple coneflower (*Echinacea purpurea* (L.) Moench)

Herbal preparations from *Echinacea purpurea* (purple coneflower) are often used in common cold and flu because of their immune stimulatory effects. The popularity of these products has grown considerably in recent years, and there is increasing market supply. Numerous studies have been made investigating the cultivation, quantification of active ingredients, safety and efficacy of *Echinacea purpurea*.

In this study we determined the density of the leaf stomata on the lower and upper sides of the leaves and the length of the leaf stomata on the lower side of leaves in 213 samples of *E. purpurea* plants, which differed in the cultivation parameters. Density and length were measured with the microscopic examination of the imprint of the epidermis, which we made with clear nail varnish. We checked the effect of the size of the leaf and the influence of the measuring position on the leaf. We found that the densities and the length of the stomata were significantly different across the width of the leaf. Therefore, we carried out measurements at a constant position in the middle between the central vein and the leaf edge.

The most pronounced parameter influencing the stomata properties was season of harvesting. In the autumn harvest compared to summer, the density of the stomata of the upper side was 66% higher ($p < 0.001$) and the stomata length on the lower side was 11% higher ($p < 0.001$). We did not find significant effects of any of the studied agronomical parameters (irrigation, age of plants and location of plantation) on the properties of leaf stomata. We also observed a significant negative correlation between the stomata density and stomata length and a positive correlation between the stomata density of the lower on the upper side of the leaf. We observed that larger plants had longer stomata and lower stomata density compared to smaller plants. This effect was statistically

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, Aškerčeva 7, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

* Corresponding author: samo.kreft@ffa.uni-lj.si

dolžino listnih rež, vendar so povezave signifikantne le pri poletni žetvi. Med koncentracijami cikorne in kaftarne kisline in gostoto ter dolžino listnih rež ni signifikantnih korelacij.

Ključne besede: listne reže, *Echinacea purpurea*, ameriški slamnik

significant but small. Plants with a higher percentage of dry mass in harvested biomass (lower water content) had a higher stomata density and smaller stomata lengths, but the correlation was significant only in summer harvest. There are no significant correlations between chicoric and caftaric acids concentrations and the stomata density or length.

Key words: leaf stomata, *Echinacea purpurea*, purple coneflower

1 UVOD

Ameriški slamnik (rod *Echinacea*) spada v družino nebinovk (Asteraceae) in izvira iz Severne Amerike. Rod *Echinacea* vsebuje devet vrst. Od teh se v medicini uporabljajo tri vrste: *Echinacea purpurea* (škrlatni ameriški slamnik), *E. pallida* (bledi ameriški slamnik) in *E. angustifolia* (ozkolistni ameriški slamnik) (PERCIVAL 2000, SCHULZ ET AL. 2001).

Pri raziskavi smo se osredotočili na škrlatni ameriški slamnik, ki je trajnica, visoka od 60 do 180 cm. Steblo je pokončno, razvejano, blago dlakavo ali golo. Pritlični listi so ovalni do ovalnosuličasti, šilasti in grobo ali ostro nazobčani. Listni pecelj je dolg do 25 cm, listna ploskev pa je do 20 cm dolga in 15 cm široka. Pri osnovi je naglo zožena, pogosto srčaste oblike in ima 2 do 5 žil. Stebelni listi so spodaj pecljati, zgoraj pa sedeči, od 7 do 20 cm dolgi ter od 1,5 do 8 cm široki, v celoti grobo nazobčani in hrapavi na obeh straneh. Ovojkovi listi so ravnosuličasti, zoženi, celorobi, dlakavi na zunanji strani in robu. Cvetni košček je škrlatne barve, dolg od 1,5 do 3 cm in od 5 do 10 mm širok. Cevasti cvetovi so dolgi od 4,5 do 5,5 mm. Pelodna zrna so rumena in v premeru merijo od 19 do 21 µm. Vrsta ima 11 kromosomov v haploidni fazi (BAUER 1997).

Rastlino so uporabljali že ameriški Indijanci ob različnih infekcijah ran, kačjih ugrizih, krčih, zobobolih, bolečinah v črevesju, prehladih, rakavih obolenjih ter za krepitev odpornosti bolnega organizma (GRIMM & MÜLLER 1999, KREFT & GLAVAČ KOČEVAR 2013, SCHULZ ET AL. 2001). Danes pa se ameriški slamnik uporablja predvsem kot imunomodulator za zdravljenje in tudi preventivno proti prehladam, kašlju ter vnetju zgornjega in spodnjega respiratornega sistema (KREFT 2014, GRIMM & MÜLLER 1999, KREFT & GLAVAČ KOČEVAR 2013, PERCIVAL 2000).

Iz ameriškega slamnika je bilo izoliranih veliko snovi. Najpomembnejše lahko razdelimo v tri večje skupine in sicer v fenolne spojine (derivati kavne kisline), v skupino nenasičenih alifatskih spojin (alkilamidi, ketoalkeni, ketoalkini, maščobne kisline in alkani) in v skupino polisaharidov. Poleg omenjenih snovi vse-

buje ameriški slamnik tudi eterična olja in pirolizidinske alkaloidne (KREFT & RAZINGER 2014).

V literaturi najdemo veliko študij, ki obravnavajo stimulatívne učinke pripravkov ameriškega slamnika na imunske celice živali in ljudi. Narejene so bile številne *in vitro* študije, kjer so spremljali fagocitno aktivnost človeških granulocitov ter *in vivo* študije na poskusnih živalih in ljudeh. Stimulativni učinki na imunske celice so bili dokazani za različne pripravke iz posameznih delov ameriškega slamnika, kot tudi za izolirane frakcije in čiste substance, pridobljene iz različnih delov rastline. Znano je, da derivati kavne kisline ščitijo kolagen v koži pred superoksidnimi in hidroksilnimi radikali, ter imajo protivirusno in imunostimulativno aktivnost (BINNS ET AL. 2002, PERCIVAL 2000).

Raziskovalci so proučevali tudi vpliv različnih očiščenih frakcij vrste *E. purpurea* na podganje alveolarne makrofage in pokazali signifikanten vpliv alkilamidne frakcije na fagocitno aktivnost in fagocitni indeks (GOEL ET AL. 2002). Polisaharidna frakcija in cikorna kislina nista povečali aktivnosti alveolarnih makrofagov. Pri tej raziskavi so funkcijo makrofagov spremljali tudi prek izločanja dušikovega oksida (NO) in TNF- α po *in vitro* stimulaciji z lipopolisaharidi. Signifikanten vpliv (povečano izločanje) so dokazali le za alkilamidno frakcijo medtem ko vplivov polisaharidne frakcije in cikorne kisline na izločanje NO in TNF- α niso uspeli dokazati.

Mnoge študije na miših so pokazale stimulatívne učinke očiščenih polisaharidov (pridobljenih iz rastlinskih celičnih kultur ameriškega slamnika) na imunske celice v kulturi ali injiciranih intraperitonealno v miši. Ti učinki vključujejo povečano fagocitozo, kemotakso in oksidativni izbruh makrofagov in nevtrofilcev. Peritonealni makrofagi so proizvajali večje količine TNF, IL-1, IL-6 in IL-10. Bili so sposobni ubijati tumorske celice in celice inficirane z bakterijo *Leishmania enrietti* ali *Candida albicans* (GRIMM & MÜLLER 1999, PERCIVAL 2000). Na celjenje ran naj bi vplival polisaharid, imenovan ehinacin B, z anti-hialuronidaznim delovanjem. Predpostavljeno mehanizem je

tvorba kompleksa hialuronska kislina – polisaharid, ki preprečuje napad hialuronidaze. Vodni ekstrakt vrste *E. purpurea* je močan aktivator citotoksičnosti naravnih celic ubijalk (NK), ki igrajo pomembno vlogo pri imunskem odgovoru na virusne infekcije (GAN ET AL. 2003). Pokazali so tudi, da ekstrakt vpliva na povečano število konjugatov NK-tarčne celice. Narejenih je bilo tudi več kliničnih študij učinkovitosti pripravkov ameriškega slamnika iz soka ali izvlečka rastline (KREFT & RAZINGER 2014, SCHULZ et al. 2001). Večina so spremljali infekcije zgornjih dihal in za to indikacijo so dobili tudi najboljše rezultate. Omenjene študije so bile podobno izpeljane (placebo-nadzorovane, randomizirane) in v večini primerov so pokazale signifikantno izboljšanje simptomov gripe in prehladov. V enem primeru pa so dokazali tudi skrajšan čas trajanja bolezni v primerjavi s placebo skupino. Ti rezultati veljajo za primere, kjer so pacienti začeli z zdravljenjem ob pojavu prvih simptomov prehlada (bolečine v okončinah, letargija, glavobol, rinitis, kašelj, bolečina in rdečina v žrelu), torej kurativno. V primerih študij preventivnega zdravljenja pa rezultati kažejo, da jemanje zdravil iz ameriškega slamnika bistveno ne zmanjša števila in jakosti prehladnih obolenj. V literaturi ni zaslediti posebnih opozoril glede varnosti jemanja pripravkov ameriškega slamnika. Omenja se primer asimptomatske levkopenije v povezavi z daljšim jemanjem ameriškega slamnika (KEMP & FRANCO 2002). Ker je ameriški slamnik imunostimulant, ga ne priporočamo pri bolnikih z avtoimunskimi boleznimi, multiplo sklerozo, tuberkulozo in tistih, ki so na terapiji z imunosupresivi. Kronična uporaba pripravkov ameriškega slamnika, ki traja 8 tednov ali dlje, ni priporočljiva zaradi možnih imunosupresivnih učinkov (KEMP & FRANCO 2002, KREFT & RAZINGER 2014). Kemijska sestava ekstraktov ameriškega slamnika je precej podobna med posameznimi vrstami z manjšimi variacijami v količini aktivnih substanc. Nihanja v količini in sestavi aktivnih snovi v ameriškem slamniku so tudi posledica geografske lege, stopnje razvoja (starost rastline), časa žetve in razmer, v katerih je bila rastlina pridelana. Sestava ekstraktov korenin in ekstraktov nadzemnih delov rastline pa se precej razlikuje. V koreninah je več alkalamidov, eteričnega olja in pirolizidinskih alkaloidov kot v nadzemnih delih, kjer so glavne aktivne učinkovine polisaharidi in derivati kavne in ferulne kisline (BINNS et al. 2002, WILLS & STUART 1999).

Ugotavljali smo gostoto listnih rež spodnje in zgornje strani lista ter dolžino listnih rež spodnje strani lista škrlatnega ameriškega slamnika (*Echinacea purpurea*). Ugotavljali smo ali dejavniki rastišča (starost in nadmorska višina nasada, regija, namakanje in

sezona) vplivajo na gostoto ter dolžino listnih rež. V nalogi smo preverili tudi morebitno povezavo med morfološki ter fitokemijski značilnostmi rastlin in gostoto ter dolžino listnih rež. Na podlagi ugotovljenih povezav bi lahko z merjenjem gostote listnih rež ocenili avtentičnost izvora rastline in njeno kakovost.

1.1 Lastnosti listnih rež

Listne reže (stome) so pore v epidermi lista, skozi katere poteka izmenjava plinov med listi in atmosfero. Listne reže nastajajo zgodaj v razvoju lista in so v večini primerov popolnoma razvite, ko list doseže 10–60 % svoje končne velikosti. Z odpiranjem in zapiranjem listnih rež se rastlina hitro odziva na dražljaje iz okolja (ROYER 2001).

Listne reže najdemo pri skoraj vseh višjih rastlinah in pri večini nižjih (mahovi in praprotnice). Število in porazdelitev listnih rež po površini lista je precej spremenljiva in je odvisna od vrste rastline, pozicije lista, ploidnosti in rastišča (HOPKINS 1995).

Porazdelitev listnih rež po površini lista je večinoma naključna. Izjemo predstavljajo enokaličnice s paralelnimi listnimi žilami, kjer so listne reže urejene v linearne vrste med žilami. Listne reže so lahko na zgornji (adaksialni) in/ali spodnji (abaksialni) strani lista. Hiperstomatni listi imajo prisotne listne reže le v zgornjem epidermisu, kar je značilno za plavajoče vodne rastline (npr. lokvanj *Nymphaea* sp.). Hipostomatne vrste nimajo rež na zgornji strani lista. Ta porazdelitev je značilna za veliko število drevesnih vrst (npr. *Tilia europea*, *Quercus robur*, *Olea europea*). Amfistomatni listi pa imajo listne reže na spodnji in zgornji strani in so značilni za zeliščne dvokaličnice. Pri teh rastlinah je število listnih rež navadno večje na spodnji strani lista. Ta terminologija pa se ne uporablja dosledno, saj nekateri avtorji kot »amfistomatne« vrste označujejo tiste, ki imajo na zgornji in spodnji strani približno enako število listnih rež. Kot »hipostomatne« imenujejo tiste, ki imajo več listnih rež na spodnji strani, in kot »hiperstomatne« tiste z večjim številom listnih rež na zgornji strani (BOSABALIDIS & KOFIDIS 2002).

Za prikazovanje števila listnih rež uporabljamo dva parametra, to sta gostota listnih rež in indeks listnih rež. Gostoto listnih rež izražamo s številom stom na mm². Običajno je gostota listnih rež med 20 in 400 stom/mm², čeprav je lahko tudi večja kot 1000/mm². Gostota listnih rež je funkcija števila listnih rež in velikosti epidermalnih celic. Tako na gostoto listnih rež vpliva iniciacija listnih rež (trenutek v razvoju lista, ko se nediferencirana celica usmeri v razvoj celice zapi-

ralke) in rast epidermalnih celic. Indeks listnih rež pa je parameter, ki normalizira učinke gostote epidermal-

nih celic in je definiran kot število listnih rež na 100 celic, izračunamo pa ga po naslednji formuli:

$$\text{indeks listnih rež (\%)} = \frac{\text{gostota listnih rež}}{(\text{gostota listnih rež} + \text{gostota epidermalnih celic})} \times 100$$

kjer listna reža predstavlja poro in pripadajoči celici zapiralke. Prevodnost listnih rež je odvisna od odprtosti pore, dolžine pore, gostote listnih rež. Isti dejavniki, ki vplivajo na gostoto listnih rež, vplivajo tudi na velikost reže oziroma prevodnost: to so svetloba, temperatura, vlažnost zraka, vodni status rastline in CO₂ (WAGNER et al. 1996). Na gostoto listnih rež različni dejavniki iz okolja vplivajo le v času nastajanja listnih rež in rasti lista. Na gostoto listnih rež torej poleg genotipa vplivajo tudi dejavniki, ki nadzirajo razvoj lista. Kot naraven viri variiranja gostote in indeksa listnih rež se poleg že naštetih omenjajo še stopnja razvitosti lista (mladi, polno razviti), pozicija lista na rastlini, spol (pri dvodomnih rastlinah) in nadmorska višina (CHEN et al. 2001, KOFIDIS et al. 2003).

Pri nekaterih rastlinah (npr. *Ambrosia cordifolia*) intenziteta svetlobe vpliva na to ali bo rastlina razvila hipostomatne ali amfistomatne liste. Pri svetlobi nizke intenzitete se razvijejo tanjši in hipostomatni listi, pri močnejši svetlobi pa se razvijejo debelejši in amfistomatni listi (MURRAY 1997).

Tako rdeča kot modra svetloba povečata odprtost rež in s tem prevodnost, vendar so celice zapiralke bolj občutljive na modro svetlobo. Pomembna je tudi intenziteta svetlobe.

Vodni stres je pri arašidih (*Arachis hypogaea*) povečal gostoto listnih rež za vsaj 28 %, predvsem na račun manjših celic, saj je indeks listnih rež ostal nespremenjen. Podobno so pri oljki (*Olea europea*) ob pomanjkanju vode dokazali signifikantno večjo gostoto listnih rež ob hkratnem zmanjšanju dolžine in širine listnih rež, ter manjših celicah zapiralok (BOSABALIDIS & KOFIDIS 2002). Poročajo tudi o manjših epidermalnih celicah. Spremljanje maksimalne prevodnosti listnih rež

tekem celega leta pri treh mediteranskih grmih: *Juniperus communis*, *Myrtus communis* in *Erica arborea* jepri vseh treh vrstah pokazalo dva minimuma, v februarju in avgustu, ko je najmanj padavin (TOGNETTI et al. 2000). Ob vsaki spremembi vodnega statusa rastline lahko pričakujemo učinke na odprtost listnih rež. Celice zapiralke so v stiku z atmosfero in izgubljajo vodo z izhlapevanjem. Kadar je izguba vode večja, kot je dotok iz sosednjih epidermalnih celic, celicam pade turgor, postanejo ohlapne in zaprejo listno režo. Govorimo o hidropasivnem zapiranju listnih rež. Pri hidroaktivnem zapiranju rež pa rastlina zazna pomanjkanje vode zaradi suše in sproži specifičen mehanizem zapiranja. Pri tem sodelujejo številni hormoni, med katerimi ima najpomembnejšo vlogo abscizinska kislina (ABA), saj se v rastlinskih tkivih v času vodnega stresa poveča koncentracija ABA za več kot 40-krat (HOPKINS 1995).

Za izgubo vode s transpiracijo je pomembna temperatura in z njo povezan parcialni tlak vodne pare. Večja kot je razlika med parcialnimi tlaki znotraj listov in atmosfero, večja je izguba vode s transpiracijo. Rastlina se na povečano izgubo vode odziva z zmanjšanjem prevodnosti listnih rež.

Za vpliv nadmorske višine na gostoto listnih rež ni splošnega pravila. Pri rastlini *Saturea horvatii* gostota listnih rež na abaksialni (spodnji) strani lista pada z naraščajočo nadmorsko višino, medtem ko pri origanu (*Origanum vulgare*) gostota listnih rež z nadmorsko višino narašča (KOFIDIS et al. 2003).

V strokovni literaturi je izmed različnih dejavnikov zagotovo najbolj proučevan vpliv CO₂ na gostoto in prevodnost listnih rež. V večini primerov velja, da povečana koncentracija CO₂ negativno korelira z gostoto listnih rež.

2 MATERIALI IN METODE

Vzorci škrlatnega ameriškega slamnika (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.) so bili pridobljeni iz vseh 27 nasadov pri vseh 15 pridelovalcih v različnih delih Slovenije, ki so leta 2002 pridelovali to rastlino. Po 5 ali 10 poganjkov je bilo vzeti z 20 nasadov v času poletne žetve in z 19 nasadov v času jesenske žetve. Nekateri nasadi so bili zasajeni šele spomladi istega leta, zato se na njih poleti še ni opravila žetev in tudi mi nismo pobirali vzorcev.

Nekatere starejše nasade so pridelovalci po poletni žetvi preorali, zato na njih nismo mogli pridobiti jesenskih vzorcev. Nasadi so se razlikovali po regiji, nadmorski višini, tipu zemlje in opremljenostjo s sistemom za namakanje (glej Preglednico 1). Zbiranje podatkov o nasadih, določitev morfoloških značilnosti rastlin obeh žetev in fitokemijskih značilnosti rastlin poletne žetve so bile teme predhodnih raziskovalnih del (KREFT 2005).

Preglednica 1: Podatki o nasadih, s katerih pridobili vzorce ameriškega slamnika**Table 1: Information on the plantations from which the samples of the purple coneflower were obtained**

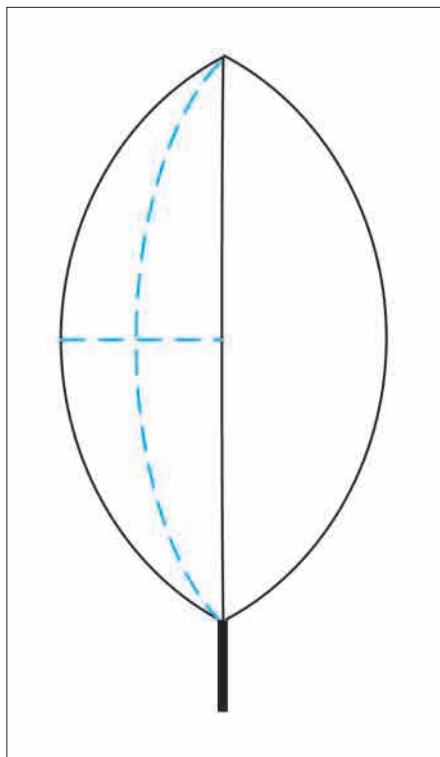
NASAD	STAROST NASADA (leta)	REGIJA	GOSTOTA NASADA [sadi/ar]	NAMAKANJE	NADMORSKA VIŠINA [m]
A	4	PTUJ	450	Da	215
B	5	PTUJ	425	Ne	215
C	1	PTUJ	500	Da	215
Č	5	PTUJ	360	Ne	215
D	6	MENGEŠ	425	Ne	310
E	4	MENGEŠ	425	Ne	310
F	0	MENGEŠ	400	Ne	310
G	4	PTUJ	360	Da	215
H	1	PTUJ	445	Da	215
I	0	PTUJ	400	Da	210
J	2	MENGEŠ	400	Ne	310
K	1	MENGEŠ	400	Da	310
L	4	KRŠKO	500	Ne	150
M	0	KRŠKO	650	Da	300
N	4	KRŠKO	430	Ne	150
O	0	KRŠKO	460	Da	150
P	2	MENGEŠ	500	Ne	310
Q	4	CELJE	/	Ne	/
R	4	CELJE	480	Ne	240
S	2	ŽUŽEMBERK	433	Ne	300
Š	0	ŽUŽEMBERK	415	Ne	300
T	5	CELJE	450	Ne	240
U	1	CELJE	450	Da	240
V	4	MENGEŠ	400	Ne	310
Z	0	CELJE	440	Da	240
Ž	0	SEČOVLJE	400	Da	0

Za vsak poganjek so bile izmerjene naslednje morfološke značilnosti: biomasa cvetov, biomasa listov, biomasa stebel, dolžina poganjka, število cvetov na poganjku, odstotek odprtih cvetov, masa suhih cvetov, masa suhih listov in masa suhih stebel. Iz teh morfoloških značilnosti smo izračunali: odstotek suhe mase cvetov, odstotek suhe mase listov in odstotek suhe mase stebel. V posameznih delih poganjka (cvet, steblo in listi) poletne žetve, so bile v predhodno objavljeni raziskavi določene koncentracije kaftarne in cikorne kisline (KREFT 2005).

Posušene liste posameznih poganjkov smo namakali v vodi 3-4 ure. Liste smo nato popivnali s papirnato brisačo. Na sredino lista (med centralno žilo lista in robom ter med pecljem in vrhom) (slika 1) smo nanesti tanek sloj prozornega laka za nohte in pustili 10-15 minut, da se posuši. Z lepilnim trakom smo tanek film ločili od lista in ga prilepili na objektno steklo. Odtise

smo vzeli z obeh strani lista, vendar večinoma ne z istega lista.

Gostoto in dolžino listnih rež smo ugotavljali z optičnim mikroskopom (Olympus BX50, Nemčija) opremljenim s kamero (Sony DXC-950P) ter s pomočjo programa AnalySIS (Soft Imaging Systems GmbH). Za oceno gostote listnih rež na spodnji strani lista je bilo pregledanih 5 vidnih polj velikosti 0,0746 mm² pri 400-kratni povečavi. Listno režo smo šteli, če je bila cela na vidnem polju. Pri tem smo izmerili dolžine vseh listnih rež na vidnem polju. Na zgornji strani lista smo prav tako pregledali 5 vidnih polj velikosti 0,2986 mm² pri 200-kratni povečavi. Dolžin listnih rež na zgornji strani nismo merili. Pridobljene podatke smo statistično obdelali s programom SPSS (SPSS Inc., ZDA). Pri tem smo uporabljali naslednje statistične metode: t-test, analiza variance, korelacija – linearna regresija.



Slika 1: Presečišče modrih črtkanih črt prikazuje točko, kjer smo jemali odtise epiderme za meritve gostote in dolžine listnih rež.

Figure 1: The intersection of the blue dotted lines shows the point where we took epidermis prints for the measurements of density and the length of the leaf stomata.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1 Optimizacija metode merjenja listnih rež

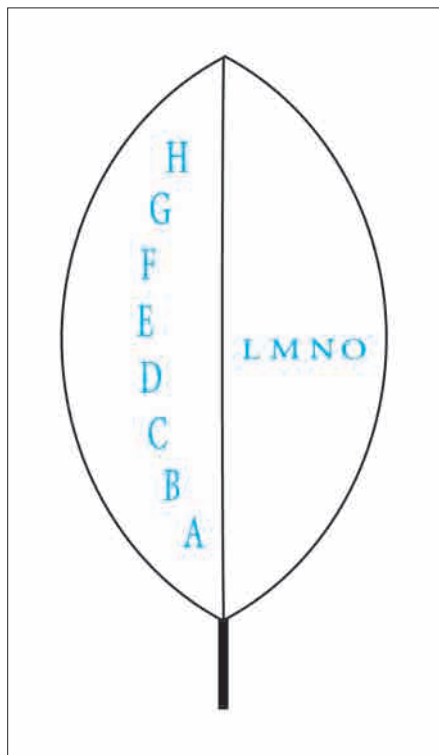
Metoda ugotavljanja gostote listnih rež ali indeksa listnih rež z jemanjem odtisov epiderme s prozornim lakom za nohte je zelo preprosta in poceni. V literaturi poleg omenjene metode zasledimo tudi druge, ki zajemajo fiksacijo lista z glutaraldehidom za 24 ur. Fiksacija je pomembna pri raziskavah, kjer se spremlja odprtost listnih rež, ki so posledica trenutnih razmer, pa tudi druge morfološke značilnosti lista. Vzorci listov, iz katerih smo izhajali, so bili posušeni. Poskus z odtisi suhih listov se ni posrečil, saj so listi namreč preveč krhki in se pri rokovanju zdrobijo. Za zmečanje le-teh smo uporabili vodo ali metanol in jih namakali 15-30 minut. Ugotovili smo, da se učinek zmečanja z namakanjem listov v metanolu po 30 minutah zmanjša, medtem ko se učinek zmečanja z namakanjem listov v vodi povečuje. Z namakanjem listov v vodi od 3 do 4 ure, so bili odtisi bolj kakovostni. Zelo pomemben vpliv na kakovost odtisa in s tem na boljšo oceno gostote listnih rež ima nanos, sušenje in gostota oziroma viskoznost laka. Ko se lak suši, se suši tudi list. Pri tem se list krči, kar naguba lak na površini in zmanjša kakovost odtisa. Pri pregledu takega odtisa lahko določimo večjo

gostoto listnih rež od dejanske, ali pa jih zaradi deformacije ne prepoznamo. Zato je dobro, da je nanos laka tanek, kar skrajša čas sušenja. Slabša kakovost odtisa je tudi, posledica uporabe laka, katerega steklenička je odprta že dlje časa. Lak namreč postane bolj viskozen in reliefa v epidermi ne zalije dobro. Redčenje laka z acetonom sicer zmanjša njegovo viskoznost, hkrati pa zmanjša elastičnost filma, ki ga tvori posušeni lak. Posušen, z acetonom razredčen lak, je namreč bolj krhek in pri jemanju odtisa z lepilnim trakom poka.

V splošnem velja, da so listne reže enakomerno razporejene po površini lista, vendar pa lahko v literaturi zasledimo, da gostota listnih rež pri nekaterih vrstah ni enakomerna po površini lista, zaradi različnih dejavnikov, ki vplivajo na iniciacijo listnih rež in rast lista (HOPKINS 1995). Pri ameriškem slamniku smo to preverili tako, da smo na abaksialni (spodnji) strani izmerili gostoto in dolžino listnih rež na različnih pozicijah na listu (Slika 2). Na posamezni lokaciji smo pregledali 5 vidnih polj ($0,0746 \text{ mm}^{-2}$). Analiza variance (ANOVA) ni pokazala signifikantnih razlik med različnimi lokacijami po dolžini lista. Gostote in dolžine listnih rež pa se signifikantno razlikujejo med različnimi lokacijami po širini lista (Preglednica 2).

Na gostoto listnih rež vpliva sama rast lista (HOPKINS 1995), zato smo preverili, ali obstajajo razlike v gostoti in dolžini listnih rež med listi različnih velikosti. V ta namen smo vzeli odtise spodnje in zgornje epi-

derme s štirih listov (2 manjših in 2 večjih) iste rastline in izmerili gostoto in dolžino listnih rež. Gostote listnih rež na zgornji in spodnji strani pri različno velikih listih se niso signifikantno razlikovale. Dolžina listnih rež na



Slika 2: Lokacije po dolžini in širini lista, kjer smo ugotavljali gostoto in dolžino listnih rež.

Figure 2: Locations by length and width of the leaf, where the density and length of the leaf stomata were determined.

Preglednica 2: Prikaz povprečnih dolžin listnih rež in gostot listnih rež petih vidnih polj posameznih lokacij po dolžini in širini lista.

Table 2: The average lengths and densities of leaf stomata at individual locations over the length and width of the leaf.

		Povprečna dolžina ± SD [μm]	Gostota listnih rež ± SD [mm ⁻²]
Lokacija na listu	A	26,0 ± 0,8	160,9 ± 21,2
	B	24,8 ± 1,6	160,9 ± 26,8
	C	25,8 ± 0,8	155,5 ± 12,0
	D	25,0 ± 1,2	150,2 ± 38,4
	E	25,2 ± 1,5	144,8 ± 17,5
	F	25,2 ± 1,5	158,2 ± 19,9
	G	25,1 ± 1,9	136,8 ± 22,0
	H	26,2 ± 1,4	142,1 ± 27,8
p (ANOVA)		0,421	0,665
Lokacija na listu	L	27,0 ± 2,4	147,5 ± 13,4
	M	27,4 ± 0,5	190,4 ± 29,1
	N	28,7 ± 1,2	169,0 ± 22,4
	O	26,8 ± 2,1	144,8 ± 22,0
p (ANOVA)		0,001	0,018

spodnji strani se med različno velikimi listi ni signifikantno razlikovala, je pa bila na večjih listih signifikantno večja dolžina listnih rež zgornje strani lista (manjši list 20,8 μm , večji listi 24,0 μm , $p=0,025$). Gostota listnih rež je na zgornji strani več kot 5-krat manjša v primerjavi s spodnjo stranjo (zgoraj 30 rež/ mm^2 , spodaj 168 rež/ mm^2 , $p<0,001$), medtem ko se dolžine listnih rež med zgornjo in spodnjo stranjo ne razlikujejo signifikantno (zgoraj 22,9 μm , spodaj 22,5 μm , $p=0,591$). Zaradi majhnega števila listnih rež na vidnem polju pri 400-kratni povečavi smo v nadaljevanju na zgornji strani lista pregledovali 4-krat večja vidna polja, in sicer pri 200-kratni povečavi. Dolžin listnih rež na zgornji strani lista zaradi premajhne povečave zato nismo merili.

3.2 Vpliv sezone žetve

Sliki 3 in 4 prikazujeta porazdelitev vrednosti gostot in dolžin listnih rež za 114 pogankov poletne in 99 pogankov jesenske žetve. Ugotovili smo, da sezona žetve signifikantno vpliva na gostoto listnih rež zgornje strani ($p<0,001$) in dolžino rež na spodnji strani ($p<0,001$), medtem ko se gostota rež spodnje strani

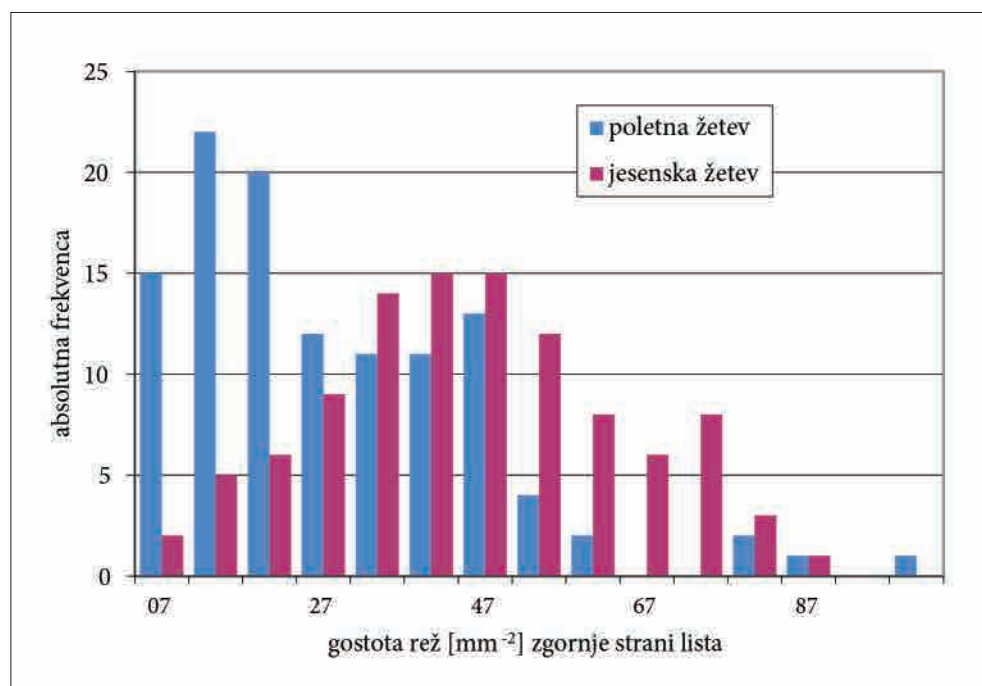
med poletno in jesensko žetvijo signifikantno ne razlikuje ($p=0,277$).

Gostota rež zgornje strani je jeseni 66 % večja kot poleti ($p<0,001$), podobno velja za dolžine rež spodnje strani, ki so bile jeseni 11 % večje kot poleti ($p<0,001$). Pri poletni žetvi lahko opazimo trimodalno porazdelitev na obeh straneh lista, ki je pri jesenski žetvi na obeh straneh lista manj izrazita.

Zgornja stran listov je poleti zaradi neposredne izpostavljenosti sončnim žarkom bolj izpostavljena velikemu izhlapevanju vode, zaradi česar je očitno nekatero, z vodo slabše preskrbljene rastline, poleti na zgornji strani lista razvijejo še posebno malo listnih rež.

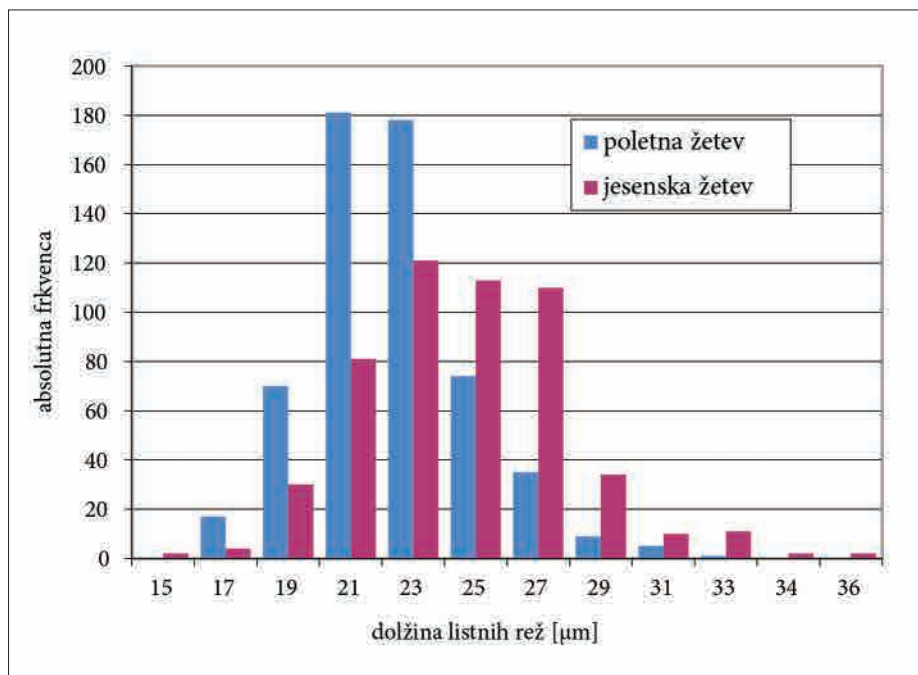
3.3 Vpliv namakanja, starosti rastlin in nadmorske višine nasada

Naši rezultati so pokazali, da namakanje signifikantno ne vpliva na lastnosti listnih rež, kar je na videz v nasprotju z ugotovitvami nekaterih raziskovalcev, ki pravijo, da vodni stres poveča gostoto listnih rež (HOPKINS 1995). Pri istih raziskavah pomanjkanje vode ni vplivalo na indeks listnih rež. Povečana gostota listnih



Slika 3: Porazdelitve gostot listnih rež zgornje strani lista pri poletni in jesenski žetvi. Absolutna frekvenca predstavlja število vzorčenih vidnih polj, ki zaradi gostote rež pripadajo določenemu razredu.

Figure 3: Distribution of densities of leaf stomata on the upper and lower side of the leaf during summer and autumn harvest. The absolute frequency represents the number of sampled visual fields that, due to the density of the slits, belong to a certain class



Slika 4: Porazdelitev dolžin listnih rež spodnje strani lista pri poletni in jesenski žetvi. Absolutna frekvenca predstavlja število listnih rež, ki zaradi dolžine pripadajo določenemu razredu.

Figure 4: Distribution of the length of leaf stomata on the lower side of the leaf during summer and autumn harvest. The absolute frequency represents the number of stomata that, due to their length, belong to a certain class.

rež pri rastlinah, izpostavljenih vodnemu stresu, je bila posledica manjših epidermalnih celic in celic zapiralk. Pri večini nasadov brez namakanja verjetno ni bilo sušnih razmer, saj se za postavitev namakalnih sistemov pridelovalci odločajo predvsem na sušnih njivah. To je verjetno razlog, da namakanje ni vplivalo na listne reže.

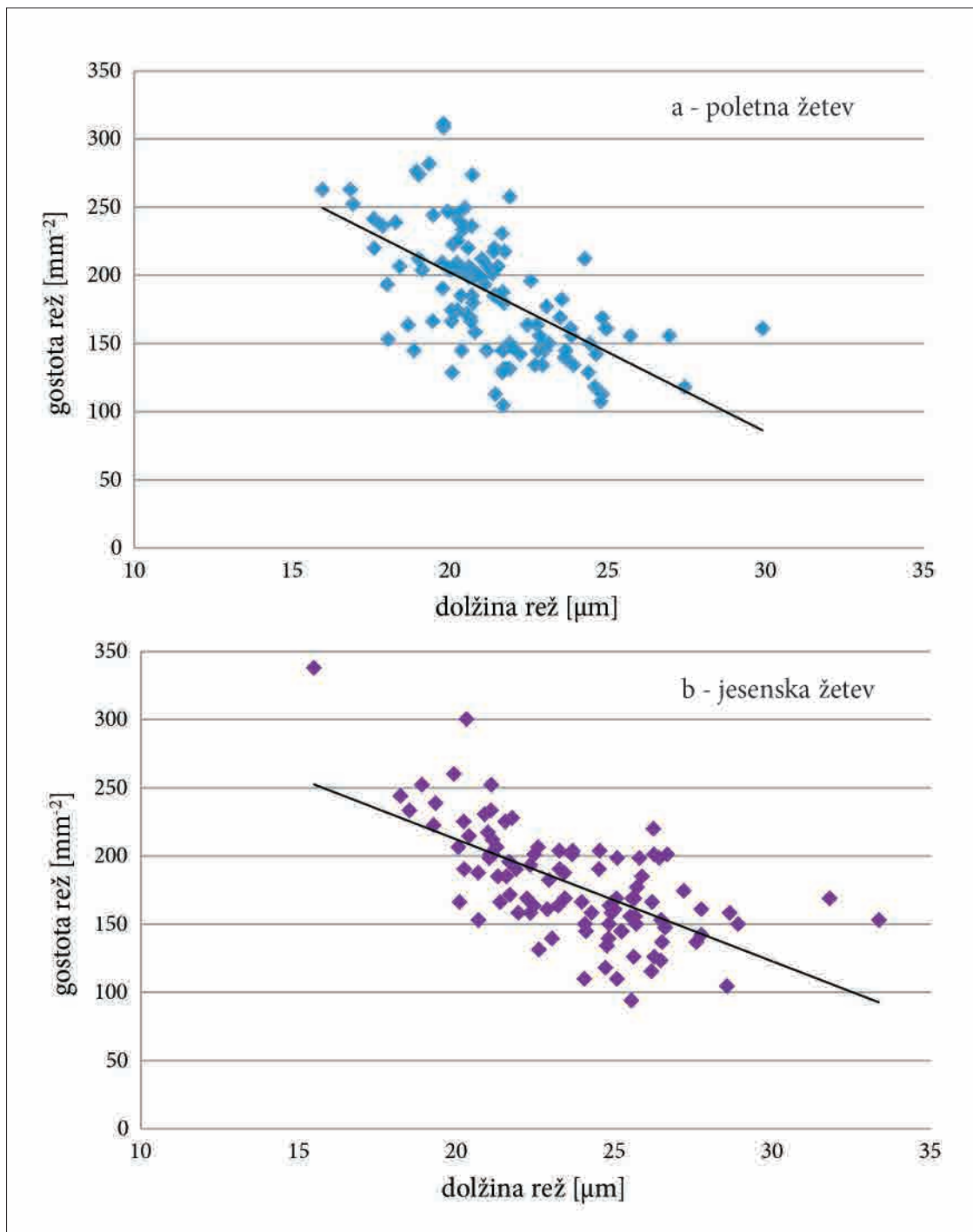
Tudi regija ni vplivala signifikantno na lastnosti listnih rež. Ne signifikanten vpliv na gostoto listnih rež in dolžino rež na spodnji strani lista pa smo opazili tudi pri različnih nadmorskih višinah. Razpon nadmorskih višin (0-314 m) je verjetno premajhen, da bi se razlike izrazile. V literaturi, kjer so proučevali vpliv nadmorske višine na gostoto listnih rež, je bil razpon višin 200-1760 m (KOFIDIS et al. 2003) ali 280-1540m (HOPKINS 1995).

S starostjo nasada se povečuje gostota listnih rež spodnje in zgornje strani lista pri poletni žetvi. Naraščanje gostote je še posebej izrazito na zgornji strani (2x večja gostota pri 5 let starih nasadih v primerjavi z 1 leto starimi ter linearen trend vmes). Pri jesenski žetvi gostote listnih rež nekoliko padajo s starostjo nasadov, vendar ta povezava ni signifikantna. Starejši nasadi imajo verjetno razvite globlje korenine in so zato rastline bolj preskrbljene z vodo in posledično ni potrebe po zmanjšanju gostote listnih rež v poletnem obdobju.

3.4 Korelacije med lastnostmi rež

Gostota in dolžina listnih rež sta v zelo močni signifikantni negativni korelaciji tako pri poletni ($R=-0,582$; $p<0,01$) kot pri jesenski žetvi ($R=-0,683$; $p<0,01$) (Slika 5). Z ekološkega stališča je to nekoliko presenetljivo, saj bi v razmerah sušnega stresa, ko rastlina tvori manj rež, pričakovali da bodo reže tudi manjše. Je pa to naše opažanje v skladu z drugimi raziskavami, ki so pokazale, da manjši sušni stres povzroči povečanje gostote rež in zmanjšanje velikosti rež, medtem ko šele večji sušni stres povzroči zmanjšanje gostote rež, velikost rež pa se še naprej zmanjšuje (XU & ZHOU 2008). Rastline v naši raziskavi torej verjetno niso bile v večjem sušnem stresu.

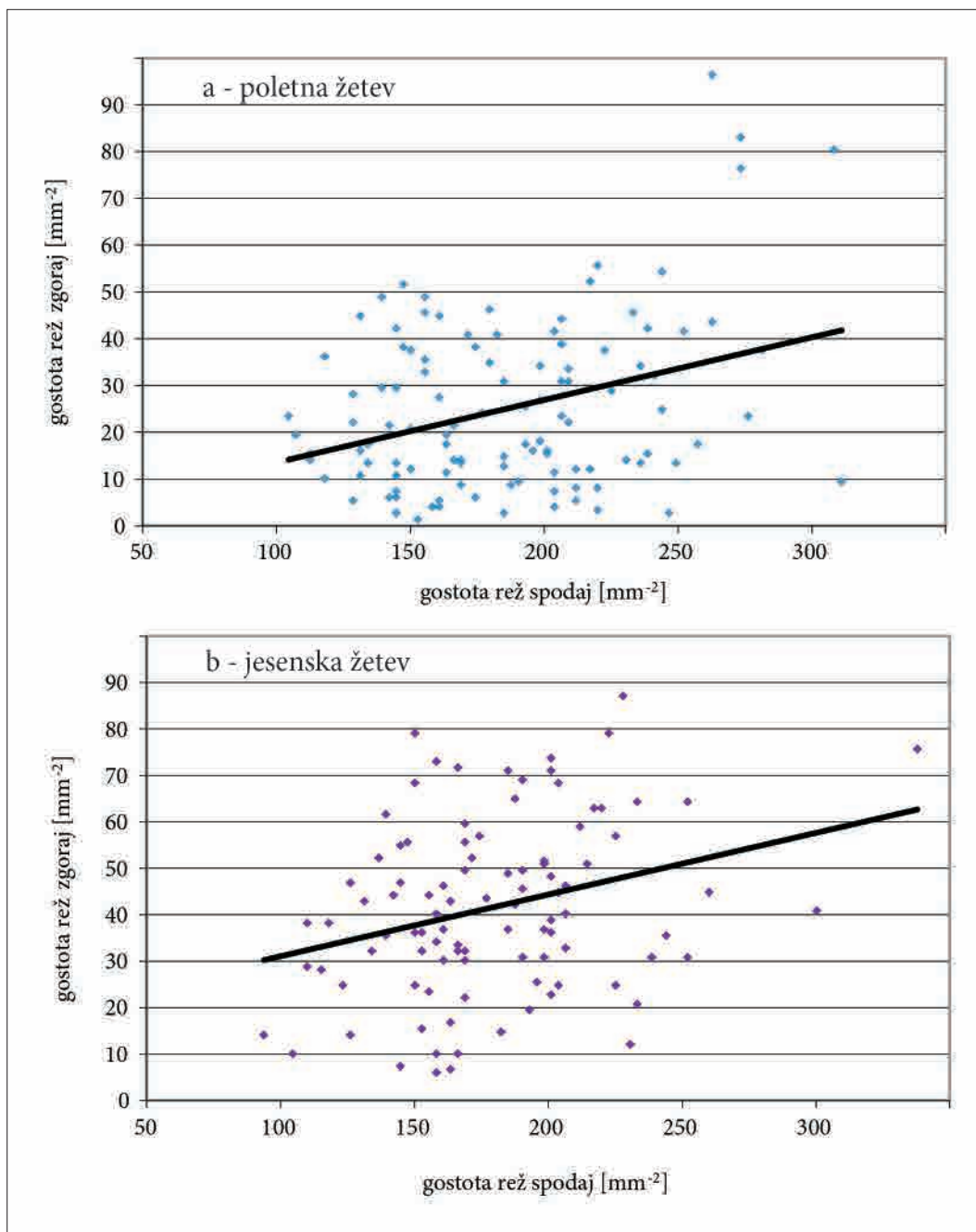
Korelacije med gostotami in dolžino listnih rež in morfološki značilnostmi rastline so predstavljene s Pearsonovimi korelacijskimi koeficienti v Preglednici 3. Večje rastline so imele daljše listne reže in manjšo gostoto listnih rež v primerjavi z manjšimi rastlinami. Dolžina listnih rež poleti in jeseni je v pozitivni korelaciji z vsemi parametri velikosti rastline (dolžina stebel, število cvetov, biomasa cvetov, listov in stebel ter suha masa cvetov, listov in stebel). Pri poletni žetvi je korelacija z vsemi temi parametri razen z številom cve-



Slika 5: Povezava med gostotami listnih reš in njihovo dolžino pri poletni (a) in jesenski žetvi (b).

Figure 5: Correlation between densities and length of leaf stomata in summer (a) and autumn harvest (b).

Signifikantno in pozitivno korelacijo opazimo med gostotami listnih reš zgornje in spodnje strani (Slika 6). Razmerje gostot listnih reš zgornje in spodnje strani je pri jesenski žetvi skoraj dvakrat večje, kar je posledica že ugotovljene manjše gostote listnih reš zgornje strani pri poletni žetvi in približno enakih gostot listnih reš spodnje strani med poletno in jesensko žetvijo.



Slika 6: Povezava med gostotami listnih rež zgornje in spodnje strani pri poletni (a) in jesenski (b) žetvi.
 Figure 6: Correlation between the leaf stomata density on the upper and lower sides in autumn (a) and summer harvest (b).

tov tudi statistično signifikantna. Gostota rež pri poletni žetvi pa je obratno v negativni korelaciji z vsemi velikostnimi parametri (na spodnji strani je ta korelacija z vsemi parametri signifikantna, na zgornji strani pa samo z nekaterimi).

Rastline z večjim odstotkom suhe mase v požeti biomasi (manjša vsebnost vode) so imele večjo gostoto

rež in manjšo dolžino listnih rež, vendar so povezave signifikantne le pri poletni žetvi. Ta rezultat je lahko posledica fiziološkega dogajanja v rastlini, lahko pa je tudi posledica eksperimentalne napake. Svežo biomaso smo namreč tehtali nekaj ur po nabiranju rastlin na njivi in pri rastlinah z večjo gostoto rež bi lahko prišlo do večje izgube vode.

Preglednica 3: Prikaz korelacijskih koeficientov med gostotami in dolžino listnih rež in morfološki značilnostmi rastlin pri poletni in jesenski žetvi. * Korelacija je signifikantna pri $\alpha=0,05$ (2-stranski Pearsonov test signifikantnosti korelacije)

Table 3: Correlation coefficients between densities and length of leaf stomata and morphological characteristics of plants for summer and autumn harvest. * Correlation is significant for $\alpha = 0.05$ (2-sided Pearson correlation test)

Žetev	Dolžina rež spodaj		Gostota rež spodaj		Gostota rež zgoraj	
	poletje	jesen	poletje	jesen	poletje	jesen
Dolžina stebela	0,289*	0,094	- 0,252*	-0,09	- 0,213*	-0,18
Število cvetov	0,051	0,08	-0,14	0,065	-0,01	0,081
% odprtih cvetov	0,228*	0,317*	-0,09	- 0,299*	- 0,241*	-0,02
Biomasa cvetov	0,322*	0,269*	- 0,259*	-0,04	- 0,186*	0,108
Biomasa listov	0,215*	0,107	- 0,286*	0,039	-0,04	0,097
Biomasa stebel	0,260*	0,061	- 0,270*	0,035	-0,1	0,003
Suha masa cvetov	0,307*	0,227*	- 0,237*	-0,04	-0,16	0,096
Suha masa listov	0,205*	0,102	- 0,252*	0,072	-0,02	0,107
Suha masa stebel	0,220*	0,098	- 0,202*	0,018	-0,11	0,006
% suhe mase cvetov	- 0,202*	-0,04	0,227*	-0,08	0,228*	-0,03
% suhe mase listov	- 0,218*	-0,08	0,342*	0,175	0,149	0,104
% suhe mase stebel	- 0,202*	0,125	0,246*	-0,03	0,021	0,08

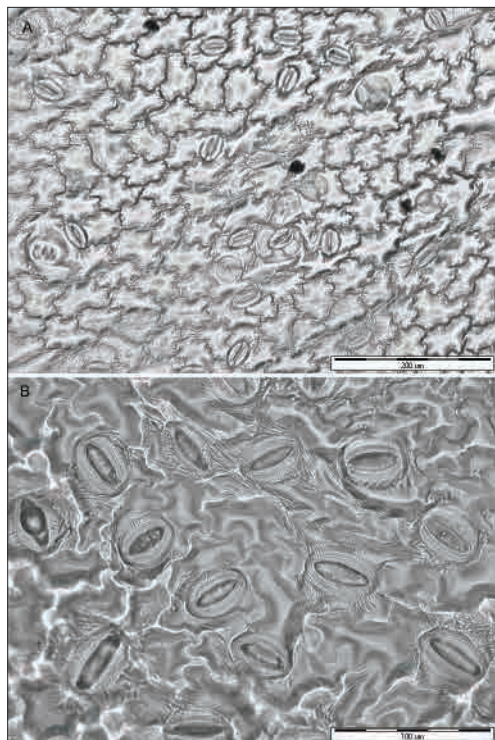
Morfološko fiziološko je razumljiva negativna korelacija med biomaso listov in gostoto listnih rež. Kot je znano iz literature, na gostoto listnih rež močno vpliva tudi rast epidermalnih celic in lista v celoti, to pa je v razumljivi korelaciji z biomaso (HOPKINS 1995). Ostale signifikantne korelacije verjetno niso neposredne ampak so posledica povezave med parametri. Dolžina listnih rež je torej z vsemi izmerjenimi morfološki parametri v pozitivni, obe gostoti pa večinoma v negativni korelaciji. Skoraj pri vseh povezavah je naklon regresijske premice večji pri poletni žetvi.

Izračunali smo tudi korelacijo med lastnostmi listnih rež in fitokemijski značilnosti rastline (Tabela 4). Ugotovili smo, da je velja pozitivna korelacija med dolžino rež in koncentracijami cikorne in kaftarne kisline v vseh delih rastline. Povezava je signifikantna le med kaftarno kislino v stebelu in dolžino rež. Povezave med gostotami rež tako spodnje kot zgornje strani lista s koncentracijami cikorne in kaftarne kisline so šibke in večinoma nesignifikantne. Po listnih režah torej ne moremo ugotavljati kakovosti rastline.

Preglednica 4: Korelacijski koeficienti med gostotami in dolžino listnih rež in fitokemijski značilnostmi rastlin pri poletni žetvi. * Korelacija je signifikantna pri $\alpha=0,05$ (2-stranski Pearsonov test signifikantnosti korelacije)

Table 4: Correlation coefficients between the leaf stomata density and length and phytochemical characteristics of plants at summer harvest. * Correlation is significant for $\alpha = 0.05$ (2-sided Pearson correlation test)

	CVET		LIST		STEBLO	
	Cikorna kislina	Kaftarna kislina	Cikorna kislina	Kaftarna kislina	Cikorna kislina	Kaftarna kislina
Dolžina rež spodaj	0,051	0,141	0,166	0,108	0,068	0,229*
Gostota rež spodaj	- 0,078	- 0,115	- 0,056	- 0,038	0,017	- 0,078
Gostota rež zgoraj	- 0,037	- 0,160	0,015	- 0,058	0,009	- 0,042



Slika 7: Mikroskopski sliki odtisov epiderme: zgornja A (200-kratna povečava), spodnja B (400-kratna povečava).

Figure 7: Microscopic image of epidermis: upper side A (200x enlargement), lower side B (400x enlargement).

4 POVZETEK

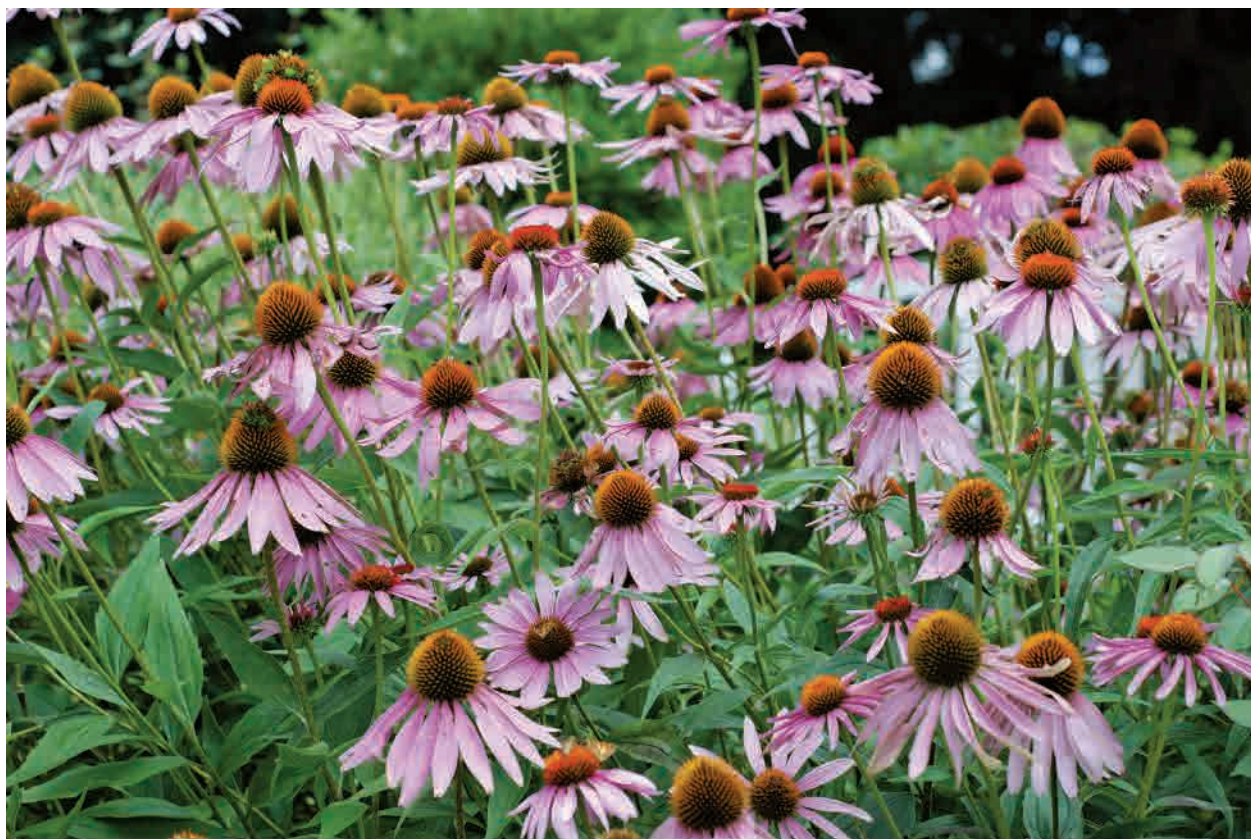
V raziskavi smo ugotavljali gostote listnih rež zgornje in spodnje strani lista ter merili dolžine rež na spodnji strani lista škrlatnega ameriškega slamnika (Slika 7). Proučevali smo vpliv dejavnikov rastišča na lastnosti listnih rež in iskali povezavo med le-temi in morfološki mi ter fitokemijskimi značilnostmi rastline. Ugotovili smo, da na določitev gostote listnih rež (z odvzomom odtisa epiderme) vpliva tudi lokacija na listu, kjer je bil odtis odvzet. Ker nam na poškodovanih listih ni vedno uspelo zagotoviti enakega mesta odvzema odtisa, so lahko nekateri vplivi in povezave parametrov z lastnostmi listnih rež manj izraziti ali zakriti. Na spodnji strani lista je bila dolžina rež v signifikantni negativni korelaciji z gostoto rež, torej večja kot je gostota listnih rež, manjša je njihova dolžina. V pozitivni signifikantni korelaciji pa sta bili gostoti rež spodnje in zgornje strani lista. Izkazalo se je, da so te povezave neodvisne od sezone. Gostota listnih rež zgornje strani je bila najbolj izrazito povezana s sezono. Pri poletni žetvi je bila gostota rež približno dvakrat manjša v primerjavi z jesensko. Pri poletni žetvi so bile dolžine rež spodnje strani

signifikantno manjše kot pri jesenski žetvi. Na gostoto rež spodnje strani lista sezona ni imela signifikantnega vpliva. S starostjo nasada se je povečevala gostota listnih rež spodnje in zgornje strani lista pri poletni žetvi. Ugotovili smo, da namakanje, regija in nadmorska višina nasada, ne vplivajo signifikantno na gostoto in dolžino listnih rež. Povezave med morfološki mi parametri in lastnostmi listnih rež so bile poletni izrazitejše kot jeseni. Pri poletni žetvi smo ugotovili veliko več signifikantnih povezav. Vse povezave so bile pozitivne: večje kot so bile dolžine listnih rež, večja je bila biomasa, suha masa ali dolžina poganjka. Gostota listnih rež zgornje in spodnje strani je bila večinoma v negativni povezavi s parametri velikosti rastline ter v pozitivni korelaciji z odstotki suhe mase cvetov, listov in stebel. Pri dolžini listnih rež pa so bile povezave z naštetimi morfološki mi parametri nasprotnega predznaka, kar izhaja iz že omenjene negativne povezave gostote rež z njihovo dolžino. Med fitokemijski mi parametri rastline in gostoto ter dolžino listnih rež ni bilo signifikantnih povezav. Iz lastnosti listnih rež se torej ne da sklepati o kakovosti rastline.

5 SUMMARY

The density of the leaf stomata on the upper and lower sides of the leaf was determined, and the length of the stomata on the lower side of the leaf of the purple American staple was measured. We examined the influence of the factors of the growing site on the properties of the leaf stomata and investigated a correlation between them and the morphological and phytochemical characteristics of the plant. We found that the location on the leaf where the imprint was taken also influenced on the determination of leaf stomata density. Due to damaged leaves, we did not always succeed in providing the same spot for the measurement. For this reason, some of the effects and correlations with leaf stomata properties can be less pronounced or hidden. On the lower side of the leaf, the length of the stomata is in a significant negative correlation with the stomata density. The greater was the density of stomata, the smaller the length. The densities of stomata in the lower and upper sides of the leaf are in significant positive correlation. These connections are independ-

ent from the season. The stomata density on the upper side was strongly influenced by the season. In the summer harvest, the stomata density is about half as low as in autumn. In the summer harvest, the lengths of the stomata on the lower side are significantly shorter than in the autumn harvest. The season does not have a significant impact on the density of stomata on the lower side of the leaf. With the age of the plantation, the density of the stomata of the lower and upper sides of the leaf increases (at summer harvest). We found that irrigation, the region and the altitude of the plantation do not significantly affect the density and length of the leaf stomata. The links between morphological parameters and leaf stomata properties are more pronounced in the summer than autumn. In the summer harvest, we found a lot more significant correlations. Longer leaf stomata were found in plants with the higher biomass, the dry weight or the length of the shoot. The density of leaf stomata on the upper and lower sides is mostly in a negative correlation with plant size param-



Slika 8: Fotografija nasada cvetočega škrlatnega ameriškega slamnika (*Echinacea purpurea*).
Figure 8: Photo of the plantation of the flowering purple coneflower (*Echinacea purpurea*).

eters and in positive correlation with the percentage of dry mass of flowers, leaves and stems. The correlations have opposite sign, because of already mentioned negative connection between the density and length of the stomata. There are no significant correlations between

the phytochemical parameters of the plants (concentrations of chicoric and caftaric acids in different plant parts) and the density and the length of the leaf stomata. Therefore, the quality of the plant can not be deduced from the properties of the leaf stomata.

6 LITERATURA

- BAUER, R., 1997: Echinacea — Pharmazeutische Qualität und therapeutischer Wert. *Z Phytother* 18: 207–214.
- BINNS, S.E., J.T. ARNASON & B.R. BAUM, 2002: Phytochemical variation within populations of *Echinacea angustifolia* (Asteraceae). *Biochemical Systematics and Ecology* 30: 837–854. [http://dx.doi.org/10.1016/S0305-1978\(02\)00029-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0305-1978(02)00029-7).
- BOSABALIDIS, A.M. & G. KOFIDIS, 2002: Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant Science* 163: 375–379. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00135-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00135-8).
- CHEN, L.-Q., C.-S. LI, W.G. CHALONER, D.J. BEERLING, Q.-G. SUN, M.E. COLLINSON & P.L. MITCHELL, 2001: Assessing the Potential for the Stomatal Characters of Extant and Fossil Ginkgo Leaves to Signal Atmospheric CO₂ Change. *American Journal of Botany* 88: 1309. <http://dx.doi.org/10.2307/3558342>.
- GAN, X.-H., L. ZHANG, D. HEBER & B. BONAVIDA, 2003: Mechanism of activation of human peripheral blood NK cells at the single cell level by *Echinacea* water soluble extracts: recruitment of lymphocyte–target conjugates and killer cells and activation of programming for lysis. *International Immunopharmacology* 3: 811–824. [http://dx.doi.org/10.1016/S1567-5769\(02\)00298-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1567-5769(02)00298-9).
- GOEL, V., C. CHANG, J. V. SLAMA, R. BARTON, R. BAUER, R. GAHLER & T.K. BASU, 2002: Alkylamides of *Echinacea purpurea* stimulate alveolar macrophage function in normal rats. *International Immunopharmacology* 2: 381–387. [http://dx.doi.org/10.1016/S1567-5769\(01\)00163-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1567-5769(01)00163-1).
- GRIMM, W. & H.-H. MÜLLER, 1999: A randomized controlled trial of the effect of fluid extract of *Echinacea purpurea* on the incidence and severity of colds and respiratory infections. *The American Journal of Medicine* 106: 138–143. [http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9343\(98\)00406-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9343(98)00406-9).
- HOPKINS, W.G., 1995: *Introduction to Plant Physiology*. Wiley.
- KEMP, D.E. & K.N. FRANCO, 2002: Possible leukopenia associated with long-term use of echinacea. *JABFT* 15: 417–419.
- KOFIDIS, G., A.M. BOSABALIDIS & M. MOUSTAKAS, 2003: Contemporary Seasonal and Altitudinal Variations of Leaf Structural Features in *Oregano* (*Origanum vulgare* L.). *Annals of Botany* 92: 635–645. <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcg180>.
- KREFT, S., 2005: Cichoric acid content and biomass production of *Echinacea purpurea* plants cultivated in Slovenia. *Pharmaceutical Biology* 43. <http://dx.doi.org/10.1080/13880200500383132>.
- KREFT, S. & N. GLAVAČ KOČEVAR, 2013: Sodobna fitoterapija: z dokazi podprta uporaba zdravnih rastlin. Slovensko farmacevtsko društvo.
- KREFT, S. & B. RAZINGER, 2014: Assessment report on *Echinacea purpurea* (L.) Moench., herba recens.
- MURRAY, D.R., 1997: *Carbon dioxide and plant responses*. Research Studies Press Ltd.
- PERCIVAL, S.S., 2000: Use of echinacea in medicine. *Biochemical Pharmacology* 60: 155–158. [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-2952\(99\)00413-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-2952(99)00413-X).
- ROYER, D.L., 2001: Stomatal density and stomatal index as indicators of paleoatmospheric CO₂ concentration. *Review of Palaeobotany and Palynology* 114: 1–28. [http://dx.doi.org/10.1016/S0034-6667\(00\)00074-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-6667(00)00074-9).
- SCHULZ, V., R. HÄNSEL & V.E. TYLER, 2001: *Rational Phytotherapy*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-98093-0>.
- ŠMID, D., 2003: Vpliv morfoloških in pridelovalnih dejavnikov na vsebnost cikorne kisline v amerškem slamniku. Diplomsko delo, FFA, Ljubljana.
- TOGNETTI, R., A. MINNOCCI, J. PEÑUELAS, A. RASCHI & M.B. JONES, 2000: Comparative field water relations of three Mediterranean shrub species co-occurring at a natural CO₂ vent. *Journal of Experimental Botany* 51: 1135–1146.
- WAGNER, F., R. BELOW, P.D. KLERK, D.L. DILCHER, H. JOOSTEN, W.M. KÜRSCHNER & H. VISSCHER, 1996: A natural experiment on plant acclimation: lifetime stomatal frequency response of an individual tree to annual

- atmospheric CO₂ increase. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 93: 11705–11708.
- WILLS, R.B. & D. STUART, 1999: Alkylamide and cichoric acid levels in *Echinacea purpurea* grown in Australia. *Food Chemistry* 67: 385–388. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00129-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00129-6).
- XU, Z. & G. ZHOU, 2008: Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. *Journal of Experimental Botany* 59: 3317–3325. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/ern185>.

SITES OF RARE FORM OF *AURICULA* (*PRIMULA AURICULA* VAR. *TOLMINENSIS* NOM. PROV.) IN THE SOUTHERN JULIAN ALPS

RASTIŠČA REDKE OBLIKE LEPEGA JEGLIČA (*PRIMULA AURICULA* VAR. *TOLMINENSIS* NOM. PROV.) V JUŽNIH JULIJSKIH ALPAH

Anka RUDOLF¹, Branko VREŠ², & Igor DAKSKOBLER^{3*}

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0045>

ABSTRACT

Sites of rare form of auricula (*Primula auricula* var. *tolminensis* nom. prov.) in the southern Julian Alps

In the southern Julian Alps under the northwestern ridge of Kobilja Glava above the pasture of Lom and on the slopes of Krikov Vrh between pastures of Lom and Kuk (Podkuk), on stony shady pasturelands and in limestone and dolomite rocks at elevations ranging between 1,100 and 1,200 m, two forms of auricula (*Primula auricula*) occur side by side. The more common specimens with bright (deep) yellow flowers are accompanied and outnumbered by plants with slightly smaller stems and distinctly pale, lemon-coloured flowers. Although *Primula auricula* as a species boasts impressive variability in the size and shape of leaves and their meal covering, as well as in the size and colour of flowers, we have not observed populations with such distinctly pale yellow flowers anywhere else in Slovenia. The taxa described elsewhere in the distribution area of *Primula auricula* s. lat. (including those that supposedly belong to *Primula lutea*) are distinctly different from the studied auriculas, at least in terms of flower colour. We infer that they are a new variety, *Primula auricula* var. *tolminensis* (the Tolmin auricula), but will have to conduct further research to corroborate this conclusion. In this paper we describe its sites and current distribution.

Key words: flora, taxonomy, infraspecies variability, phytosociology, *Primula auricula*, Kobilja Glava, Julian Alps, Slovenia

IZVLEČEK

Rastišča redke oblike lepega jegliča (*Primula auricula* var. *tolminensis* nom. prov.) v južnih Julijskih Alpah

V južnih Julijskih Alpah, pod severozahodnim grebenom Kobilje glave nad planino Lom in na pobočjih Krikovega vrha med to planino in planino Kuk (Podkuk) na kamnitih osojnih pašnikih in v apnenčastem in dolomitnem skalovju na nadmorski višini med 1100 m in 1200 m skupaj rasteta dve obliki lepega jegliča (*Primula auricula*). Poleg običajno živo (temno) rumeno cvetočih primerkov, ki so v manjšini, prevladujejo rastline z nekoliko manjšimi stebli in cvetovi, ki imajo izrazito svetlorumeno, limonasto barvo. Čeprav je za vrsto *Primula auricula* značilna velika variabilnost glede velikosti in oblike listov in njihovega poprha, kot tudi glede velikosti in barve cvetov, takih izrazito svetlorumeno cvetočih populacij drugje v Sloveniji do zdaj nismo opazili. Tudi taksoni, ki so opisani drugod v območju areala vrste *Primula auricula* s. lat. (tudi tisti, ki naj bi pripadali vrsti *Primula lutea*) se vsaj v barvnem odtenku cvetov od preučeni avrikljev očitno razlikujejo. Sklepamo, da gre za novo varieteto *Primula auricula* var. *tolminensis*, slovensko jo imenujemo tolminski jeglič, kar pa bomo morali v nadaljnjih raziskavah še potrditi. V prispevku opisujemo njena rastišča in do zdaj znano razširjenost.

Ključne besede: flora, taksonomija, znotrajvrstna variabilnost, fiteconeologija, *Primula auricula*, Kobilja glava, Julijske Alpe, Slovenija

¹ Beblerjeva 10, 5280 Idrija, ankavon1@gmail.com

² Institute of Biology, Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Research Station Ig, Zagorica 20, SI-1292 Ig, BraneVr@zrc-sazu.si

³ Institute of Biology, Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Regional Unit Tolmin, Brunov drevored 13, SI-5220 Tolmin, igor.dakskobler@zrc-sazu.si

* Corresponding author

1 INTRODUCTION

Primula auricula L. is a south-European montane species, a character species of rock crevices occurring from the colline to the alpine belt in most regions of the Alps, the Jura Mountains, the Black Forest (Schwarzwald), the Apennines, the northern part of the Dinaric Alps, the Tatra Mountains and the Carpathians. It is a very diverse species and several of its subspecies, e.g. subsp. *bauhini*, subsp. *balbisii* (syn. subsp. *ciliata*), subsp. *hungarica*, subsp. *serratifolia* (MARHOLD 2011), as well as several lower syntaxonomic units, varieties and forms have already been described. They differ mainly in the shape of basal leaves and in how serrated and glandular they are, partly also in the size and colour of flowers. Populations of bright (deep) yellow auriculas growing in Slovenia supposedly belong to the subspecies *P. auricula* subsp. *balbisii* (ZHANG & KADEREIT 2004), but more recently ZHANG & KADEREIT (2005) all above mentioned subspecies subordinated to the taxon *P. auricula* as a typical form, and a separate species was rediscovered, namely *P. lutea* Vill., which comprises auricula populations from the northern Alps, the Tatra Mountains, western Austria, France, Germany, Poland, Slovakia and Switzerland. Three subspecies have been described within this species, subsp. *lutea*, *widmerae* and *tatriaca* (ZHANG & KADEREIT 2005).

On 17 May 2009 the first author of this paper (Anka Rudolf) came across a non-typical form of *Primula auricula* on the pasturelands of the mountain

pasture Lom under the summit of Vrh Klonic (a peak in the northwestern ridge of Mt. Kobilja Glava) in the Tolmin part of the foothills of the Julian Alps. She identified it by very pale flowers that are rather small and not fully opened. It is abundant in the pasture and only 10% of the plants have the characteristic, bright yellow flowers. After having examined her locality we were able to corroborate her findings. The colour of the flowers is distinctly pale, lemon-coloured and the flowers usually smaller. The more common, bright (deep) yellow flowers are rare in this population. Even though other auriculas occur individually in the wider vicinity (*Primula vulgaris*, *P. veris* subsp. *columnae*, *P. elatior*), there is little likelihood that the pale colour is a result of cross-pollination. With photographs, flower and leaf measurements and an inventory of sites we wanted to taxonomically evaluate this unusual auricula population. We therefore conducted comparative measurements also on other localities, including Mt. Porezen, on the southern margin of the Trnovo Forest Plateau, in the valley of the Reka River at the Škocjan Caves, on Donačka Gora and other. Data processing and comparisons with other known forms or varieties of *Primula auricula* s. lat. are ongoing (VREŠ et al. 2018). This article offers the first findings, and above all the characteristics of sites in which this unusual form of auricula occurs. For the time being, we have assigned it a provisional name *P. auricula* var. *tolminensis* (the Tolmin auricula).

2 METHODS

On the localities of the Tolmin auricula we made phytosociological relevés applying the Central-European method (BRAUN-BLANQUET 1964) and entered them into the FloVegSi database (T. SELIŠKAR, VREŠ, A. SELIŠKAR 2003). The relevés were arranged into a table based on hierarchical classification. We used the “(Unweighted) average linkage” – UPGMA method based on Wishart’s similarity ratio. Combined cover-abundance values were transformed into numerical values 1– 9 (van der MAAREL 1979). The numerical analysis of relevés was performed using the program package SYN-TAX (PODANI 2001). Plants were assigned to groups of diagnostic species based on the Flora alpina (AESCHIMANN et al. 2004), which also

served as the source for the chorological characterisation of *Primula auricula* s. lat. The nomenclatural source for the names of vascular plants is the Mala flora Slovenije (MARTINČIČ et al. 2007), but the name *Sesleria caerulea* (L.) Ard. is used for the taxon *Sesleria caerulea* subsp. *calcaria*. MARTINČIČ (2003, 2011) is the nomenclatural source for the names of mosses and SUPPAN et al. (2000) for the names of lichens. The nomenclatural sources for the names of syntaxa are THEURILLAT (2004) and ŠILC & ČARNI (2012). Geographic coordinates of relevés are determined according to the Slovenian geographic coordinate system D 48 (zone 5) on the Bessel ellipsoid and with Gauss-Krüger projection.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 *Primula auricula* var. *tolminensis*—description

Primula auricula var. *tolminensis* is distinguished from the more common populations of the taxon *Primula auricula* s. lat. in that it is smaller in size, has shorter and narrower flowers and, most distinctly, by its pale, lemon-coloured corolla. In our previous research into auricula populations on other localities in Slovenia we observed other specimens with low habit and flowers that were shorter and narrower from the usual, but nowhere have we seen specimens with a distinctly pale, lemon-coloured corolla. The colour is therefore the

morphological trait that allows us to provisionally treat the plants from the northwestern slopes of Kobilja Glava and the vicinity of mountain pasture Lom in the southern foothills of the Julian Alps as a special variety. However, given the considerable infraspecies variability of the taxon *Primula auricula* s. lat. and the complexity of its evaluation, it is impossible to provide a valid description of the new variety based on our current knowledge of populations in Slovenia and other Alpine regions before we have conducted and completed all measurements and other analyses. The new variety is therefore presented only with selected photographs and site descriptions.



Figure 1: *Primula auricula* var. *tolminensis*. Author of all photos: I. Dakskobler

Slika 1: Tolminski jeglič (*Primula auricula* var. *tolminensis*). Avtor vseh fotografij: I. Dakskobler

3.2 Ecological and phytosociological characteristics of sites with taxon *Primula auricula* var. *tolminensis*

The populations of *Primula auricula* with pale yellow (lemon-coloured) flowers have so far been found only

on the northwestern slopes of Kobilja Glava or its preceding summit of Vrh Klonic above the mountain pasture Lom and above the road leading from Lom to the mountain pasture Podkuk below the summit of Krikov Vrh, in two quadrants of the Central-European flora mapping (Figures 5 and 6).



Figure 2: A group of *Primula auricula* var. *tolminensis*
Slika 2: Tolminski jeglič (*Primula auricula* var. *tolminensis*), skupina



Figure 3: *Primula auricula* s. str. and its variety with lemon-coloured flowers (*P. auricula* var. *tolminensis*) growing together above the mountain pasture Lom
Slika 3: Skupno uspevanje tolminskega jegliča (*Primula auricula* var. *tolminensis*) in lepega jegliča (*Primula auricula* s. str.) nad pl. Lom



Figure 4: *Primula auricula* s. str. on Kobilja Glava
Slika 4: Lepi jeglič (*Primula auricula* s. str.) na Kobilji glavi

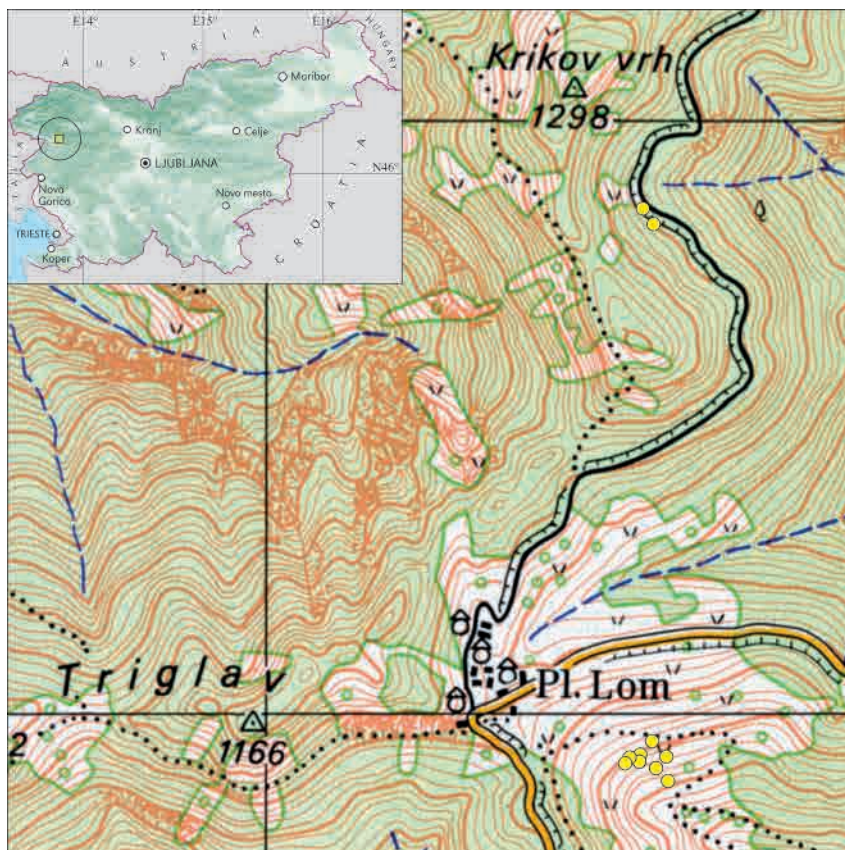


Figure 5: Localities of *Primula auricula* var. *tolminensis*
Slika 5: Nahajališča taksona *P. auricula* var. *tolminensis*

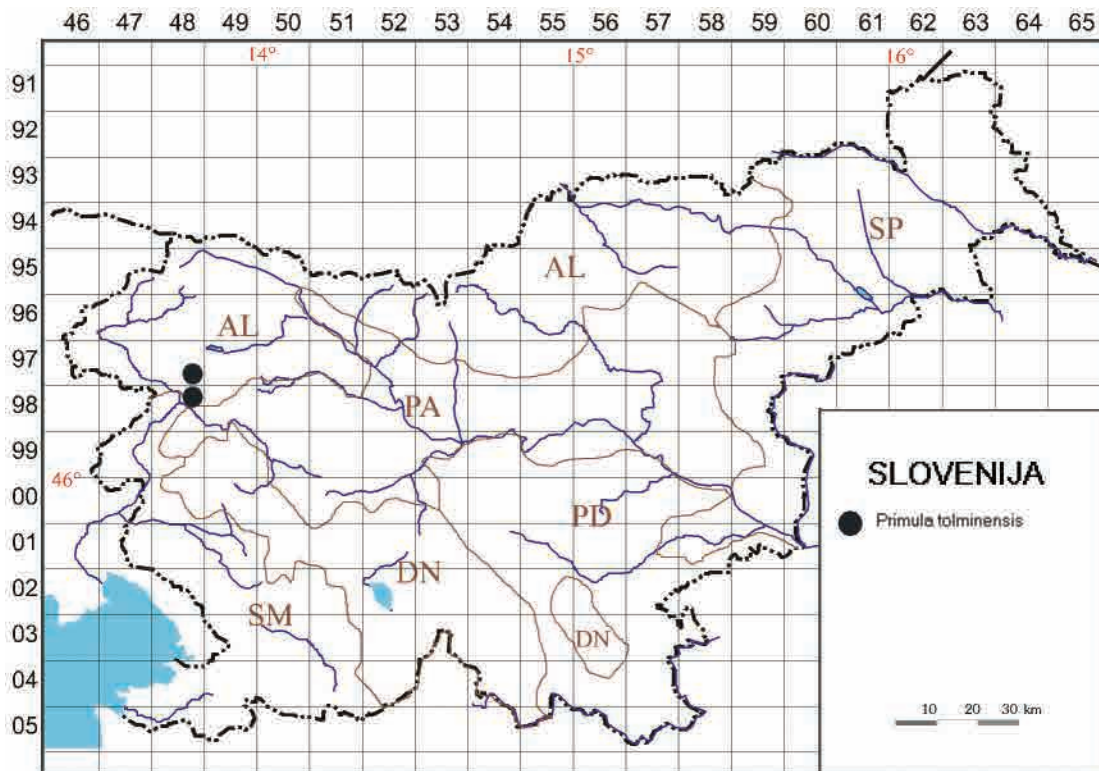


Figure 6: Distribution of *Primula auricula* var. *tolminensis* in Slovenia

Slika 6: Razširjenost tolminskega jegliča v Sloveniji

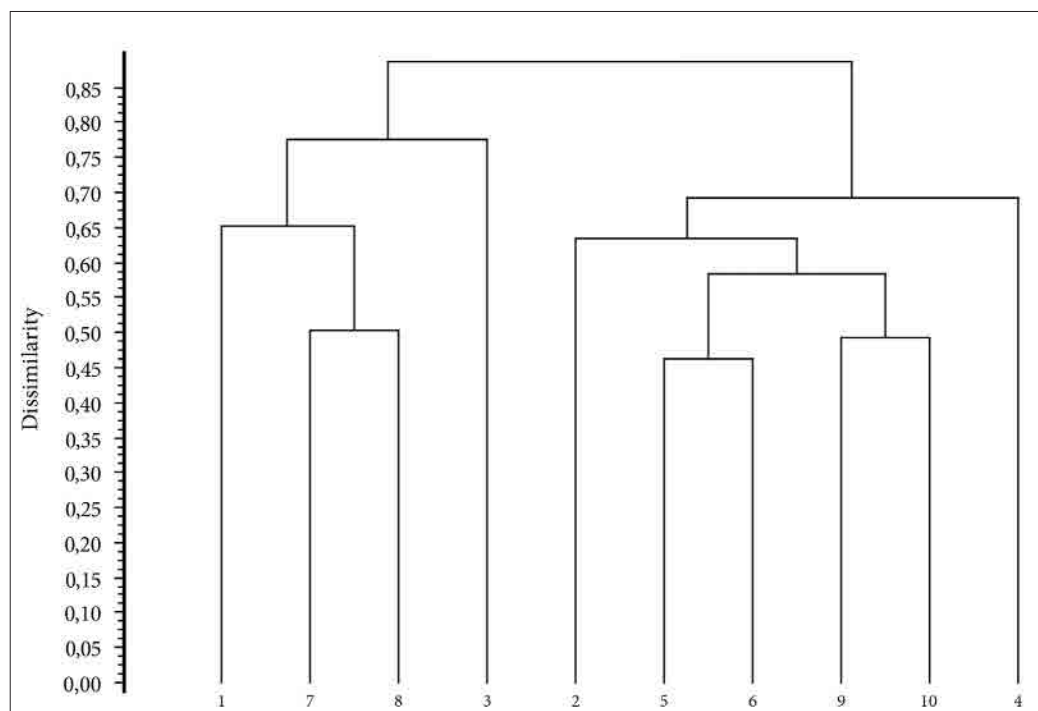


Figure 7: Dendrogram of stands with *Primula auricula* var. *tolminensis*, UPGMA, 1- similarity ratio

Slika 7: Dendrogram popisov sestojev s taksonom *Primula auricula* var. *tolminensis* UPGMA, 1- similarity ratio

The localities are situated between 1,130 and 1,200 m a.s.l., on distinctly shady, predominantly northern aspects. The parent material is Cretaceous Volče limestone with cherts, in places intercalated with marlstone, and partly limestone breccia; below Krikov Vrh also Triassic Bača dolomite (BUSER 1986, 1987). The climate is humid, montane, with the average annual precipitation between 2,000 and 2,500 mm (B. ZUPANČIČ 1998) and mean annual temperature of 4 – 6°C (CEGNAR 1998). *Primula auricula* var. *tolminensis* localities have a local climate that is colder from the regional average for this altitude, which means that snow here persists for longer periods than on the sunny slopes of Kobilja Glava and that the phenological stages (beginning of flowering) are slightly delayed. Land has been cleared for pastures in the belt of altimontane beech forests (*Ranunculo platanifolii-Fagetum*); the rocky sites under Krikov Vrh are in the area of azonal beech community classified into the subassociation *Saxifraga cuneifolii-Fagetum aruncetosum* (DAKSKOBLER 2015). The pastures are extensively managed, with cattle occasionally grazing there in the summer.

The pastures are extensively managed, with cattle occasionally grazing there in the summer.

Primula auricula var. *tolminensis* occurs within two vegetation types (Figure 7, Table 1). The first four relevés (relevés 1 to 4 in Table 1), i.e. the group of four relevés in the left part of the dendrogram in Figure 7, represent montane grasslands used as pastures. Usually, but not always, they are dominated by *Sesleria caerulea*. As a result of grazing these pastures comprise many species of managed meadows from the class *Molinio-Arrhenatheretea*, whereas intercalations of chert and marlstone enabled the establishment of acidophilous species (such as *Antennaria dioica*, *Saxifraga cuneifolia*, *Luzula luzuloides*). Due to the distinctly shady aspect and relatively fresh soils there are also species of tall herbs (e.g. *Hypericum maculatum*, *Veratrum album*, *Aconitum angustifolium*, saplings of *Alnus viridis* and *Salix appendiculata*). Groups of diagnostic species comprise equal proportions of diagnostic species of classes or orders *Elyno-Sesleriete*

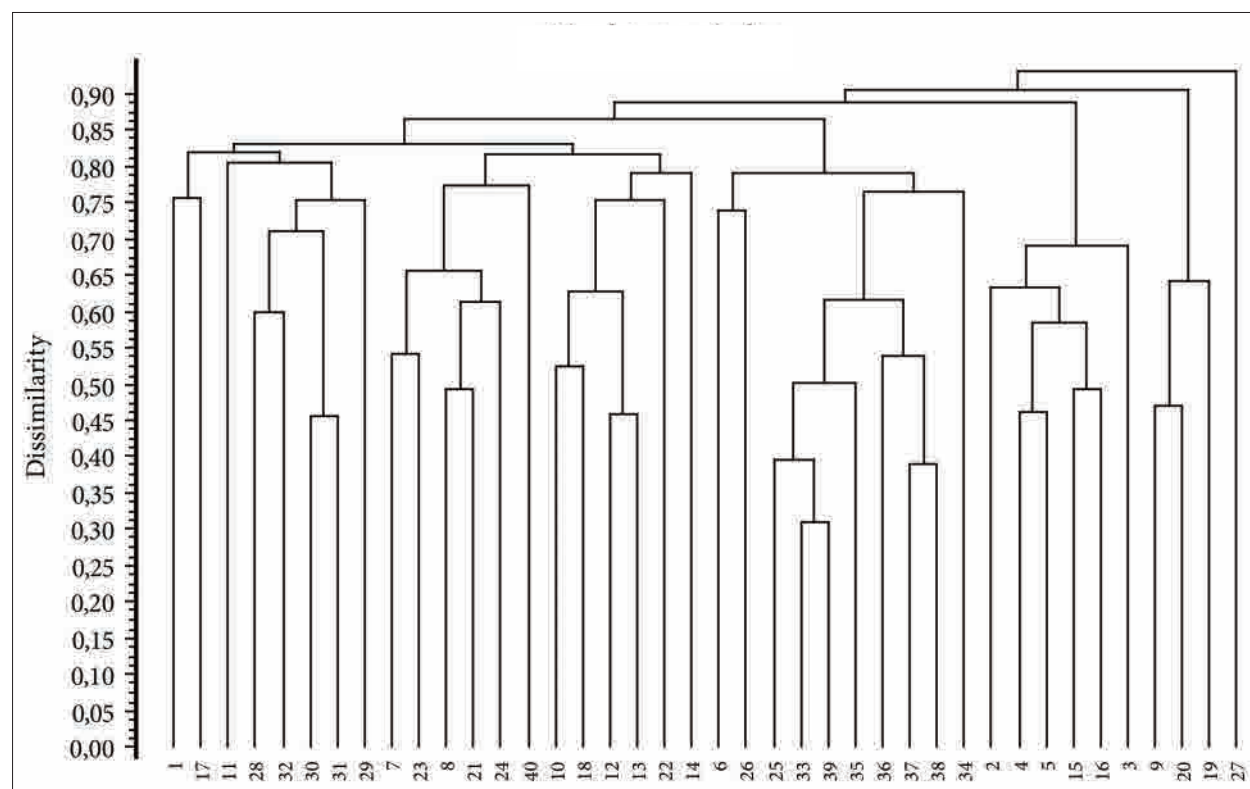


Figure 8: Dendrogram of chasmophytic communities with dominant *Primula auricula* from various regions of Slovenia. Stands with *P. auricula* var. *tolminensis* group separately (relevés 2, 4, 5, 15, 16, 3) on the right side of the dendrogram, UPGMA, 1–similarity ratio

Slika 8: Dendrogram združb skalnih razpok s prevladujočo vrsto *Primula auricula* iz različnih delov Slovenije. Sestoji s taksonom *P. auricula* var. *tolminensis* so v ločeni skupini (popisi 2, 4, 5, 15, 16, 3) v desnem delu dendrograma, UPGMA, 1–similarity ratio



Figure 9: Stony altimontane grassland used as a pasture, with *Primula auricula* var. *tolminensis*
Slika 9: Kamnito altimontansko travišče, v rabi kot pašnik s tolminskim jegličem (*Primula auricula* var. *tolminensis*)



Figure 10: Rocky sites of *Primula auricula* var. *tolminensis*
Slika 10: Skalovje, rastišče tolminskega jegliča (*Primula auricula* var. *tolminensis*)

(the most common among them are *Sesleria caerulea* as well as *Gentiana verna*, *Phyteuma orbiculare*, *Thymus praecox* subsp. *polytrichus*, on two relevés even a species of stony alpine grasslands *Carex ornithopodoides*), *Festuco-Brometea* (*Plantago media*, *Carex caryophylla*, *Carlina acaulis*, *Euphorbia cyparissias*), *Poo alpinae-Trisetetalia* (*Crocus albiflorus*, *Trollius europaeus*) and *Calluno-Ulicetea* (*Alchemilla flabellata*, *Antennaria dioica*, *Selaginella helvetica*). As the slopes are very stony, *Primula auricula* var. *tolminensis* is common on these pastures; the specimens of the typical form occur individually, similarly to another character chasmophytic species, *Saxifraga crustata*.

The second group of relevés (relevés 5 to 10 in Table 1, i.e. the large group of relevés on the right side of the dendrogram in Figure 7) represents chasmophytic communities on limestone breccia and limestone, two relevés under Krikov Vrh also on dolomite. These relevés comprise substantially fewer species, with the most common (other than the Tolmin auricula) being *Sesleria caerulea*, *Cystopteris fragilis*, *Kernera saxatilis*, *Saxifraga crustata* and *Campanula carnica*.

These six relevés were compared with 34 relevés of chasmophytic communities in which one of the dominating species is *Primula auricula* (from different parts of Slovenia: Mrzli Vrh above Tolmin, Hoč at Mt. Porezen, the upper Bača Valley: Kacenspoh, Driselpoh, Zakojška Grapa gorge), the Breginjnski Kot (the foothills of Mt. Mija at Robič), the Idrija Valley (Golo Brdo), Banjšice (Gomila at the hamlet of Madoni, Avšček), the Reka valley before the Škocjan Caves, Sv. Križ above Bele Vode and Donačka Gora. The result was the dendrogram in Figure 8, where the relevés with *Primula auricula* var. *tolminensis* grouped separately (the group of six relevés – 2, 4, 5, 15, 16 and 3) on the right side of the dendrogram. These stands are therefore provisionally classified into the new association *Campanulo carnicae-Primuletum tolminensis* nom. prov., but additional research is required before we can provide a valid description. Whereas the typical form *P. auricula* occurred alongside *Primula auricula* var. *tolminensis* on all relevés of the first site type (a stony pasture or montane grassland), the second type (chasmophytic community) comprised the typical form on only one of six relevés.



Figure 11: Stand of the association *Campanulo carnicae-Primuletum tolminensis*
Slika 11: Sestoj asociacije *Campanulo carnicae-Primuletum tolminensis*

4 CONCLUSIONS

Populations of *Primula auricula* differ considerably across the distribution area and the taxon can therefore be subdivided into several subspecies, varieties and forms, according to some authors even several species. Due to the complexity involved in a mutual comparison of all these different varieties we were forced to conduct our research without comparing them. In this article we would primarily like to draw attention to the population of distinctly pale (lemon-coloured) flowering auriculas with relatively small flowers that Anka Rudolf found below Kobilja Glava in the Tolmin region (at the foothills of the southern Julian Alps). They occur together with the specimens that have the more common, deep (bright) yellow flowers and are outnumbered here by the pale flowering auriculas. Although there are other species of auriculas occurring in the vicinity there is little likelihood that the pale colour is the result of cross-pollination. The sites, stony mountain pastures, limestone and dolomite rocks, are distinctly shady, with a cold local climate and a snow cover that lasts long into the spring. According to our knowledge and experience, this auricula does not occur elsewhere in Slovenia, although we came across specimens with paler and smaller flowers in several other spots as well. Those specimens, however, do not stand out from other specimens of the typical form in their surroundings as distinctly and in such a contiguous population

as below Kobilja Glava. We are conducting other investigations that might explain the reasons for the distinctiveness of the auricula from the mountain pasture Lom and allow us to validly describe the new taxon. The observations and measurements conducted so far allow us to provisionally describe the new variety *Primula auricula* var. *tolminensis* (the Tolmin auricula), which is at present treated as strictly endemic and therefore deserves our attention also in view of its protection. Although *Primula auricula* is already protected in Slovenia (ANON. 2004), its rare variety from the Tolmin mountains with its unusual colour might attract more attention in certain (especially gardening) circles. At the moment, the land management practice in the area of its occurrence does not pose a threat to this auricula, but this might change if people started to pick these flowers in order to grow them at home. Its localities are on the margins of the Triglav National Park, some of them, below Krikov Vrh, also on its territory. Although the population above the mountain pasture of Lom boasts more than 500 specimens it might still be necessary to put up information boards in the future to explain to the visitors the uniqueness of the Lom in Kobilja Glava population, instructing them not to pick or dig up the Tolmin auricula without prior permission of the relevant authorities. Any such unauthorised picking or poaching should be prohibited and punishable.

5 POVZETEK

5.1 Uvod

Primula auricula je južnoevropska montanska vrsta, značilnica združb skalnih razpok, ki raste od kolinskega do alpinskega pasu v večini pokrajin v Alpah, v Juri, Schwarzwald, Apeninih, severnem delu Dinarskega gorstva, v Tatrah in v Karpatih. Vrsta je zelo raznolika in v preteklosti je bilo opisano več podvrst, npr. subsp. *bauhini*, subsp. *balbisii* (sin. subsp. *ciliata*), subsp. *hungarica*, subsp. *serratifolia* (MARHOLD 2011), in več nižjih taksonomskih oblik, varietet in form. Razlike med navedenimi taksoni so predvsem v obliki pritličnih listov, njihovi nazobčanosti in žlezavosti, deloma tudi v velikosti in barvi cvetov. Živo (temno) rumene populacije avriklja, ki uspevajo v Sloveniji, naj bi pripadale podvrsti *P. auricula* subsp. *balbisii* (ZHANG & KADEREIT 2004), a sta kasneje ZHANG in KADEREIT (2005) v takson *P. auricula* kot tipsko obliko podredila vse zgoraj navedene podvrste, pač pa ponovno opredelila že

opisano vrsto *P. lutea* Vill., kamor uvrščata populacije lepega jegliča iz severnih Alp, Tater, zahodne Avstrije, Francije, Nemčije, Poljske, Slovaške in Švice. Znotraj te vrste so opisane tri podvrste: subsp. *lutea*, *widmerae* in *tatriaca* (ZHANG & KADEREIT 2005).

17. 5. 2009 je prva avtorica tega članka (Anka Rudolf) na pašnikih planine Lom pod Vrhom Klonic (ki je vzpetina v severozahodnem grebenu Kobilje glave) v tolminskem prigorju južnih Julijskih Alp opazila netipično obliko lepega jegliča (*Primula auricula*). Prepoznala jo je po zelo svetlih cvetovih, ki so manjši in ne popolnoma razprti. Na pašniku ga je veliko in le okoli 10 % rastlin ima normalne bolj živo rumene cvetove. Ko smo si njeno nahajališče ogledali, smo njena opažanja lahko potrdili. Barva cvetov je očitno svetlejša, limonasta, cvetovi so navadno manjši. Običajne, živo (temno) rumeno cvetoče rastline so v tej populaciji redke. Kljub temu, da v širši okolici posamično rastejo tudi druge vrste jegličov (*Primula vulgaris*, *P. veris*

subsp. *columnae*, *P. elatior*), je možnost, da bi bila svetla barva posledica križanja, zelo majhna. S fotografiranjem, meritvami cvetov in listov in s popisom rastišč smo želeli taksonomsko ovrednotiti to nenavadno populacijo lepega jegliča, pri čemer smo primerjalne meritve opravili tudi na drugih nahajališčih, na Poreznu, na južnem robu Trnovskega gozda, v dolini Reke pri Škocjanskih jamah, na Donački gori in še drugod. Obdelava podatkov in predvsem primerjava z drugimi do zdaj znanimi oblikami oz. različki vrste *Primula auricula* s. lat. je v teku (VREŠ et al. 2018). V tem članku podajamo prva spoznanja in predvsem značilnosti rastišč, v katerih se nenavadna oblika lepega jegliča pojavlja. Za zdaj ga imenujemo *P. auricula* var. *tolminensis* (tolminski jeglič).

5.2 Metode

Na nahajališčih tolminskega jegliča smo naredili fitocenološke popise po standardni srednjeevropski metodi (BRAUN-BLANQUET 1964) in jih vnesli v podatkovno bazo FloVegSI (T. SELIŠKAR, VREŠ, A. SELIŠKAR 2003). Popise smo v preglednico uredili s hierarhično klasifikacijo. Izbrali smo metodo kopičenja na podlagi povezovanja (netehtanih) srednjih razdalj – “(Unweighted) average linkage” – UPGMA, ob uporabi Wishartovega koeficienta podobnosti (1–similarity ratio). Pri tem smo kombinirane ocene zastiranja in pogostosti pretvorili v števila (1–9) – van der MAAREL (1979). Numerično primerjavo popisov smo izdelali s programskim paketom SYN-TAX (PODANI 2001). Rastline smo v skupine diagnostičnih vrst uvrstili na podlagi dela Flora alpina (AESCHIMANN et al. 2004). To delo nam je tudi vir za horološko oznako vrste *Primula auricula* s. lat. Nomenklaturni vir za imena praprotnic in semenk je Mala flora Slovenije (MARTINČIČ et al. 2007), pri čemer za pisano vilovino uporabljamo ime *Sesleria caerulea* (L.) Ard. MARTINČIČ (2003, 2011) je nomenklaturni vir za imena mahov, SUPPAN & al. (2000) pa za imena lišajev. Nomenklaturna vira za imena sintaksonov sta THEURILLAT (2004) in ŠILC & ČARNI (2012). Geografske koordinate popisov so določene po slovenskem geografskem koordinatnem sistemu D 48 (5-ta cona) po Besselovem elipsoidu in z Gauss-Krügerjevo projekcijo.

5.3 Rezultati in razprava

5.3.1 Opis tolminskega jegliča

Tolminski jeglič (*Primula auricula* var. *tolminensis*) se od v Sloveniji običajno rastočih populacij taksona *Pr-*

mula auricula s. lat. razlikuje po nižji rasti, krajših in ožjih cvetovih in najbolj očitno po izrazito svetli, limonasto rumeni barvi cvetnege venca. Pri dosedanjih raziskavah populacij avriklja na drugih nahajališčih v Sloveniji smo opazili tudi primerke z nižjo rastjo in krajšimi in ožjimi cvetovi od običajnih, nikjer pa primerkov z izrazito svetlo, limonasto barvo cvetnege venca. Prav ta barva je torej tisti morfološki znak, ki dopušča, da rastline s severozahodnih pobočij Kobilje glave in okolice planine Lom v južnem prigorju Julijskih Alp za zdaj obravnavamo kot posebno varieteto. Ker pa je znotrajvrstna variabilnost taksona *Primula auricula* s. lat. velika in njeno vrednotenje zapleteno, veljaven opis nove varietete na podlagi našega dozdajšnjega poznavanja populacij iz Slovenije in drugih območij Alp pred dokončno obdelavo vseh meritev in drugih analiz še ni mogoč. Novo varieteto zato predstavljamo le z izbranimi fotografijami in opisom njenih rastišč.

5.3.2 Ekološke in fitocenološke značilnosti rastišč, na katerih raste novi takson

Svetlo rumeno (limonasto rumeno) cvetoče populacije lepega jegliča smo doslej našli le na severozahodnih pobočjih Kobilje glave oz. njenega predvrha Vrha Klonic nad planino Lom in nad cesto pl. Lom–pl. Podkuk, pod Krikovim vrhom, v dveh kvadrantih srednjeevropskega kartiranja flore (sliki 5 in 6). Nadmorska višina nahajališč je od 1130 m do 1200 m, lega je izrazito osojna, v glavnem severna. Geološka podlaga je kredni volčanski apnenec z roženci, ponekod tudi s primesjo laporovca in deloma apnenčeva breča, pod Krikovim vrhom tudi triasni baški dolomit (BUSER 1986, 1987). Podnebje je humidno, gorsko, s povprečno letno višino padavin od 2000 mm do 2500 mm (B. ZUPANČIČ 1998) in s povprečno z letno temperaturo 4–6 °C (CEGNAR 1998). Na nahajališčih tolminskega jegliča je hladnejše krajevno podnebje od regionalnega povprečja za to nadmorsko višino, kar pomeni, da se na teh pobočjih sneg zadržuje dalj časa kot na prisojnih pobočjih Kobilje glave in tudi fenološke faze (začetek cvetenja) nekoliko kasnijo. Pašniki so izkrčeni v pasu altimontanskega bukovega gozda (*Ranunculo platani-folii-Fagetum*), skalovje pod Krikovim vrhom je v območju aconalnega bukovja s klinolistnim kamnokrečem in kresničjem (*Saxifrago cuneifolii-Fagetum aruncetosum*) – DAKSKOBLER (2015). Pašniki so v ekstenzivni rabi, na njih se govedo občasno pase v poletnem času.

Tolminski jeglič raste v dveh tipih vegetacije (slika 7, preglednica 1). Prvi štirje popisi (popisi 1 do 4 v preglednici 1), oziroma skupina štirih popisov v levem

delu dendrograma na sliki 7, predstavlja gorska travišča, ki so v rabi kot pašniki. Navadno, ne pa vedno, na njih prevladuje vrsta *Sesleria caerulea*. Zaradi vplivov paše je v njih precej vrst gojenih travnikov iz razreda *Molinio-Arrhenatheretea*, zaradi primesi roženca in laporovca so prisotne tudi kisloljubne vrste (na primer *Antennaria dioica*, *Saxifraga cuneifolia*, *Luzula luzuloides*), zaradi izrazito osojne lege in razmeroma svežih tal tudi vrste visokih steblik (na primer *Hypericum maculatum*, *Veratrum album*, *Aconitum angustifolium*, mladice zelene jelše, *Alnus viridis*, in velikolistne vrbe, *Salix appendiculata*). Med skupinami diagnostičnih vrst imajo precej enakovredne deleže diagnostične vrste razredov oz. redov *Elyno-Seslerietea* (med njimi so poleg pisane vilovine najbolj pogoste *Gentiana verna*, *Phyteuma orbiculare*, *Thymus praecox* subsp. *polytrichus*, na dveh popisih celo vrsta kamnitih alpinskih trat *Carex ornithopodoides*), *Festuco-Brometea* (*Plantago media*, *Carex caryophylla*, *Carlina acaulis*, *Euphorbia cyparissias*), *Poo alpinae-Trisetetalia* (*Crocus albiflorus*, *Trollius europaeus*) in *Calluno-Ulicetea* (*Alchemilla flabellata*, *Antennaria dioica*, *Selaginella helvetica*). Ker so pobočja precej kamnita, je tolminski jeglič na teh pašnikih pogost, primerki tipske oblike so prisotni posamično, podobno kot še ena značilna vrsta skalnih razpok skorjasti kamnokreč (*Saxifraga crustata*).

Druga skupina popisov (popisi 5 do 10 v tabeli 1 oz. večja skupina popisov na desni strani dendrograma na sliki 7) predstavlja združbe skalnih razpok na apnenčasti breči, apnencu in dva popisa pod Krikovim vrhom tudi na dolomitu. Na teh popisih je vrst bistveno manj, najbolj pogoste poleg tolminskega jegliča pa so *Sesleria caerulea*, *Cystopteris fragilis*, *Kernera saxatilis*, *Saxifraga crustata* in *Campanula carnica*. Teh šest popisov smo primerjali skupaj s 34 popisi združb skalnih razpok, kjer je ena od prevladujočih vrst *Primula auricula* (iz različnih delov Slovenije: Mrzli vrh nad Tolminom, Hoč pri Poreznu, zgornja Baška dolina: Kacenpoh, Driselpoh, Zakojška grapa), Breginjski kot (vznožje Mije pri Robiču), dolina Idrije (Golo Brdo), Banjšice (Gomila pri zaselku Madoni, Avšček), dolina Reke pred Škočjanskimi jamami, Sv. Križ nad Belimi Vodami in Donačka gora in dobili dendrogram (slika 8), kjer so se popisi s tolminskim jegličom združevali posebej (skupina šestih popisov 2, 4, 5, 15, 16 in 3) v desnem delu dendrograma. Zato te sestoje začasno uvrščamo v novo asociacijo *Campanulo carnicae-Primuletum tolminensis* nom. prov., ki pa za veljaven opis potrebuje dodatne raziskave. Medtem ko je na prvem tipu rastišč, kamnitih pašniku oz. gorskem travišču, na vseh popisih poleg tolminskega jegliča rasla tudi tipska oblika *P. auricula*, je v drugem tipu, v združbi skalnih razpok, le ta prisotna le na enem popisu od skupno šestih.

5. 4 Zaključki

Populacije vrste *Primula auricula* so si v različnih delih areala zelo raznolike in ta takson je zato mogoče členiti v več podvrst, varietet in form, po nekaterih avtorjih tudi v več vrst. Medsebojna primerjava vseh teh različikov je zelo zahtevna in pri naši raziskavi smo se ji morali odpovedati. V članku želimo predvsem opozoriti na populacijo izrazito svetlo rumeno (limonasto) cvetočih lepih jegličov, z razmeroma majhnimi cvetovi, ki jih je Anka Rudolf opazila pod Kobiljo glavo na Tolminskem (v prigorju južnih Julijskih Alp). Uspevajo skupaj z običajno temno (živo) rumeno cvetočimi primerki, a so slednji v manjšini. V okolici posamično uspevajo tudi druge vrste jegličov, a možnost, da bi bila svetla barva posledica križanja, je zelo majhna. Rastišča, kamniti gorski pašniki, apnenčasto in dolomitno skalovje, so izrazito osojna, s hladnim krajevnim podnebjem, kjer spomladi dolgo ostaja sneg. Drugod v Sloveniji po naših izkušnjah tak jeglič ne raste, čeprav smo na več krajih opazili tudi bolj svetlo cvetoče primerke z manjšimi cvetovi od običajnih, a vendar ti primerki ne odstopajo tako očitno od okoliških primerkov tipske oblike in rastejo bolj posamično, nikakor ne v tako strnjeni populaciji kot pod Kobiljo glavo. V teku so še druge naše raziskave, ki bodo morda pojasnile vzroke za posebnost jegliča s planine Lom in omogočile veljaven opis novega taksona. Do zdaj opravljena opažanja in meritve pa dopuščajo provizoren opis nove varietete *Primula auricula* var. *tolminensis* (tolminski jeglič), ki jo za zdaj obravnavamo kot ozko endemično in zato zasluži našo pozornost tudi z vidika njenega varstva. To je že zdaj zagotovljeno, saj je vrsta *Primula auricula* v Sloveniji zavarovana (ANON. 2004). A tolminski jeglič kot redek barvni različek bi lahko v določenih (predvsem vrtnarskih) krogih vzbudil večje zanimanje. Zdajšnji način rabe prostora, kjer raste, ga ne ogroža, ogrožati bi ga lahko začeli ljudje, zaradi želje, da ga vzgojijo tudi doma. Njegova nahajališča so na robu Triglavskega narodnega parka, tista pod Krikovim vrhom, tudi znotraj njega. Čeprav je populacija nad pl. Lom zelo bogata, skupno zagotovo več kot 500 primerkov, bodo morda v bodoče potrebne ustrezne informacijske table, ki bodo na to posebnost pl. Lom in Kobilje glave opozarjale in obiskovalcem dale jasno napotilo, da je trgiranje in izkopavanje tolminskega jegliča brez predhodnega dovoljenja ustreznih služb strogo prepovedano in podvrženo kaznovanju.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Dr. Amadej Trnkoczy for his informations about the localities of the taxon *Primula auricula* var. *tolminensis* also under Krikov Vrh. We acknowledge the financial support from the Slovenian

Research Agency (research core funding No. P1-0236). Iztok Sajko prepared Figure 5 for print. English translation by Andreja Šalamon Verbič.

REFERENCES – LITERATURA

- AESCHIMANN, D., K. LAUBER, D. M. MOSER & J.-P. THEURILLAT, 2004: *Flora alpina*. Bd. 1, 2, 3. Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien.
- ANONYMOUS, 2004: *Uredba o zavarovanih prosto živečih rastlinskih vrstah*. Uradni list RS 46/2004.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1964: *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. 3. Auflage. Springer, Wien – New York.
- BUSER, S., 1986: *Tolmač listov Tolmin in Videm (Udine) L 33-64 L 33-63*. Osnovna geološka karta 1:100 000, Beograd.
- BUSER, S., 1987: *Osnovna geološka karta SFRJ. Tolmin in Videm 1 : 100 000*. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- CEGNAR, T., 1998: *Temperatura zraka*. In: Fridl, J., Kladnik, D., Orožen Adamič, M. & Perko, D. (eds.): *Geografski atlas Slovenije. Država v prostoru in času*. Državna založba Slovenije, Ljubljana, pp. 100–101.
- DAKSKOBLER, I., 2015: *Phytosociological analysis of montane beech forests on steep shady slopes on mixed geological bedrock in western Slovenia*. *Folia biologica et geologica* (Ljubljana) 56 (1): 8–103.
- MAAREL van der, E., 1979: *Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity*. *Vegetatio* 39 (2): 97–114.
- MARHOLD, K., 2011: *Primulaceae*. – In: *Euro+Med Plantbase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity*. <http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/PTaxonDetail.asp?NameId=28913&PTRefFk=7200000>
- 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.
- PODANI, J., 2001: *SYN-TAX 2000. Computer Programs for Data Analysis in Ecology and Systematics*. User's Manual, Budapest.
- SELIŠKAR, T., B. VREŠ & A. SELIŠKAR, 2003: *FloVegSi 2.0. Fauna, Flora, Vegetation and Paleovegetation of Slovenia. Computer programme for arranging and analysis of biological data*. Biološki inštitut ZRC SAZU, Ljubljana.
- SUPPAN, U., J. PRÜGGER & H. MAYRHOFER, 2000: *Catalogue of the lichenized and lichenicolous fungi of Slovenia*. *Bibliotheca Lichenologica* 76: 1–215.
- ŠILC, U. & A. ČARNI, 2012: *Conspectus of vegetation syntaxa in Slovenia*. *Hacquetia* (Ljubljana) 11 (1): 113–164.
- THEURILLAT, J.-P., 2004: *Pflanzensoziologisches System*. In: Aeschimann, D., K. Lauber, D. M. Moser & J.-P. Theurillat: *Flora alpina 3: Register*. Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien, pp. 301–313.
- VREŠ, B., T. ČELIK, A. RUDOLF & I. DAKSKOBLER, 2018: *Primula auricula* var. *tolminensis*, a new variant of *Auricula* in the southern Julian Alps. In preparation.
- ZUPANČIČ, B., 1998: *Padavine*. In: Fridl, J., Kladnik, D., Orožen Adamič, M. & Perko, D. (eds.): *Geografski atlas Slovenije. Država v prostoru in času*. Državna založba Slovenije, Ljubljana, pp. 98–99.
- ZHANG, L.-B., J. W. KADEREIT, 2004: *Classification of Primula sect. Auricula (Primulaceae) based on two molecular data sets (ITS AFLPs), morphology and geographical distribution*. *Botanical Journal of the Linnean Society* 146: 1–26.
- ZHANG, L.-B., J. W. KADEREIT, 2005: *Typification and synonymization in Primula sect. Auricula (Primulaceae)*. *Taxon* 54 (3): 775–788.

Table 1: Communities with *Primula auricula* var. *tolminensis*
Preglednica 1: Združbe s tolminskim jegličem (*Primula auricula* var. *tolminensis*)

Authors of the table /Avtorja preglednice: I. Dakskobler & B. Vreš

Number of relevé (Zaporedna številka popisa)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Database number of relevé (Delovna številka popisa)		233781	233730	246706	246707	235178	233780	242497	242498	257568	257569			
Elevation in m (Nadmorska višina v m)		1170	1130	1200	1150	1142	1150	1160	1170	1150	1150			
Aspect (Lega)		NEE	N	N	NW	NNW	NNE	NW	NW	NE	NE			
Slope in degrees (Nagib v stopinjah)		30	25	25	30	70	80	95	90	80	90			
Parent material (Matična podlaga)		A	AL	ALR	ALR	A	A	A	A	D	D			
Soil (Tla)		Re	CC	CC	CC	Li	Li	Li	Li	Li	Li			
Stoniness in % (Kamnitost v %)		30	30	30	20	100	100	100	100	100	100			
Cover of shrub layer in % (Zastiranje grmovne plasti v %):		E2	10	10										
Cover of herb layer in % (Zastiranje zeliščne plasti v %):		E1	70	80	70	80	30	40	20	25	25	20		
Cover of moss layer in % (Zastiranje mahovne plasti v %)		E0	10	10		30	10	5	30	20	20			
Number of species (Število vrst)		36	88	71	50	23	19	12	10	19	10			
Relevé area (Velikost popisne ploskve)		m ²	40	40	20	20	10	10	20	20	5	5		
Date of the relevé (Datum popisa)			5/24/2009	5/24/2009	5/9/2012	5/9/2012	5/9/2010	5/24/2009	4/21/2011	4/21/2011	5/10/2015	5/10/2015		
Locality (Nahajališče)			Lom-Kobilja glava	Lom-Kobilja glava	Lom-Kobilja glava	Lom-Kobilja glava	Lom-Kobilja glava	Lom-Kobilja glava	Lom-Kobilja glava	Krikov vrh	Krikov vrh			
Quadrant (Kvadrant)			9848/2	9848/2	9848/2	9848/2	9848/2	9848/2	9848/2	9748/4	9748/4			
Coordinate GK Y (D-48)		m	406675	406608	406679	406630	406631	406659	406613	406652	406655	406637		
Coordinate GK X (D-48)		m	5117930	5117921	5117889	5117923	5117932	5117912	5117926	5117956	5118828	5118852		
ES	<i>Elyno-Seslerietea</i>											Pr.	Fr.	
	<i>Sesleria caerulea</i>	E1	2	.	1	1	1	2	1	1	+	.	8	80
CA	<i>Festuca calva</i>	E1	+	.	.	.	.	+	+	.	.	.	3	30
	<i>Gentiana verna</i>	E1	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Phyteuma orbiculare</i>	E1	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>polytrichus</i>	E1	1	1	+	.	.	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Arabis ciliata</i>	E1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Galium anisophyllum</i>	E1	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	20
Cfir	<i>Carex ornithopodoides</i>	E1	r	.	+	.	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Aster bellidiastrum</i>	E1	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	2	20
	<i>Erigeron glabratus</i>	E1	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	2	20
	<i>Acinos alpinus</i>	E1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Polygala alpestris</i>	E1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Betonica alopecurus</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Hieracium pilosum</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Leucanthemum heterophyllum</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Carex mucronata</i>	E1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
PS	<i>Physoplexido comosae-Saxifragion petraeae</i>													
	<i>Primula auricula</i> var. <i>tolminensis</i>	E1	2	1	2	3	1	1	2	2	2	2	10	100
	<i>Saxifraga crustata</i>	E1	1	+	.	+	.	1	1	+	.	.	6	60
	<i>Campanula carnica</i>	E1	.	.	.	.	.	1	.	.	1	+	3	30
	<i>Paederota lutea</i>	E1	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	2	20
	<i>Campanula cespitosa</i>	E1	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	10

Number of relevé (Zaporedna številka popisa)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Pr.	Fr.	
Cy	<i>Cystopteridion fragilis</i>													
	<i>Cystopteris fragilis</i>	E1	.	+	+	+	+	.	+	.	r	1	7	70
	<i>Valeriana tripteris</i>	E1	.	.	+	+	1	.	.	.	r	.	4	40
	<i>Heliosperma pusillum</i>	E1	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	2	20
	<i>Carex brachystachys</i>	E1	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	1	10
	<i>Asplenium viride</i>	E1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	1	10
PC	<i>Potentilletalia caulescentis</i>													
	<i>Primula auricula</i> s.str.	E1	+	+	+	1	.	.	+	.	.	.	5	50
	<i>Festuca stenantha</i>	E1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	10
AT	<i>Asplenieta trichomanis</i>													
	<i>Asplenium ruta-muraria</i>	E1	+	+	.	.	.	.	+	r	+	.	5	50
	<i>Kerneria saxatilis</i>	E1	.	+	.	.	+	+	.	+	+	.	5	50
	<i>Asplenium trichomanes</i>	E1	.	.	.	.	.	+	1	+	r	1	5	50
	<i>Sedum album</i>	E1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Polypodium vulgare</i>	E1	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Saxifraga paniculata</i>	E1	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	1	10
TR	<i>Thlaspietea rotundifolii</i>													
	<i>Arabis alpina</i> subsp. <i>alpina</i>	E1	.	.	.	+	+	.	+	.	.	.	3	30
	<i>Pimpinella alpina</i>	E1	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Trisetum argenteum</i>	E1	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	2	20
	<i>Biscutella laevigata</i>	E1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Adenostyles glabra</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Gymnocarpium robertianum</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Hieracium bifidum</i>	E1	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	1	10
FB	<i>Festuco-Brometea</i>													
	<i>Plantago media</i>	E1	+	1	1	2	.	.	.	.	.	.	4	40
	<i>Carex caryophyllea</i>	E1	+	1	1	1	.	.	.	.	.	.	4	40
	<i>Carlina acaulis</i>	E1	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	4	40
	<i>Euphorbia cyparissias</i>	E1	2	.	+	+	.	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Galium verum</i> s.str.	E1	1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Koeleria pyramidata</i>	E1	+	+	1	.	.	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Bromopsis transsilvanica</i>	E1	2	.	.	.	.	+	.	.	.	.	2	20
	<i>Genista tinctoria</i>	E1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Anthyllis vulneraria</i>	E1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Allium carinatum</i> subsp. <i>carinatum</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Gentiana cruciata</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Cirsium erisithales</i>	E1	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	10
PaT	<i>Poo alpinae-Trisetetalia</i>													
	<i>Crocus albiflorus</i>	E1	+	+	1	1	.	.	.	.	.	.	4	40
	<i>Trollius europaeus</i>	E1	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Poa alpina</i>	E1	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Campanula scheuchzeri</i>	E1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Ranunculus nemorosus</i>	E1	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	2	20
MA	<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>													
	<i>Luzula campestris</i>	E1	.	1	+	+	.	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Taraxacum</i> sect. <i>Ruderalia</i>	E1	.	1	+	+	.	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Lotus corniculatus</i>	E1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Galium mollugo</i>	E1	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Lathyrus pratensis</i>	E1	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Leontodon hispidus</i>	E1	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Veronica chamaedrys</i>	E1	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Dactylis glomerata</i> s.str.	E1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Achillea millefolium</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Carum carvi</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Cerastium holosteoides</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Trifolium pratense</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Vicia cracca</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Vicia sepium</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
CU	<i>Calluno-Ulicetea</i>													
	<i>Alchemilla flabellata</i>	E1	+	+	+	1	.	.	.	.	.	.	4	40
	<i>Antennaria dioica</i>	E1	+	+	1	.	.	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Selaginella helvetica</i>	E1	.	1	+	1	.	.	.	.	.	.	3	30

Number of relevé (Zaporedna številka popisa)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Pr.	Fr.
	<i>Carex pallescens</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Lathyrus linifolius</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Polygala vulgaris</i>	E1	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Viola canina</i>	E1	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	10
CD	<i>Caricetalia davallianae</i>												
	<i>Gentiana utriculosa</i>	E1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Parnassia palustris</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	10
TG	<i>Trifolio-Geranietea</i>												
	<i>Silene nutans</i>	E1	1	+	.	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Achillea distans</i>	E1	.	1	+	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Vicia sylvatica</i>	E1	.	1	+	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Libanotis sibirica</i> subsp. <i>montana</i>	E1	.	.	+	+	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Hypericum perforatum</i> s.str.	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Valeriana wallrothii</i> (<i>V. collina</i>)	E1	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	10
MuA	<i>Mulgedio-Aconieteta, Betulo-Alnetea</i>												
	<i>Hypericum maculatum</i> s.str.	E1	+	+	1	+	.	.	.	.	.	4	40
	<i>Veratrum album</i> subsp. <i>lobelianum</i>	E1	.	1	+	2	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Aconitum angustifolium</i>	E1	.	+	2	+	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Alnus viridis</i>	E2a	.	+	r	+	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Aconitum degenii</i> subsp. <i>paniculatum</i>	E1	.	+	.	1	r	.	.	.	.	3	30
	<i>Salix appendiculata</i>	E1	.	+	+	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Rumex arifolius</i>	E1	.	.	+	1	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Ranunculus platanifolius</i>	E1	.	.	.	.	r	.	.	.	.	1	10
	<i>Senecio ovatus</i>	E1	.	.	.	.	r	.	.	.	.	1	10
EA	<i>Epilobietea angustifolii, Galio-Urticetea</i>												
	<i>Tussilago farfara</i>	E1	.	1	+	1	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Urtica dioica</i> s.str.	E1	.	+	+	+	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Cirsium arvense</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Cirsium palustre</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Fragaria vesca</i>	E1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	10
SSc	<i>Sambuco-Salicion capreae, Rhamno-Prunetea</i>												
	<i>Rosa canina</i>	E2a	.	.	+	.	.	r	.	.	.	2	20
	<i>Sorbus aucuparia</i>	E2a	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Rubus idaeus</i>	E1	.	.	.	.	.	+	.	.	.	1	10
EP	<i>Erico-Pinetea</i>												
	<i>Carex ornithopoda</i>	E1	1	.	+	+	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Molinia arundinacea</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Pinus mugo</i>	E2a	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Rhododendron hirsutum</i>	E2a	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Rubus saxatilis</i>	E1	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	10
VP	<i>Vaccinio-Piceetea</i>												
	<i>Clematis alpina</i>	E2a	.	+	+	+	+	1	.	.	.	5	50
	<i>Saxifraga cuneifolia</i>	E1	.	1	+	1	+	.	.	.	.	4	40
	<i>Picea abies</i>	E2a	.	+	+	1	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Luzula luzuloides</i>	E1	.	1	.	+	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Oxalis acetosella</i>	E1	.	.	+	+	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Gentiana asclepiadea</i>	E1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Phegopteris connectilis</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Hieracium murorum</i>	E1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Homogyne alpina</i>	E1	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Larix decidua</i>	E2a	.	.	r	.	.	.	.	.	.	1	10
TA	<i>Tilio-Acerion</i>												
	<i>Thalictrum aquilegifolium</i>	E1	.	.	+	+	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Acer pseudoplatanus</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Aruncus dioicus</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Corydalis solida</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Tephrosia pseudocrispa</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Adoxa moschatellina</i>	E1	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	E1	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Geranium robertianum</i>	E1	.	.	.	.	+	.	.	.	.	1	10
FS	<i>Fagetalia sylvaticae</i>												
	<i>Mercurialis perennis</i>	E1	+	.	.	.	.	.	.	r	.	2	20

Number of relevé (Zaporedna številka popisa)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Pr.	Fr.	
	<i>Fagus sylvatica</i>	E1	.	.	+	+	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Symphytum tuberosum</i>	E1	.	.	+	+	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Daphne mezereum</i>	E2a	.	.	+	.	r	.	.	.	.	2	20
	<i>Myosotis sylvatica</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Lathyrus vernus</i> subsp. <i>flaccidus</i>	E1	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Campanula trachelium</i>	E1	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Prenanthes purpurea</i>	E1	.	.	.	.	.	.	.	r	.	1	10
	<i>Dryopteris filix-mas</i>	E1	.	.	.	.	.	.	.	r	.	1	10
QP	Quercetalia pubescenti-petraeae													
	<i>Primula veris</i> subsp. <i>columnnae</i>	E1	.	+	.	r	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Fraxinus ornus</i>	E1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Orchis mascula</i> subsp. <i>speciosa</i>	E1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Sorbus aria</i> (<i>Aria edulis</i>)	E1	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	10
QF	Quercu-Fagetea													
	<i>Anemone nemorosa</i>	E1	.	+	+	+	.	.	.	.	.	3	30
	<i>Cruciata glabra</i>	E1	.	+	+	.	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Gagea lutea</i>	E1	.	+	.	+	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	E1	.	.	+	+	.	.	.	.	.	2	20
	<i>Carex montana</i>	E1	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	10
	<i>Primula vulgaris</i>	E1	.	.	.	.	.	.	.	r	.	1	10
	<i>Hepatica nobilis</i>	E1	.	.	.	.	.	.	.	r	.	1	10
ML	Mosses and lichens (Mahovi in lišaji)													
	<i>Ctenidium molluscum</i>	E0	.	+	+	.	1	+	1	+	1	2	8	80
	<i>Schistidium apocarpum</i>	E0	+	.	+	.	.	+	.	.	1	1	5	50
	<i>Neckera crispa</i>	E0	1	+	+	+	2	.	5	50
	<i>Tortella tortuosa</i>	E0	1	+	.	+	3	30
	<i>Hylocomium splendens</i>	E0	.	+	.	1	1	3	30
	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	E0	.	+	2	1	3	30
	<i>Mnium thomsonii</i>	E0	+	.	.	.	+	+	3	30
	<i>Homalothecium lutescens</i>	E0	.	.	+	1	10
	<i>Hypnum cupressiforme</i>	E0	.	.	.	+	1	10
	<i>Atrichum undulatum</i>	E0	.	.	.	+	1	10
	<i>Marchantia polymorpha</i>	E0	+	1	10
	<i>Distichum capillaceum</i>	E0	+	1	10
	<i>Homalothecium sericeum</i>	E0	+	1	10
	<i>Musci</i> spp.	E0	1	1	10

Legend - Legenda

- A Limestone - Apnenec
- D Dolomite - dolomit
- L Marlstone - laporovec
- C Chert - roženec
- CC Brown soil on limestone - rjava pokarbonatna tla
- Li Lithosol - kamnišče
- Re Rendzina - rendzina
- CA *Caricion austroalpinae*
- Cfir *Caricion firmae*

PHYLOGENETIC POSITION OF THE GENUS *CHAETONIPHARGUS*
KARAMAN ET SKET (CRUSTACEA: AMPHIPODA: NIPHARGIDAE)
FROM DINARIC KARST. AN EXTREME CASE OF HOMOPLASY.

FILOGENETSKI POLOŽAJ RODU *CHAETONIPHARGUS*
KARAMAN ET SKET (CRUSTACEA: AMPHIPODA: NIPHARGIDAE)
IZ DINARSKEGA KRASA. SKRAJNI PRIMER HOMOPLAZIJE.

Boris SKET¹ & Gordan S. KARAMAN²

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0046>

ABSTRACT

Phylogenetic position of the genus *Chaetoniphargus* Karaman et Sket (Crustacea: Amphipoda: Niphargidae) from dinaric karst. An extreme case of homoplasy.

An alternative, phylogenetically grounded taxonomy of the recently described *Chaetoniphargus lubuskensis* Karaman & Sket (Crustacea: Amphipoda: Niphargidae) is presented. The recently described new genus and species, *Chaetoniphargus lubuskensis* from Dinaric Karst, has formerly only been taxonomically evaluated by a classical approach, based on morphology. Species of genera *Niphargobatoides*, *Niphargobates*, *Chaetoniphargus*, differ from *Niphargus* spp. mainly by slightly elevated number of maxilla I spines, by gradual reduction of maxillary and mandibular palps, by a strong reduction of urosomal structures. Molecularly, they appear to be nested within the *Niphargus* tree, but separately. Their collective separation from *Niphargus* would make the genus *Niphargus* paraphyletic, but for the low number of these species practically without diminishing the confusing diversity of it. A molecular phylogenetic analysis would include all here studied niphargid species as belonging to *Niphargus*. The gradual change in morphology of mentioned niphargids produces a smooth transition between Niphargidae and unrelated Metacrangonyctidae. Since other facts speak against the relatedness of both families, this is an additional case of convergence, demonstrating the need of molecular analyses when we speculate on phylogenetic relations within Amphipoda.

Key words: subterranean, taxonomy, phylogeny, Amphipoda, Niphargidae, Metacrangonyctidae, *Chaetoniphargus*.

IZVLEČEK

Filogenetski položaj rodu *Chaetoniphargus* Karaman et Sket (Crustacea: Amphipoda: Niphargidae) iz dinarskega krasa. Skrajni primer homoplazije.

Podajava alternativno, filogenetsko osnovano taksonomijo nedavno opisanega *Chaetoniphargus lubuskensis* Karaman & Sket (Crustacea: Amphipoda: Niphargidae). Pravkar opisan nov rod in vrsta iz Dinarskega krasa je bila taksonomsko ovrednotena samo s klasičnim pristopom in na osnovi morfologije. Vrste rodov *Niphargobatoides*, *Niphargobates*, *Chaetoniphargus*, se razlikujejo od *Niphargus* spp. predvsem po malce zvišanem številu trnov na maksili I, po postopni redukciji maksilarnih in mandibularnih palпов, po močni redukciji urosomalnih struktur. Po molekulski analizi se izkaže, da so vgnazdeni v rod *Niphargus* in to ločeno. Če jih taksonomsko ločimo iz rodu *Niphargus*, ga naredijo parafiletskega. Ker pa jih je tako malo, s tem nič ne zmanjšamo moteče raznolikosti rodu. Molekulska filogenetska analiza bi vgnazdila vse tukaj omenjene vrste kot pripadnice rodu *Niphargus*, torej rodovna imena kot sinonima imena *Niphargus*. Postopno spreminjanje v morfologiji omenjenih niphargidov nam pokaže gladek prehod med družino Niphargidae in le malo sorodno družino Metacrangonyctidae. To je dodaten primer konvergence, ki kaže nujnost molekulskega preverjanja, ko ugotavljamo filogenetske odnose znotraj skupine Amphipoda

Ključne besede: podzemeljsko, taksonomija, filogenija, Amphipoda, Niphargidae, Metacrangonyctidae, *Chaetoniphargus*.

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, E-mail: Boris.Sket@bf.uni-lj.si

² Montenegrin Academy of Sciences and Arts, Podgorica, E-mail: karaman@t-com.me

1 INTRODUCTION

Recently (KARAMAN & SKET 2018), the family Niphargidae (Crustacea: Amphipoda), has been enriched for an aberrant species within an independent genus. It was a negligible addition to the species number, but an important enrichment of the genera diversity. The family includes more than 400 species (HORTON et al., 2018), but the big majority of them belong to the diverse genus *Niphargus*. The related 12 genera are mainly monospecific and all together contain ca 20 species. Most of them are characterized by peculiarities in mouth parts, the organ very homogeneous in the otherwise diverse *Niphargus*. The unity of the mouth apparatus, contrasting to general and even diversity of other body parts, was what probably misled taxonomists into conviction that mouth parts are a phylogenetically stable and taxonomically particularly informative group of characters. For those few niphargids with deviation from normal (*stygius* type) niphargid type, foundation of independent genera has been a norm since ever. Illustrative is the ancient *Niphargopsis* Chevreux, 1922, founded for a species with multiplied setae and spines in mandibula and maxilla I. *Chaetoniphargus* (KARAMAN & SKET 2018) is a member of a small group of small species; also related genera *Niphargobates* (Sket 1981), *Niphargobatoides* (KARAMAN 2016) and conditionally *Niphargopsis* (SCHELLENBERG 1942) are monospecific. Morphologically, these

genera, accompanied even with *Metacrangonyx* and *Longipodacrangonyx* (BOUTIN 1994; BOUTIN & MESSOLI 1988), form a morphologically homogeneous group of taxa, characterized by a progressive reduction of head- and urosomal appendages and telson. However, a molecular analysis and biogeography demolish this impression.

The recently described *Chaetoniphargus lubuskensis* differs from other known genera of the family Niphargidae by strongly reduced mandibular palpus consisting of only one small article, while all other known niphargids are provided with well developed 3-articulated mandibular palpus.

Considering this, we created the new genus *Chaetoniphargus*, with well defined morphological character states. It resembles the previously described genera *Niphargobates*, *Niphargobatoides*, as well as genera *Metacrangonyx* and *Longipodacrangonyx*. In some characters, some other small niphargids resemble this group, but they differ clearly in the 'normal' shape of the telson (*Microniphargus*, *Niphargellus*, *Carinurella*; SCHELLENBERG 1934, 1938, 1942; SKET 1971). Molecularly, they are also alien to the group. We wanted to include an alternative, phylogenetically based taxonomy with the genus description, but the editor explicitly asked to abandon such a heading. With this article we are trying to correct the insufficiency.

2 MATERIAL AND METHODS

Morphology of *Chaetoniphargus lubuskensis* was taken from the description by KARAMAN & SKET (2018). Some specimens were preserved in ethanol 96% and analyzed molecularly in another study (MOŠKRIČ,

2016). The Moškrič' OTU '*Niphargobates* sp. NC144' is taxonomically identical with *Chaetoniphargus lubuskensis*.

3 RESULTS

The morphology of the great majority of Niphargidae species, including *N. stygius* (Schiödte) is a continuum of states in many characters, including also very characteristic mouthparts and uropods. However, in majority of them the shape and structure of mouthparts is only slightly affected. Very seldom (in *Haploginglymus*, MATEUS & MATEUS 1958), the uropod III exopodite is unarticulated, but then with a long proximal article.

The following are the plesiomorphic character states of all larger (longer than 10 mm) and of the great majority of smaller (down to 2 mm) species of *Niphargus*. In only few small species, the mouth parts are apomorphic, modified, as mentioned below. Among them is the newly described niphargid *C. lubuskensis*.

Table 1: Character states in morphology of oral and urosomal body parts in Niphargidae.

	plesiomorphy	apomorphy
mandibula	normally developed, with 3-articulated palpus, with richly setiferous article 3	spines in the row between the mandibular molar and incisor multiplied and differentiated
mandibular palpus	palpus 3-articulated, with elongated articles	palpus shortened, apically reduced, to rudimentary
maxilla I outer plate	bearing very regularly 7 (exceptionally till 15) stout, simple or bifid to pectinate spines	ca 20 spines; spines multiplied and differentiated;
maxilla I palpus	overreaching the top of the outer plate; biarticulate	shortened and uniarticulate
uropod 3	longer than urosomites II+III	shorter than urosomite III
	its endopodite biarticulate	endopodite uniarticulate
telson	as long or longer than wide, deeply (more than 1/2) cleft	with broadly rounded apices; less deeply cleft
	with more than 1 spine on each lobe	spines replaced by setae

The genera *Niphargobates* and *Niphargobatoides* are morphologically well defined, so is also *Chaetoniphargus*. They apparently form a phyletic group with some changes of oral appendages in progress. In process is the multiplying of mandibular and maxillary setae and the reduction of some appendage parts (e.g. palpus), beside this also reduction of uropods III. Telson is losing its niphargid character; its clipping is getting shallower, apices less prominent and less setose.

We based our recognition of different genera based on traditionally used morphological characters, supposedly important differences, which allowed to classify (divide) the family Niphargidae into 13 genera. They have been mainly applied already by BARNARD & BARNARD (1983).

Within the family Niphargidae, genus *Chaetoniphargus* differs from the genus *Niphargus* by strongly reduced mandibular palpus and only indistinctly triturative molar, by strongly reduced palpus of maxilla I, by uniarticulate accessory flagellum of antenna I, by short and partially reduced uropod III with uniarticulate exopodite.

Within other genera, *Chaetoniphargus* is morphologically most similar (KARAMAN & SKET 2018) to *Niphargobates* and *Niphargobatoides*. They resemble in the general body-shape, maxilla I, maxilliped, telson, uropod III, but *Niphargobatoides lefkodemonaki* (Sket) is still provided with a well developed 3-articulate mandibular palpus, maxilla II inner plate is larger than the outer one, its antenna I accessory flagellum is 2-articulated, uropod III with 2-articulated exopodite, telson is *Niphargus*-like, dactylus of gnathopods with several setae along outer margin. *Niphargobates orophobata* resembles *Chaetoniphargus* (in telson, maxilliped, accessory flagellum, maxilla I, uropod III), but differs remarkably by the mandible, by maxilla II with outer plate smaller than inner one.

Other genera of the family Niphargidae differ much more from the genus *Chaetoniphargus*. It is very interesting that within the family Niphargidae, most taxa (over 400) have similarly shaped mouthparts, despite the fact that they are living in very various habitats (interstitial waters, subterranean streams and lakes, springs) and that they are differently sized (from 2 to 30 mm).

4 DISCUSSION

Taxa, which are so convincingly grouped by morphological characters, cannot be grouped by molecular means.

A molecular phylogenetic analysis done recently by MOŠKRIČ (2016) shows that most OTUs mentioned in the identification key of KARAMAN & SKET (2018)

are phylogenetically nested within the genus *Niphargus*. The taxonomic emancipation (= generic independence) of any one species renders the genus *Niphargus* paraphyletic. Although the paraphyly is necessarily acceptable in gammarid systematics (HOU & SKET 2016), it brings no practical benefits in this special case. Only

few of so erected genera include more than one species. Thus, they do not make the Niphargidae system significantly simpler.

More specifically, not only *Niphargobates* as one of the morphologically most aberrant niphargid genera, but also the recently described *Chaetoniphargus*, named by MOŠKRIČ (2016) as '*Niphargobates* sp. (NC144)', appeared to be nested within *Niphargus* (MOŠKRIČ 2016). It is also important to tell that both morphologically similar taxa are remarkably different by their phylogenetic origin. *Niphargobates orophobata* Sket is the basally split off taxon of the one group of 'giant' species (*sensu* DELIĆ et al. 2017), containing *Niphargus steueri* Schellenberg, *N. arbiter* G. Karaman, *N. hebereri* Schellenberg. The "*Niphargobates* sp. (NC144)" (here described as *Chaetoniphargus lubuskensis*) is the closest (but still very distant) sister to another 'giant', *Niphargus orcinus* Joseph. Thus, the molecular analysis supports neither the genus *Niphargobates* nor a new genus *Chaetoniphargus*. The generic emancipation of any of them makes the rest of *Niphargus* paraphyletic, without a compensating benefit. While the fusion of both species, which are morphologically very similar, into one genus, would result even in a polyphyletic entity. The Central European species *Niphargopsis casparyi* (Pratz) is again from another molecular niphargid environment (DELIĆ et al. 2017; MOŠKRIČ 2016); this is a species with even more spines in maxilla I, but otherwise not similar to here mentioned niphargids.

Thus, the reduction and transformation of oral appendages is a homoplasy, convergence. It is not in a functional connection with their smallness, since equally small or smaller species are not necessarily similar. The small size of all here treated species is in discrepancy with the fact, that the majority of small and the very smallest *Niphargus* spp. exhibit normally built mouth parts as well as normal appendages of the urosomite III. Among the largest niphargids are the exceedingly stout *orcinus*-type and the prominently elongated *krameri*-type species, both reaching about 30 mm length. The smallest niphargid species are below 5 mm long, some close to 2 mm, like *N. longidactylus* Ruffo (5 mm), *N. transitivus* Sket (2 mm), *N. pupetta* (Sket) (2 mm) (SKET 1971), but we know nothing about their way of feeding and functioning of the mouth parts. The functioning of this type of mouth parts is sometimes characterized as "filtratory", but it has in fact never been observed working.

Besides being mutually convergent, genera *Niphargus*, *Niphargobates*, *Chaetoniphargus*, represent another case of an extreme homoplasy. The supposedly unrelated amphipods, *Metacrangonyx* spp. and *Longipodacrangonyx maroccanus* (Boutin & Messouli, 2–3 mm)

are similar (SKET, KRAPP-SCHICKEL 2016) to the here treated niphargids exceedingly in some details of the head and urosomal appendages, to some degree also in the general habitus.

The animal's habitus (except that the body is laterally depressed) and size is the same as of those niphargids; mandibular palpus is uniarticulate and vestigial, maxilla I is normally developed, but with modestly elevated spines' number (in relation to typical *Niphargus* spp.), uropod III not longer than urosomite III, its exopodite uniarticulate and remarkably shorter than peduncle, endopodite vestigial; telson is semicircular, not notched at all to slightly terminally concave and without stronger spines. A difference in relation to the above treated niphargid group is the shape of gnathopod propodi and the normally 3–5 articulated accessory flagellum. In these two characters, metacrangonyctids deviate from here treated niphargids; the rest would support their belonging to Niphargidae. Considering the telson shape in *Chaetoniphargus lubuskensis* and *Metacrangonyx ilvanus* (STOCH 1997) it could be easy to imagine that the entire (non-chipped) telson of most metacrangonyctids is only the ultimate state of its transformation. The accessory flagellum of antenna I is normally 3–5 articulate in metacrangonyctids and normally biarticulate (or even uniarticulate), but never more, in niphargids.

The third, the strongest, distinguishing group of characters are in maxilla I. In both, the spines of the outer lobe are more numerous than in 'normal' *Niphargus* spp. The palpus was subjected to slight reduction, never occurring in ordinary niphargids. In metacrangonyctids, this extremity is stable in structure, and different from *Niphargus*. The biarticulate palpus in metacrangonyctids is bearing terminally some stout spines and some short setae. The inner lobe is provided with a row of pinnate marginal setae. Neither of these characters is present in any *Niphargus* sp.

This case makes us easy to imagine a generation of convergent, morphologically nearly equal, unrelated amphipod species. To support their unrelatedness, both families are geographically very distant and different. *Niphargus* inhabits the virtually whole Europe and Near East, from Ireland to Iran. Its area includes some Mediterranean islands. The species of the here treated type are limited to SE Europe (Dinarides and Greece, *Niphargopsis* the Central Europe). Metacrangonyctids occur in a wide belt along the southern shores of Mediterranean between the Israel and Islas Canarias. The only area where these groups are sympatric, are some Mediterranean islands (e.g. Elba, STOCH 1997; RUFFO & STOCH 2005). *Niphargus* spp. have never been found in Africa while metacrangonyctids never in Europe.

5 CONCLUSIONS

These facts demonstrate the high possibility of the homoplastic past of seemingly related amphipod species which means also **possibility of mistakes** in morphologically based taxonomy of Amphipoda. Although the taxonomy of Niphargidae is not yet simply solved,

considering data of MOŠKRIČ (2016), *Niphargobatoides*, *Niphargobates*, *Chaetoniphargus* and *Niphargopsis* are synonymous with *Niphargus*. **These data also dispossess legitimacy to phylogenetic (and taxonomic) studies taken without any molecular verification.**

6 POVZETEK

Nedavno opisana jamska postranica *Chaetoniphargus lubuskensis* Karaman & Sket (Crustacea: Amphipoda: Niphargidae) z Velebita je bila sistematsko uvrščena na osnovi morfoloških znakov in po klasičnem postopku. Tukaj podajava filogenetsko študijo na osnovi molekulske filogenetske analize. Rod *Niphargus* vključuje približno 400 vrst, v 12 sorodnih rodov pa uvrščamo še okoli 20 vrst. Skupina rodov *Niphargobatoides*, *Niphargobates* in *Chaetoniphargus* so podobne živali, od *Niphargus* jih ločuje predvsem postopna redukcija obustnih okončin in zadka.

Poprejšnja molekulska analiza kaže, da morfološka podobnost teh rodov ne odseva sorodstvenih, filogenetskih vezi. Vsi rodovi so sicer vgnjezdeni v rodu *Niphargus*, vendar ločeno, so torej plod konvergenčne evolucije. Medtem, ko ima vseh 400 vrst nifargov sklop obustnih okončin oblikovan po tipu tipske vste *Niphar-*

gus stygius, pa imajo omenjeni trije rodovi konvergenčno preoblikovanega, različno reduciranega. Podobno je s telzonom in uropodi III. A homoplazija je šla še dlje. Ti trije nifargobatski rodovi so se morfološko močno približali sistematsko-filogenetsko dokaj oddaljeni družini Metacrangonyctidae. Mandibula je postala pri obeh družinah zaradi pokrnitve palpa skoraj enaka, uropod III se je razvil podobno konvergentno, pa je maxila I pri vseh vrstah metakrangoniktidov skoraj enaka, družinsko značilna. Telzon predstavlja navidezno gladko filetsko vrsto *Niphargus+Niphargobatoides - Niphargobates - Chaetoniphargus - Metacrangonyx ilvanus - druge Metacrangonyx spp.*

Tukaj imamo opravka še z enim primerom konvergenčne, ki kaže nujnost molekulskega preverjanja pri sistematskih študijah na postranicah (Crustacea: Amphipoda).

REFERENCES - LITERATURA

- BARNARD, J.L & BARNARD, C.M., 1983: *Freshwater amphipods of the World. I. Evolutionary patterns. II. Handbook and bibliography.*- Hayfield Associates: Mt. Vernon, Virginia, 1983, pp. XIX +849 pages, 50 figs., 7 graphs, 98 maps, 12 tables.
- BOUTIN, C., 1994: *Phylogeny and biogeography of metacrangonyctid amphipods in North Africa* Hydrobiologia 287 (1): 49-64.
- BOUTIN, C. & MESSOULI, M., 1988: *Longipodacrangonyx maroccanus, n. gen., n. sp., Nouveau Representant du groupe Metacrangonyx dans les eaux souterraines du Maroc* Crustaceana. Supplement, No. 13, Studies on Amphipoda (Proceedings of the VIth International Colloquium on Amphipod Crustaceans, Ambleteuse, France, 28 June-3 July 1985) pp. 256-271.
- CHEVREUX, E., 1922: *Sur un nouveau genre d'amphipodes de la faune française.* Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 7: 487-488.
- DELIĆ, T., ŠVARA, V., COLEMAN, C. O., TRONTELJ, P., FIŠER, C., 2017: *The giant cryptic amphipod species of the subterranean genus Niphargus (Crustacea, Amphipoda).* Zoologica scripta, 2017, pp. 1-13.
- HORTON, T., LOWRY, J., DE BROYER, C., BELLAN-SANTINI, D., COLEMAN, O., DANELIYA, M., DAUVIN, J.-C., FIŠER, C., GASCA, R., GRABOWSKI, M., FUERRA-GARCIA, J. M., HENDRYCKS, E., HOLSINGER, J., HUGHES, L., JAUMA, D., JAZDZEWSKI, K., JUST, J., KAMALTYNOV, R. M., KIM, Y.-H., KING, R., KRAPP-SCHICKEL, T., LECROY, S., LÖRZ, A.-N., SENNA, A.R., SEREJO, C., SKET, B., TANBERG, A. H., THOMAS, J., THURSTON, M., VADER, W., VÄONÖLÖ, R. R., VONK, R., WHITE, K., ZEIDLER, W., 2018: *World Amphipoda Database; Niphargus* Schiödt, 1849: World Register of Marine Species.

- HOU, Z. & SKET, B., 2016: *A review of Gammaridae (Crustacea: Amphipoda): the family extent, its evolutionary history, and taxonomic redefinition of genera*. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 176 (2): 323–348, <https://doi.org/10.1111/zoj.12318>
- KARAMAN, G., 2016: *Two new genera of the family Niphargidae from Greece (Contribution to the Knowledge of the Amphipoda 287)*. *Agriculture & Forestry, Podgorica*, 62 (1): 7-27.
- KARAMAN, G. & SKET, B., 2018: *A new genus and species of Niphargidae from Velebit, Croatia*. *Zootaxa* (in print)
- MATEUS, A. & MATEUS, E., 1958: *Un nouveau genre et une nouvelle espece d'Amphipode troglobie du Portugal*. *Publicações do Instituto de Zoologia "Dr. Augusto Nobre", Faculdade de Ciências do Porto, Coimbra*, 59: 1-15.
- MOŠKRIČ, A., 2016: *Postavitev filogenetskega ogrodja rodu slepih postranic Niphargus (Crustacea: Amphipoda) na podlagi molekularskih metod: doktorska disertacija (The formation of a phylogenetic framework for the genus Niphargus (Crustacea: Amphipoda) using molecular methods)*. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Disertacija.
- RUFFO, S., STOCH, F. (eds.), 2005: *Checklist e distribuzione della fauna italiana*. Ministero dell' ambiente e della tutela del territorio.
- SCHELLENBERG, A., 1934: *Eine neue Amphipoden-Gattung aus einer belgischen Höhle nebst Bemerkungen über die Gattung Crangonyx*. *Zoologischer Anzeiger*, 106 (9): 215-218.
- SCHELLENBERG, A., 1938: *Niphargellus, eine neue subterrane Amphipodengattung an der Ost- und Westgrenze des Reiches*. *Zoologischer Anzeiger*, 122 (9-10): 245-248.
- SCHELLENBERG, A., 1942: *Flohkrebe oder Amphipoda*. In: *Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile*. Jena: Fischer
- SKET, B., 1971: *Vier neue aberrante Niphargus-Arten (Amphipoda, Gammaridae) und einige Bemerkungen zur Taxonomie der Niphargus-ähnlichen Gruppen*. *Razprave, Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Ljubljana*, 14 (1): 1-25.
- SKET, B., 1981: *Niphargobates orophobata n. g., n. sp. (Amphipoda, Gammaridae, s. l.) from cave waters in Slovenia (NW Yugoslavia)*. *Biološki vestnik, Ljubljana*, 29 (1): 105-118.
- SKET, B., 1990: *Is Niphargobates lefkodemonaki sp. n. (Crustacea: Amphipoda) from Kriti (Greece) a Zoogeographical Enigma?* *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik*, 117: 1-10.
- SKET, B. (KRAPP-SCHICKEL, T.), 2016: *Interview with Boris Sket*. *Amphipod newsletter*, 40: 2-10.
- STOCH, F., 1997: *Metacrangonyx ilvanus n. sp., the first Italian representative of the family Metacrangonyctidae (Crustacea: Amphipoda)*. *Annales limnologie*, 33 (4) 1997: 255-262.

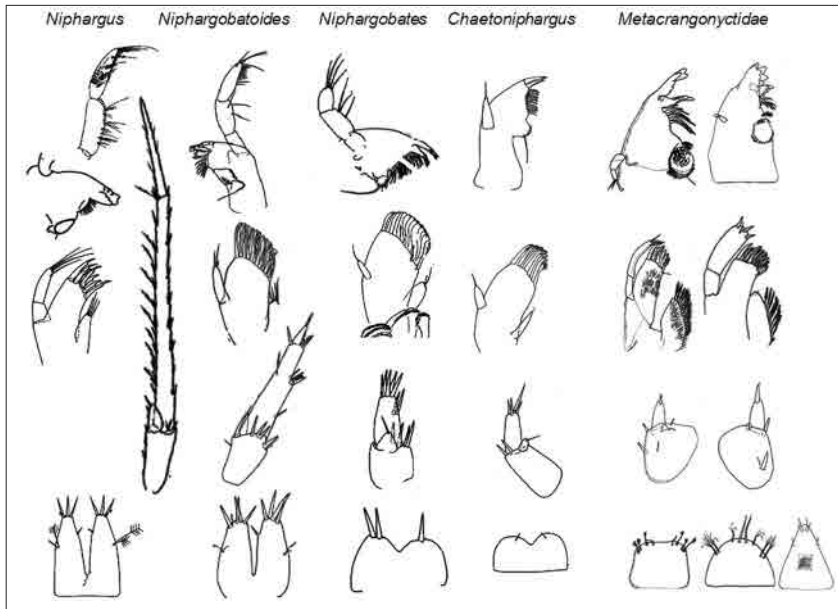


Figure 1, Some taxonomically relevant body parts of Niphargidae and Metacrangonyctidae. In columns follow: genus (or family) name // mandibula // maxilla I // uropod III // telson. Drawings are not in scale. Taken from C. Boutin & M. Messouli, G. Karaman, B. Sket, F. Stoch.

Slika 1, Nekateri taksonomsko pomembni deli telesa pri družinah Niphargidae in Metacrangonyctidae. V stolpcih si sledijo: ime rodu (ali družine) // mandibula // maxilla I // uropod III // telson. Risbe niso v merilu. Povzeto po C. Boutin & M. Messouli, G. Karaman, B. Sket, F. Stoch

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

THE CONCENTRATION OF FLAVONOIDS, TANNINS AND
CRUDE PROTEINS IN GRAIN FRACTIONS OF COMMON
BUCKWHEAT (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH) AND
TARTARY BUCKWHEAT (*FAGOPYRUM TATARICUM* GAERTN.)

Blanka VOMBERGAR¹ & Zlata LUTHAR²

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0047>

IZVLEČEK

Raziskave vsebnosti flavonoidov, taninov in skupnih beljakovin v frakcijah zrn navadne ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench) in tatarske ajde (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.)

Raziskovali smo vzorce zrnja oz. moke navadne ajde (*F. esculentum* Moench) in tatarske ajde (*F. tataricum* Gaertn.). Preučevali smo tri vzorce tatarske ajde iz Luksemburga ter dva vzorca navadne ajde iz Slovenije (cv. 'Darjo' in 'Sivo'). Z mletjem in presejanjem navadne ajde 'Darja' in tatarske ajde smo pripravili štiri frakcije z različnimi granulacijami ter iz njih pripravili testo oziroma luščine in otrobe navlažili z vodo. S spektrofotometričnimi analizami smo spremljali deleže posameznih frakcij, vsebnost beljakovin in pepela v vseh mlevskih frakcijah in presejanih podfrakcijah ter koncentracijo flavonoidov in taninov v vzorcih moke in testa (liofilizirani vzorci). Tatarska ajda ima bistveno višjo vsebnost flavonoidov kot navadna ajda (tudi več kot 100-krat več v moki). Najvišja vsebnost flavonoidov je v mlevskih frakcijah tatarske ajde z granulacijo nad 100 µm do vključno 1000 µm in sicer 3,5–4,5 % flavonoidov/SS. Tako tatarska kot navadna ajda v vseh mlevskih frakcijah vsebujeta tanine; najvišja koncentracija taninov (0,8 %/SS pri navadni ajdi in 1,3 %/SS pri tatarski ajdi) je v mlevski frakciji z granulacijo nad 236 µm do vključno 1000 µm. Flavonoidi, pa tudi tanini, se po mlevskih frakcijah (z različno granulacijo) različno razporejeni. Razporeditev med mlevskimi frakcijami ni enaka pri tatarski in navadni ajdi. Različni vzorci tatarske ajde se med seboj razlikujejo po vsebnosti polifenolnih spojin, posebej velike so razlike v vsebnosti flavonoidov, manjše pa so razlike v koncentracijah taninov.

Ključne besede: ajda, proteini, flavonoidi, tanini, razporeditev

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.)

Samples of Tartary buckwheat (*F. tataricum* Gaertn., domestic cv. from Luxemburg), and two samples of common buckwheat (*F. esculentum* Moench, cvs. 'Darja' and 'Siva') were tested for their concentrations of phenolic substances, and concentration levels of protein, ash, total flavonoids (spectrophotometric, with AlCl₃), tannins (with vanillin-HCl method). Samples were milled with laboratory mills and sifted using laboratory planar sieves. Flavonoids and tannins are unevenly distributed among milling fractions. Their distribution was different in Tartary buckwheat, in comparison to common buckwheat. From the point of view of functional food, milling fractions with particle size over 100 µm, up to 1000 µm (the yield of latter is after milling about 30 %) is of primary interest, as they have the highest concentration of flavonoids. A positive linear correlation was established between the content of proteins and minerals in different milling fractions. Tartary buckwheat contained significantly more flavonoids in comparison to common buckwheat (up to 100-times more total flavonoids). In the investigated samples, the highest concentration of flavonoids (3.5–4.5 % flavonoids, dmb.) was in the Tartary buckwheat milling fractions of sample T1 (granulation above 100 µm, up to including 1000 µm). The husk fraction of Tartary buckwheat had a low concentration of flavonoids, but more interesting was the husk fraction of common buckwheat, which evidenced a higher concentration of flavonoids in comparison to other milling fractions of common buckwheat.

Key words: buckwheat, proteins, flavonoids, tannins, distribution

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

² Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, zlata.luthar@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Med vrstami ajde pridelujemo predvsem navadno ajdo (*Fagopyrum esculentum* Moench) in tatarsko ajdo (*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, pridelujejo in uporabljajo pa jo tudi v državah srednje in zahodne Evrope, južne Afrike, v Kanadi, ZDA, Braziliji in tudi v mnogih drugih predelih sveta. Predvsem v Aziji je poleg navadne prisotna tudi tatarska ajda ter več divjih vrst. Tatarska ajda je omejena predvsem na območja Kitajske, Butana, Koreje, območja Himalaje, severnega Pakistana in vzhodnega Tibeta (OHNISHI 2004) ter na nekatera druga območja Azije. Največja regija, kjer ajdo pridelujejo, 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 kot drugi posevek v letu na istih poljih pa na nižjih nadmorskih višinah. Vremenske razmere na južnem Kitajskem so dovolj ugodne za uspevanje ajde, pridelki pa so manjši 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).

Zrnje 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, najbolj znan metabolit 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 zaradi teh lastnosti zrnje tatarske ajde uvrščajo med nutraceutike.

Pridelovanje tatarske ajde, imenovane tudi zelena, grenka ajda ali cojzla, so v Sloveniji v zadnjih petdesetih letih opustili. Posamezniki pa se spominjajo vsaj omejenega gojenja tatarske ajde še pred 40 leti na Dolenjskem v Radohovi vasi, na Gorenjskem v dolini Krme in na Koroškem na Tolstem vrhu (KREFT 2009). Zадnja

leta pa se večja zanimanje za pridelovanje in uporabo tatarske ajde tudi v Sloveniji. V Sloveniji ima ajda svojo gastronomsko in kulinarčno 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 na isti njivi ter zaradi ugodne sestave hranilnih snovi. Tradicionalne jedi v Sloveniji so kaše, predvsem v severovzhodni Sloveniji in jedi iz moke (KREFT 1995).

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 so priljubljeni rezanci s poudarkom svežine (iz 'pravkar požetih ajdovih zrn', 'pravkar zmlete ajdove moke', 'sveže pripravljene testenine', 'sveže kuhani rezanci'). Ti postopki lahko močno vplivajo na okusnost. Pomembno vlogo pri mehanskih lastnostih rezancev pa prispevajo tudi beljakovine in škrob, ki so v mlevskih frakcijah v različnih količinah (K. IKEDA in sod. 2001).

Prehranska vrednost ajde

Zrnje ajde vsebuje visok odstotek beljakovin, škroba, vitaminov in mineralov. Ajda vsebuje esencialne hranilne snovi, kot so beljakovine z uravnoteženo aminokisljinsko sestavo (EGGUM 1980, EGGUM in sod. 1981, JAVORNIK in sod. 1981, POMERANZ 1983, 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 različnim 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). O vsebnost hranil v ajdi je poročala vrsta raziskovalcev (BONAFACCIA in sod. 1994, ŠKRABANJA in sod. 2000, KIM in sod. 2001bc, PIAO & LI 2001,

ZHAO in sod. 2001, MICHALOVÁ in sod. 2001, K. IKEDA 2002, LEE in sod. 2004, LIN 2004, ZHAO in sod. 2004a, ZHAO in sod. 2004b, DVOŘAČEK in sod. 2004, FESSAS in sod. 2008, HATCHER in sod. 2008).

Ajda je lahko vir dietnih beljakovin za posameznike, občutljive na gluten. To 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).

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). Zrnje ajde vsebuje flavonoide, različne fenole in tanine. Ajda je vir flavonoidov 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). Več avtorjev poroča o visoki vsebnosti celokupnih flavonoidov v ajdovi moki in otrobih, zlasti pri tatarski ajdi (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 so 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, WIESLANDER 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 primerjali 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 MICHALOVÁ 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).

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).

Podrobnejši pregled vsebnosti hranil v vrstah ajde in v delih ajdovih zrn so objavili VOMBERGAR in sod. (2017). Namen te raziskave je bil ugotoviti razporeditev flavonoidov, taninov in skupnih beljakovin v frakcijah zrn navadne ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench) in tatarske ajde (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) dobljenih z zaporednimi meljavami.

2 MATERIAL IN METODE

MATERIAL

Kot material za raziskavo smo uporabili vzorce zrnja oz. moke navadne ajde (*F. esculentum* Moench) in tatarske ajde (*F. tataricum* Gaertn.).

Uporabili smo:

- zrnje tatarske ajde (*F. tataricum* Gaertn.) iz Luksemburga (vzorec T1);
- moko tatarske ajde (*F. tataricum* Gaertn.) iz Luksemburga, zmleta v Sloveniji, izmlevnost 42 % (vzorec T2);
- moko tatarske ajde (*F. tataricum* Gaertn.) iz Nemčije (izvor Luksemburg), zmleta v Sloveniji, izmlevnost 42 % (vzorec T3);
- zrnje navadne ajde (*F. esculentum* Moench) – cv. 'Darja' iz Semenarne Ljubljana (vzorec D);

- zrnje navadne ajde (*F. esculentum* Moench) – cv. 'Siva' iz Slovenije (vzorec S).

NAČRT RAZISKAVE

V delu raziskave smo z mletjem in presejanjem iz zrnja navadne ajde 'Darja' (vzorec D) in tatarske ajde (zrnje in moka) iz Luksemburga (vzorca T1 in T2) pripravili frakcije z različnimi granulacijami ter iz njih pripravili testo oziroma luščine in otrobe navlažili z vodo. Spremljali smo količinske deleže posameznih frakcij, vsebnost beljakovin, pepela in vode v vseh mlevskih frakcijah in presejanih podfrakcijah. Koncentracijo flavonoidov in taninov v vzorcih moke in testa (liofilizirani vzorci) smo določili s spektrofotometričnimi analizami.

METODE

Priprava vzorcev

Mletje in presejanje vzorcev tatarske ajde in navadne ajde – vzorci T1, T2 in D

Za določanje vsebnosti vode, beljakovin in pepela v zrnju tatarske ajde (vzorec T1) ter navadne ajde (vzorec D) smo vzorca zmelili s kavnim mlinčkom in dobili moko iz celega zrnja. Vse omenjene analize smo opravili tudi za moko iz tatarske ajde (vzorec T2), ki smo jo dobili že kot zmleto moko.

Za ugotavljanje razlik v vsebnosti flavonoidov in taninov v različnih frakcijah smo zrnje tatarske ajde

(vzorec T1) in navadne ajde (vzorec D) zmelili v mlinu za mletje žit Quadromat Junior Model No. 08 801 01 (Brabender Duisburg, Nemčija), pri čemer smo dobili 2 frakciji, frakcijo F₁ (moko z granulacijo do vključno 236 µm) in frakcijo F₂ (moko, otrobe in luščine z granulacijo nad 236 µm).

Nato smo vsako od obeh frakcij, to je frakciji F₁ in F₂, presejali s siti za presejanje mok v dve podfrakciji in sicer frakcijo F₁ v podfrakciji F₁₁ (z granulacijo do vključno 100 µm) in F₁₂ (z granulacijo nad 100 do vključno 236 µm) ter frakcijo F₂ v podfrakciji F₂₁ (z granulacijo nad 236 do vključno 1000 µm) in F₂₂ (z granulacijo nad 1000 µm) (preglednice 1, 2 in 3).

Preglednica 1: Mletje in presejanje vzorcev tatarske ajde (T1) in navadne ajde (D) ter označevanje frakcij in podfrakcij

Table 1: Milling and sieving of common buckwheat (sample D) and Tartary buckwheat (sample T1) with characterization of fractions and subfractions

Vzorec	Vrsta procesa	Mlevske frakcije	Vrsta procesa	Mlevske podfrakcije
Tatarska ajda –zrnje (T1)	Mletje	T1 F ₁	Presejanje	T1 F ₁₁
				T1 F ₁₂
		T1 F ₂	Presejanje	T1 F ₂₁
				T1 F ₂₂
Navadna ajda 'Darja' – zrnje (D)	Mletje	D F ₁	Presejanje	D F ₁₁
				D F ₁₂
		D F ₂	Presejanje	D F ₂₁
				D F ₂₂

T1 - tatarska ajda, zrnje, moka iz celega zrna

T1 F₁ - tatarska ajda, frakcija moke z granulacijo ≤ 236 µm

T1 F₂ - tatarska ajda, frakcija moke z granulacijo > 236 µm

T1 F₁₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 µm

T1 F₁₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 µm < x ≤ 236 µm

T1 F₂₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 236 µm < x ≤ 1000 µm

T1 F₂₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 1000 µm ter otrobi in luščine

D - navadna ajda 'Darja', zrnje, moka iz celega zrna

D F₁ - navadna ajda, frakcija moke z granulacijo ≤ 236 µm

D F₂ - navadna ajda, frakcija moke z granulacijo > 236 µm

D F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 µm

D F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 µm < x ≤ 236 µm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 236 µm < x ≤ 1000 µm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo >1000 µm ter otrobi in luščine

Preglednica 2: Presejanje vzorca moke iz tatarske ajde (T2) v dve podfrakciji

Table 2: Sieving of Tartary buckwheat flour (T2) in two subfractions

Vzorec	Vrsta procesa	Mlevske frakcije	Vrsta procesa	Mlevske podfrakcije
Tatarska ajda –moka (T2)	Mletje	Že pridobljen zmlet vzorec (T2 F ₁)	Presejanje	T2 F ₁₁
				T2 F ₁₂

T2 F₁ - moka iz tatarske ajde (pridobljen vzorec)

T2 F₁₁ - moka iz tatarske ajde z granulacijo ≤ 100 µm

T2 F₁₂ - moka iz tatarske ajde z granulacijo >100 µm

Preglednica 3: Označevanje mlevskih frakcij in podfrakcij ter granulacije vzorcev
Table 3: Classification of milling fractions and subfractions and their particle size

Osnovni vzorec	Označevanje vzorca	Označevanje mlevske frakcije / podfrakcije	Vzorec /granulacija
Tatarska ajda iz Luksemburga (zrnje)	T1		zrnje (moka iz celega zrna)
		T1 F ₁	moka ($\leq 236 \mu\text{m}$)
		T1 F ₂	moka ($> 236 \mu\text{m}$)
		T1 F ₁₁	moka ($\leq 100 \mu\text{m}$)
		T1 F ₁₂	moka ($100 \mu\text{m} < x \leq 236 \mu\text{m}$)
		T1 F ₂₁	moka ($236 \mu\text{m} < x \leq 1000 \mu\text{m}$)
Navadna ajda 'Darja' iz Slovenije (zrnje)	D		zrnje (moka iz celega zrna)
		D F ₁	moka ($\leq 236 \mu\text{m}$)
		D F ₂	moka ($> 236 \mu\text{m}$)
		D F ₁₁	moka ($\leq 100 \mu\text{m}$)
		D F ₁₂	moka ($100 \mu\text{m} < x \leq 236 \mu\text{m}$)
		D F ₂₁	moka ($236 \mu\text{m} < x \leq 1000 \mu\text{m}$)
Tatarska ajda iz Luksemburga (moka)	T2	T2 F ₁	moka (42 % izmlevnost)
		T2 F ₁₁	moka ($\leq 100 \mu\text{m}$)
		T2 F ₁₂	moka ($> 100 \mu\text{m}$)

Priprava testa oz. dodajanje vode vzorcem moke iz tatarske in navadne ajde (vzorci T1, T2 in D) in zamrzovanje (za spektrofotometrične analize).

Podfrakcijam moke iz tatarske ajde vzorca T1 in navadne ajde vzorca D (F₁₁, F₁₂, F₂₁) ter frakciji in podfrakcijama tatarske ajde vzorca T2 (F₁, F₁₁, F₁₂) smo dodajali vodovodno vodo sobne temperature in ročno zamesili testo brez kakršnihkoli dodatkov. Podfrakcijama otrobov in luščin T1 F₂₂ in D F₂₂ smo dodali vodo in ju navlažili.

V 250 g vzorca ajdove moke (podfrakcije T1 F₁₁, T1 F₁₂, D F₁₁, D F₁₂ ter T2 F₁, T2 F₁₁, T2 F₁₂) smo dodali 200

mL vode, oziroma na manjšo količino vzorca (če vzorca ni bilo dovolj na razpolago) sorazmerno manjšo količino vode (preglednica 4).

Pri podfrakcijah ajdovih mok granulacij nad 236 do vključno 1000 μm (podfrakciji T1 F₂₁ in D F₂₁) je bil delež vpijanja vode za pripravo kakovostnega testa višji in se je med tatarsko in navadno ajdovo moko razlikoval (v 250 g vzorca podfrakcije tatarske ajdove moke T1 F₂₁ smo dodali 325 mL vode ter v 250 g vzorca podfrakcije navadne ajdove moke D F₂₁ 235 mL vode ter sorazmerno manj pri manjših količinah istih vzorcev).

Preglednica 4: Priprava vzorcev testa in zamrzovanje
Table 4: Dough samples being prepared for freezing

Zap. št.	Vzorec	Masa (g)	Dodatek vode (mL)	Kontaktni čas (moka + voda) pred zamrzovanjem	Zamrzovanje
	Tatarska ajda (T1) – zmleta in presejana, podfrakcije iz zrnja			0,08 h, 1 h, 2 h, 4 h, 8 h, 12 h, 24 h	0,5 h: -35 °C do -40 °C; nato 1 mesec: -15 °C do -20 °C
1	T1 F ₁₁	250	200	DA	DA
2	T1 F ₁₁ (dod. pon. drugič)	250	200	DA	DA
3	T1 F ₁₂	125	100	DA	DA
4	T1 F ₂₁	100	130	DA	DA
5	T1 F ₂₂	125	200	DA	DA
6	Navadna ajda 'Darja' (D) – zmleta in presejana, podfrakcije iz zrnja			0,08 h, 1 h, 2 h, 4 h, 8 h, 12 h, 24 h	0,5 h: -35 °C do -40 °C; nato 1 mesec: -15 °C do -20 °C

7	D F ₁₁	250	200	DA	DA
8	D F ₁₁ (dod. pon. drugič)	250	200	DA	DA
9	D F ₁₂	250	200	DA	DA
10	D F ₂₁	250	235	DA	DA
11	D F ₂₂	250	400	DA	DA
	Moka iz tatarske ajde (T2) pridobljena kot vzorec moke			0,08 h, 1 h, 2 h, 4 h, 8 h, 12 h, 24 h	0,5 h: -35 °C do -40 °C; nato 1 mesec: -15 °C do -20 °C
12	T2 F ₁	250	200	DA	DA
13	T2 F ₁ (dod. pon. drugič)	125	100	DA	DA
14	T2 F ₁ (dod. pon. tretjič)	125	100	DA	DA
15	T2 F _{1 200}	125	200	DA	DA
16	T2 F _{1 200} (dod. pon. drugič)	80	128	DA	DA
17	T2 F _{1 200} (dod. pon. tretjič)	80	128	DA	DA
18	T2 F ₁₁	200	160	DA	DA
19	T2 F ₁₁ (dod. pon. drugič)	125	100	DA	DA
20	T2 F ₁₂	200	160	DA	DA

T1 - tatarska ajda, zrnje, moka iz celega zrna

T1 F₁ - tatarska ajda, frakcija moke z granulacijo ≤ 236 μm

T1 F₂ - tatarska ajda, frakcija moke z granulacijo > 236 μm

T1 F₁₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 μm

T1 F₁₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm

T1 F₂₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 236 μm < x ≤ 1000 μm

T1 F₂₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 1000 μm ter otrobi in luščine

D - navadna ajda, zrnje, moka iz celega zrna

D F₁ - navadna ajda, frakcija moke z granulacijo ≤ 236 μm

D F₂ - navadna ajda, frakcija moke z granulacijo > 236 μm

D F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 μm

D F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 236 μm < x ≤ 1000 μm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo >1000 μm ter otrobi in luščine

T2 F₁ - moka iz tatarske ajde (pridobljen vzorec)

T2 F₁₁ - moka iz tatarske ajde z granulacijo ≤ 100 μm

T2 F₁₂ - moka iz tatarske ajde z granulacijo >100 μm

200 – dvojna količina vode (200 %)

Pri podfrakcijah nad 1000 μm (T1 F₂₂ in D F₂₂), ki je vsebovala v glavnem luščine in nekaj otrobov, testa ni bilo mogoče pripraviti, zato smo vzorce le dobro navlažili, tako da smo dodali na 250 g vzorca 400 mL vode (preglednica 4).

Pri vzorcu pridobljene moke iz tatarske ajde (T2 F₁) smo kot dodatno možnost dodali tudi dvojno količino vode (250 g vzorca in dodatek 200 mL vode oziroma dodatek 400 mL vode) ter preučevali vsebnost flavonoidov in taninov ob stiku z manjšo in večjo količino vode (preglednica 4).

Po 5 minutah (0,08 h) stika moke z vodo, po 30 minutah (0,5 h), 1 uri, 2 urah, 4 urah, 8 urah, 12 urah in 24 urah stika moke z vodo pri sobni temperaturi smo vse vzorce zamrznili. Zamrzovali smo najprej s šokom na -35 °C do -40 °C za pol ure in nato shranili na -15 °C do -20 °C za 1 mesec, nato pa smo vzorce liofilizirali. Vse analize smo opravili v treh ponovitvah.

Iz vsake skupine smo nekatere vzorce dodatno ponovili tudi v različnih časovnih obdobjih tudi v treh ponovitvah (T1 F₁₁ dvakrat, D F₁₁ dvakrat, T2 F₁ trikrat in T2 F_{1 200} z dvojno količino vode trikrat).

Analize beljakovin, pepela in vode v navadni ajdi in tatarski ajdi

Ugotavljanje vsebnosti surovih beljakovin

Analiza dušika je potekala po Kjeldahlovi metodi z razklopom in destilacijo. Princip temelji na segrevanju in razklopu organske substance (1 g vzorca moke) z žveplovo kislino (konc. H_2SO_4) ob navzočnosti katalizatorja. Razklop poteka pri $400\text{ }^\circ\text{C}$ približno 60–75 minut. Izločeni dušik preide v amonijak in se veže s kislino kot amonijev sulfat. Z dodatkom natrijevega hidroksida se ponovno sprosti dušik in destilira v posodo, v kateri je določena količina kisline znane koncentracije. S končno titracijo določimo količino preostale kisline.

Od dobljene količine dušika izračunamo s faktorjem korekcije skupno količino surovih beljakovin.

Količino dušika (N) izražamo v odstotkih in izračunamo po naslednji formuli:

$$\text{dušik (N\%)} = \frac{(a-b) \cdot 1,401 \cdot \text{mol.kisl}}{m} \quad \dots(1)$$

Količino surovih beljakovin izražamo v odstotkih na suho snov in izračunamo po formuli:

$$\text{beljakovine (\%)} \text{ na suho snov} = \frac{N \cdot F \cdot 100}{100 - V} \quad \dots(2)$$

a – količina porabljenih mL NaOH za slepi preskus

b – količina porabljenih mL NaOH za analizo

m – odtehtana količina vzorca v g

V – količina vlage v analiziranem vzorcu, izražena v %

F – faktor za preračunavanje dušika v beljakovine, ki je

odvisen od vrste vzorca

pšenica 5,7

moka pšenična 5,7

koruzni izdelki, koruza 6,25

Metoda je bila predpisana po Pravilniku o metodah fizikalnih in kemičnih analiz za kontrolo kakovosti žit, mlevskih in pekarskih izdelkov, testenin in hitro zamrznjenega testa (Ur. l. SFRJ 74/1988) in jo še sedaj uporabljajo v raziskavah in industriji.

Vsebnost beljakovin se je določala s korektivnim faktorjem za preračun beljakovin iz dušika in sicer s korektivnim faktorjem $N \times 6,25$ (STEADMAN in sod. 2001a, FESSAS in sod. 2008) ter s korektivnim faktorjem $N \times 5,7$ (ŠKRABANJA in sod. 2004, HATCHER in sod. 2008).

Ugotavljanje vsebnosti pepela

Princip temelji na sežigu vzorca in tehtanju dobljenega ostanka.

Za ugotavljanje vsebnosti pepela smo 2 do 3 g vzorca žarili v žarilni peči pri temperaturi $900 \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$ 1 uro. Vsebnost pepela je preostanek po žarenju in je preračunan na delež začetne mase pred žarenjem.

Količino pepela izrazimo v odstotkih mase glede na suho snov in izračunamo po naslednji formuli:

$$\text{pepel (\%m/m)} = m_1 \cdot \frac{100}{m_0} \cdot \frac{100}{100 - V} \quad \dots(3)$$

m_0 – masa vzorca za analizo v g

m_1 – masa ostanka v g

V – količina vode v analiziranem vzorcu, izražena v odstotkih

Metoda se uporablja v skladu s Pravilnikom o metodah in postopkih ugotavljanja skladnosti kmetijskih pridelkov oz. živil - Priloga 4: Metode vzorčenja ter fizikalno kemijske analize žit, mlevskih in pekarskih izdelkov, testenin in hitro zamrznjenega testa (Ur. l. RS 84/2003).

Ugotavljanje vsebnosti vode

Vsebnost vode se določi kot izguba mase med sušenjem zmlatih vzorcev v sušilniku do konstantne mase pri temperaturi $130\text{ }^\circ\text{C}$. Zatehtali smo 2–2,5 g vzorca in sušili 1,5 ure oz. do konstantne mase. Izguba mase, izražena v odstotkih, označuje količino vlage v vzorcu.

Količino vode izražamo v odstotkih mase vzorca in jo izračunamo po naslednji formuli:

$$\text{količina vode (v \%)} = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \times 100 \quad \dots(4)$$

m_0 – masa vzorca v g

m_1 – masa vzorca po sušenju v g

Metoda je v skladu s Pravilnikom o metodah in postopkih ugotavljanja skladnosti kmetijskih pridelkov oz. živil Priloga 4: Metode vzorčenja ter fizikalno kemijske analize žit, mlevskih in pekarskih izdelkov, testenin in hitro zamrznjenega testa (Ur. l. RS 84/2003).

Spektrofotometrične analize flavonoidov in taninov

Spektrofotometrija temelji na merjenju absorpcije svetlobe, ki prehaja skozi preiskovano raztopino. Absorb-

cijo merimo v ultravijoličnem, vidnem in infrardečem spektralnem območju, navadno pri absorpcijskem maksimumu. Valovna dolžina, pri kateri neka spojina absorbira svetlobo, je odvisna od strukture molekule. Konjugiranje med skupinami ali z alifatskimi in aromatskimi dvojnimi vezmi povzroči premike proti daljšim valovnim dolžinam.

Po 10 mL 60 % etanola smo dodali ustrezni natehti vzorca (natehta moke 600 mg za tanine; 50 mg za flavonoide). Vse skupaj smo stresali na stresalniku eno uro in pustili ekstrahirati preko noči. Naslednji dan smo vzorce centrifugirali 10 minut pri 4000 obrat./min., bistri supernatant pa uporabili za analizo.

Analiza vsebnosti

Ustrezen volumen vzorčne raztopine smo odpipetirali na mikrotitrsko ploščico, po potrebi smo ga redčili in mu dodali reagente v predpisanih volumnih. Po določenem času smo pri predpisani valovni dolžini izmerili absorbanco. Vzporedno z vzorčno raztopino smo analizirali tudi raztopine standardov in slepi vzorec.

Izračun koncentracij

Koncentracijo rutina, pirogalola in epikatehina v posameznih frakcijah smo izračunali po formuli:

$$C_x = C_s \cdot A_v / A_s \quad \dots(5)$$

$$C\% = [(C_s \cdot A_v / A_s) / C_{vz}] \cdot 100\% \quad \dots(6)$$

C_s – koncentracija standardne raztopine

A_v – absorbanca preiskovanega vzorca

A_s – absorbanca standardne raztopine

C_x – koncentracija standarda v preiskovanem vzorcu

C_{vz} – koncentracija vzorca (razmerje med maso vzorca in volumnom ekstrakcijskega topila)

$C\%$ – delež (v %) standarda v preiskovanem vzorcu

Ugotavljanje vsebnosti flavonoidov z uporabo aluminijevega klorida

Z $AlCl_3$ običajno določamo flavone in flavonole, ne pa tudi flavanonov (te ugotavljamo z 2,4-dinitrofenilhidrazinom). Princip spektrofotometrične metode kvantifikacije flavonoidov temelji na reakciji med flavonoidi in aluminijevim kloridom, pri čemer se raztopina obarva rumeno in ima absorpcijski maksimum pri valovni dolžini 420 nm (DUTRA in sod. 2008). Pri ugotavljanju flavonoidov z $AlCl_3$ se tvorijo kislinsko stabilni kompleksi s C-4 keto skupinami ter tudi s C-3 in C-5

hidroksilnimi skupinami flavonov in flavonolov (ZHANG in sod. 2005). Poleg tega se z $AlCl_3$ tvorijo na kisline občutljivi kompleksi z orto-dihidroksil skupino na A in B obroču flavonoidov. Kompleksi, ki se tvorijo s flavonoli s C-3 in C-5 hidroksilnimi skupinami, so galangin, morin in kemferol; kompleksi, ki se tvorijo z orto-dihidroksil skupinami, pa so rutin, kvercetin, kvercitrin in miricetin in imajo maksimalno absorbanco med 415–440 nm. Kompleksi, ki se tvorijo s C-5 hidroksil in C-4 keto skupinami, dosežejo maksimum pri 395 oz. 385 nm. Nekateri flavoni kot na primer luteolin, ki ima C-5 hidroksil skupino, kažejo najmočnejšo absorpcijo pri 415 nm. Pri določanju flavonoidov je zato potrebno izbrati kompromisno valovno dolžino za merjenje absorbance. Tvorijo se kompleksi med flavonoidi in aluminijevimi ioni v različnih stehiometričnih razmerjih (aluminij : flavonoidi = 2:1, 1:1 in 1:2) (ZHANG in sod. 2005). Če raztopini flavonoidov dodamo aluminijev klorid, pride do tvorbe kompleksa med aluminijevimi ioni in 3- in/ali 5-hidroksi-4-keto fragmentom, prav tako pa lahko nastane kompleks tudi s 3', 4'-dihidroksi skupinama na B obroču. V kislem je keto aluminijev kompleks stabilen, medtem ko je kompleks, ki nastane z obročem B in dihidroksi skupinama, labilen (BOHM 1998).

Priprava reagenta

Uporabili smo 5 % $AlCl_3$ (500 mg $AlCl_3$ v 10 mL metanola)

Priprava standardnih raztopin

Kot standarde smo uporabili rutin in kvercetin.

1 mg standarda smo raztopili v 10 mL 60 % etanola. Raztopino rutina smo za analizo flavonoidov redčili.

Prikaz pogojev in reagentov za analizo flavonoidov:

vzorčna raztopina: volumen 180 μ L,

reagent pri vzorčni raztopini: volumen 20 μ L $AlCl_3$,

reagent pri slepi raztopini: 20 μ L metanol,

standardna raztopina: rutin (0,02 mg/mL),

merjenje ekstinkcije (A): po 30 minutah,

valovna dolžina (λ): 420 nm.

Ugotavljanje vsebnosti taninov z vanilin-HCl metodo

Test z vanilinom je široko uporabljen test za kvantitativno določevanje kondenziranih taninov (proantocianidinov, katehinskih taninov – polimerov katehina in/ali epikatehina) v rastlinah, ki so polimeri flavonoidov. Je občutljiv, relativno enostaven test, specifičen za flavan-3-ole, dihidrohalkone in proantocianidine (MUCHWETI in sod. 2005).

V kislih pogojih poteče reakcija med vanilinom in kondenziranimi tanini, pri čemer nastane rdeče obarvana raztopina z absorpcijskim maksimumom med 480 in 550 nm. Za pozitivno reakcijo je potrebna enojna vez med C₂-C₃. Halkoni, flavoni in flavonoli ne dajejo pozitivne reakcije ravno zaradi dvojne vezi na tem mestu. Do inaktivacije pride verjetno zaradi delokalizacije elektronov, kar zmanjša elektronsko gostoto na obroču A. Nekateri avtorji poročajo o lažno pozitivnih rezultatih na tanin pri uporabi vanilin-HCl metode (WALTON in sod. 1983), spet drugi so preučevali razlike ob uporabi organskih topil metanola in acetona (MAKKAR & BECKER 1993).

Priprava reagenta

Uporabili smo 4 % vanilin (400 mg vanilina v 10 mL 96 % etanola).

Priprava standardnih raztopin

Kot standard smo uporabili epikatehin.

1 mg standarda smo raztopili v 10 mL 60 % etanola. Zaradi nestabilnosti smo raztopino pirogalola pripravljali tedensko.

Prikaz pogojev in reagentov za analizo taninov:

vzorčna raztopina: volumen 50 µL,

reagent pri vzorčni raztopini: volumen 100 µL vanilin, 50 µL 32 % HCl,

reagent pri slepi raztopini: 100 µL 96 % etanol, 50 µL 32 % HCl,

standardna raztopina: epikatehin (0,1 mg/mL),

merjenje ekstinkcije (A): po 60 minutah,

valovna dolžina (λ): 500 nm.

STATISTIČNE ANALIZE

Rezultate smo analizirali z uporabo Microsoft Excel 2003 ter programom STAT G (Statgraphics 5.0, Statistical Graphics Corporation, ZDA). Statistične analize so bile opravljene v programu ANOVA ob ugotovljenih statističnih značilnostih pri p<0,05 (FERLIGOJ 1997, KASTELEC 2007ab, FERLIGOJ & LOZAR MANFREDA 2009).

Vse meritve in analize za testa so bile opravljene v treh ponovitvah.

Standardni odklon

Standardni odklon smo uporabili za merjenje statistične razpršenosti enot. Standardni odklon je definiran kot kvadratni koren variance. Rezultati so prikazani v povprečjih (povprečna vrednost ± standardni odklon).

Standardni odklon vseh enot statistične populacije je definiran s formulo:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

...(7)

x_i - i-ta enota v statistični populaciji,

\bar{x} - aritmetična sredina populacije,

N - število vseh enot.

Standardni odklon smo izračunali za vrednosti flavonoidov, fenolov in taninov v testih oz. pri mlevskih frakcijah mok, otrobov in luščin ob dodatku vode v vzorcih tatarske in navadne ajde (T1, T2 in D) ter za vrednosti rutina in kvercetina v mokah ter testih v vzorcih navadne ajde cv. 'Siva' (S) in tatarske ajde (T3).

Merilna negotovost

Negotovost meritev je podana z razponom vrednosti, ki verjetno spremlja pravo vrednost. Zapiše se z rezultatom: vrednost ± merilna negotovost.

Merilno negotovost smo uporabili pri interpretaciji rezultatov spektrofotometričnih meritev vsebnosti flavonoidov, fenolov in taninov v izhodiščnih vzorcih mok, kjer nismo razpolagali s tremi ponovitvami rezultatov. Za izračun merilne negotovosti pri izhodiščnih vzorcih mok smo uporabili vse rezultate in standardni odklon za posamezni vzorec pri pripravi test iz izhodiščnih mok. Izračunali smo deleže SD za posamezne rezultate ter za skupino rezultatov posameznega vzorca povprečni delež (%) odstopanj. To povprečje smo uporabili za izračun merilne negotovosti iz rezultata za izhodiščni vzorec.

Merilno negotovost smo izračunali za vrednosti flavonoidov, fenolov in taninov pri mlevskih frakcijah mok, otrobov in luščin brez dodane vode v vzorcih tatarske in navadne ajde (T1, T2 in D).

Linearna regresija

Če ena spremenljivka vpliva na drugo, pravimo, da sta regresijsko odvisni. Obe spremenljivki sta numerični. Odvisnost zapišemo kot $Y = f(X)$. Mogočih je več vrst odvisnosti. V našem primeru smo preučevali linearno odvisnost, ki jo zapišemo z linearno funkcijo ali premico. Uporabili smo model tipa $Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$, za katerega smo na osnovi podatkov izračunali oceni α in β parametrov modela α in β . Odvisnost poznamo, če poznamo koeficienta α in β . Iz vzorca podatkov lahko izračunamo koeficienta α in β tako, da se premica čim

manj odklanja od točk (metoda najmanjših kvadratov). Regresijska premica kaže, kakšen je vpliv neodvisne spremenljivke X na odvisno spremenljivko Y (FERLIGOJ 1997, KASTELEC 2007ab).

Metodo linearne regresije smo uporabili za ugotavljanje korelacije med vsebnostjo pepela, vsebnostjo beljakovin in vsebnostjo vode ter za odvisnost med količinami flavonoidov v moki in v testu po dodajanju vode.

Uporaba linearne regresije za preučevanje zgornjih spremenljivk se je zdela smiselna, saj predpostavimo neodvisno spremenljivko in nato od nje odvisno spremenljivko. Torej ugotavljamo odvisnost spremenljivke od neodvisne spremenljivke. Možno bi bilo tudi ugotavljanje drugačne povezanosti spremenljivk, ne le linearne.

V analizi predpostavimo, da gre za linearno odvisnost odvisne spremenljivke (označene z Y) od neodvisne spremenljivke (označene z X). Naredimo razsevni grafikon (lahko tudi z vrisano premico), ki predstavlja osnovo za nadaljnje korake in predstavlja kvalitativno oceno utemeljenosti in pravilnosti predpostavke o linearni odvisnosti. Izračunamo koeficient determinacije (r^2), ki kaže kakovost regresijskega modela (v našem primeru linearne). Izračunamo oceni koeficientov regresijske premice a in b (a je ocena za α , b je ocena za β) po metodi najmanjših kvadratov. Izračunamo standardno napako regresije (s), ki tudi pove, kako dobro se regresijski model prilega podatkom. Ob predpostavki normalne porazdelitve \hat{Y} , ki je slučajna spremenljivka, pričakujemo, da je 95 % točk populacije v pasu $\hat{Y} \pm 2s$ okoli izračunane ocene \hat{Y} .

3 REZULTATI

MLETJE IN PRESEJANJE VZORCEV Tatarske IN NAVADNE AJDE

Za vzorce zrnja tatarske ajde (T1) in navadne ajde (D) smo ugotovili deleže posameznih frakcij in podfrakcij ter jih med seboj primerjali. Pri mletju oba vzorca dateta bistveno višji delež frakcije F_1 z granulacijo do

vključno 236 μm in sicer 67 % tatarska ajda (T1) in 69 % navadna ajda (D). Podfrakciji F_{11} in F_{12} pri presejanju pa se med seboj pri tatarski in navadni ajdi nekoliko ločujeta. Rezultati so prikazani v preglednici 5 in 6.

V tatarski ajdi je delež frakcije F_{22} (del otrobov in luščine) skoraj 21 %, medtem ko je pri navadni ajdi iste frakcije F_{22} le okoli 17,6 %.

Preglednica 5: Deleži posameznih frakcij pri mletju in presejanju tatarske ajde (vzorec T1)

Table 5: Percentage of milling and sieving fractions of Tartary buckwheat (sample T1)

Vzorec (zrnje)	Mletje na 2 frakciji	Delež (%)	Presejanje (vsake frakcije na 2 podfrakciji)	Delež (%)	Presejanje (vsake frakcije na 2 podfrakciji)	Osnova za izračun (%)	Delež (%)
Tatarska ajda iz Luksemburga (T1)	T1 F ₁	67,05	T1 F ₁₁	47,75	T1 F ₁₁	100	71,21
			T1 F ₁₂	19,20	T1 F ₁₂		28,63
	T1 F ₂	32,95	T1 F ₂₁	12,02	T1 F ₂₁	100	36,48
			T1 F ₂₂	20,93	T1 F ₂₂		63,52
		100		100			

T1 - tatarska ajda zrnje (m = 1774,7 g)

T1 F₁ - tatarska ajda, frakcija moka z granulacijo $\leq 236 \mu\text{m}$

T1 F₂ - tatarska ajda, frakcija moka z granulacijo $> 236 \mu\text{m}$

T1 F₁₁ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo $\leq 100 \mu\text{m}$

T1 F₁₂ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo $100 \mu\text{m} < x \leq 236 \mu\text{m}$

T1 F₂₁ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo $236 \mu\text{m} < x \leq 1000 \mu\text{m}$

T1 F₂₂ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo $> 1000 \mu\text{m}$ ter otrobi in luščine

Moko tatarske ajde T2, ki smo jo pridobili iz mlina, smo presejali v dve frakciji. Delež frakcije F_1 (moka z granulacijo do vključno 100 μm) je skoraj 58 %, delež

frakcije F_2 (z granulacijo nad 100 μm) pa okoli 42 %. Rezultati so prikazani v preglednici 7.

Preglednica 6: Deleži posameznih frakcij pri mletju in presejanju navadne ajde (vzorec D)**Table 6: Percentage of milling and sieving fractions of common buckwheat (sample D)**

Vzorec (zrnje)	Mletje na 2 frakciji	Delež (%)	Presejanje (vsake frakcije na 2 podfrakciji)	Delež (%)	Presejanje (vsake frakcije na 2 podfrakciji)	Osnova za izračun (%)	Delež (%)
Navadna ajda Darja' (D)	D F ₁	69,44	D F ₁₁	48,64	D F ₁₁	100	70,04
			D F ₁₂	20,80	D F ₁₂		29,69
	D F ₂	30,56	D F ₂₁	12,94	D F ₂₁	100	42,34
			D F ₂₂	17,62	D F ₂₂		57,66
		100		100			

D - navadna ajda, zrnje (m = 2400,5 g)

D F₁ - navadna ajda, frakcija moke z granulacijo ≤ 236 μm

D F₂ - navadna ajda, frakcija moke z granulacijo > 236 μm

D F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 μm

D F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 236 μm < x ≤ 1000 μm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo >1000 μm ter otrobi in luščine

Preglednica 7: Deleži frakcij pri presejanju moke tatarske ajde (vzorec T2)**Table 7: Percentage of sieving fractions of Tartary buckwheat (sample T2)**

Vzorec (moka)	Presejanje na 2 podfrakciji	Delež (%)
Tatarska ajda – moka iz Luksemburga (T2 F ₁)	F ₁₁	57,63
	F ₁₂	42,31

T2 F₁ - moka iz tatarske ajde (pridobljen vzorec), 42 % izmlevnost (m = 960 g)

T2 F₁₁ - moka iz tatarske ajde z granulacijo ≤ 100 μm (primerljivo z F₁₁ v vzorcih T1 in D)

T2 F₁₂ - moka iz tatarske ajde z granulacijo >100 μm (delno primerljivo z F₁₂+F₂₁ v T1 in D)

VSEBNOST BELJAKOVIN, PEPELA IN VODE V VZORCIH Tatarske IN NAVADNE AJDE

Vsebnost surovih beljakovin na suho snov v vzorcih tatarske in navadne ajde ter njihovih mlevskih frakcijah smo analizirali po Kjeldahlu, kot faktor za preračun smo uporabili $f = 5,7$ in $f = 6,25$ (preglednica 18). V nadaljevanju smo uporabljali le rezultate, preračunane s faktorjem 5,7 (preglednica 8).

Zrnje tatarske ajde (vzorec T1) vsebuje okoli 1 % manj beljakovin kot zrnje navadne ajde (vzorec D).

Najvišjo vsebnost beljakovin v vzorcu navadne ajde ima frakcija D F₂₁ (z granulacijo nad 236 μm do vključno 1000 μm) in sicer kar 26,2 % beljakovin v SS, medtem ko je vsebnost beljakovin pri tatarski ajdi (vzorec T1) skoraj 6 % nižja. Vsebnost beljakovin v frakciji fine bele moke F₁₁ iz notranjega dela zrn (z granulacijo do vključno 100 μm) je zelo nizka in sicer pri navadni ajdi le 5,47 % v SS, pri tatarski ajdi T1 pa 6,6 % v SS.

Preglednica 8: Vsebnost surovih beljakovin, pepela in vode v mlevskih frakcijah tatarske ajde (vzorca T1 in T2) in navadne ajde (vzorec D)**Table 8: Protein, ash and water content in milling fractions of common buckwheat (sample D) and Tartary buckwheat (samples T1 and T2)**

Vzorec	% beljakovin/SS (f=5,7)	% beljakovin/SS (f=6,25)	% pepela/SS	% vode
D	10,47	11,47	1,65	10,67
D F ₁₁	5,47	5,97	0,62	11,08
D F ₁₂	18,60	20,37	2,91	11
D F ₂₁	26,20	28,73	4,19	10,22

D F ₂₂	2,87	3,13	1,04	10,51
T1	9,53	10,47	2,73	9,86
T1 F ₁₁	<u>6,63</u>	7,30	<u>1,44</u>	8,99
T1 F ₁₂	18,8	20,60	4,23	8,95
T1 F ₂₁	18,6	20,40	3,9	8,43
T1 F ₂₂	2,47	2,73	1,02	8,1
T2 F ₁	6,70	7,40	1,67	12,31
T2 F ₁₁	4,80	5,27	1,05	10,72
T2 F ₁₂	9,33	10,23	2,53	10,46

D - navadna ajda, zrnje, moka iz celega zrna

D F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo $\leq 100 \mu\text{m}$

D F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo $100 \mu\text{m} < x \leq 236 \mu\text{m}$

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo $> 236 \mu\text{m} < x \leq 1000 \mu\text{m}$

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo $> 1000 \mu\text{m}$ ter otrobi in luščine

T1 - tatarska ajda iz Luksemburga, zrnje, moka iz celega zrna

T1 F₁₁ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo $\leq 100 \mu\text{m}$

T1 F₁₂ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo $100 \mu\text{m} < x \leq 236 \mu\text{m}$

T1 F₂₁ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo $236 \mu\text{m} < x \leq 1000 \mu\text{m}$

T1 F₂₂ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo $> 1000 \mu\text{m}$ ter otrobi in luščine

T2 F₁ - moka iz tatarske ajde iz Luksemburga (pridobljen vzorec)

T2 F₁₁ - moka iz tatarske ajde z granulacijo $\leq 100 \mu\text{m}$

T2 F₁₂ - moka iz tatarske ajde z granulacijo $> 100 \mu\text{m}$

Ugotavljamo tudi, da sta obe bolj grobi moki tatarske ajde (T1 F₁₂ in T1 F₂₁ z granulacijo nad 100 do vključno 1000 μm) bogati z beljakovinami (vsebnost beljakovin nad 18 %), bela moka iz notranjega dela zrn tatarske ajde vsebuje le okoli 6 % beljakovin v SS, otrobi in luščine (frakcija T1 F₂₂) pa le okoli 2,5 % beljakovin v SS. Z beljakovinami bogati sta tudi isti frakciji navadne ajde D F₁₂ in D F₂₁ (18,6 % beljakovin/SS oz. 26,2 % beljakovin/SS). Frakcija otrobov in luščin navadne ajde (D F₂₂) ima nizko vsebnost beljakovin (pod 3 %), kar je podobno kot pri tatarski ajdi (preglednica 8).

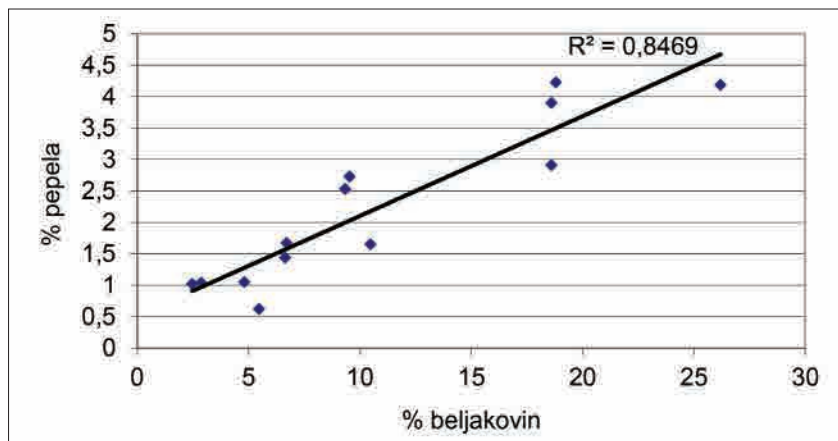
V preglednici 8 so prikazani rezultati vsebnosti beljakovin v SS, pepela v SS in vode v vzorcih zrnja tatarske ajde iz Luksemburga (vzorec T1) in navadne ajde 'Darja' (vzorec D) ter njihovih mlevskih frakcijah. Rezultati kažejo nekoliko višjo vsebnost vode v zrnju navadne ajde 'Darja' (vzorec D) v primerjavi z zrnjem tatarske ajde iz Luksemburga (vzorec T1). Vsebnost pepela je v tatarski ajdi (vzorec T1) bistveno višja (2,73 %/SS) kot v navadni ajdi (D) (1,65 %/SS). V vzorcu moka iz tatarske ajde iz Luksemburga (vzorec

T2) pa je vsebnost pepela nizka (1,67 %/SS), vsebnost vode pa precej visoka (12,31 %).

Vsebnost pepela v SS se razlikuje tudi med frakcijami navadne in tatarske ajde. Najvišjo vsebnost pepela v SS ima mlevska frakcija tatarske ajde T1 F₁₂ (4,2 %), mlevska frakcija navadne ajde z najvišjo granulacijo (D F₂₁) pa 4,2 % pepela v SS (preglednica 18). Najnižjo vsebnost pepela ima frakcija tatarske ajde T1 F₂₂ (1 %/SS) ter frakcija navadne ajde D F₁₁ (0,6 % pepela/SS) (preglednica 18). Vsebnost pepela v frakciji T2 F₁₁ je nižja kot v frakciji T2 F₁₂ (1,05% oziroma 2,53% pepela/SS) (preglednica 8).

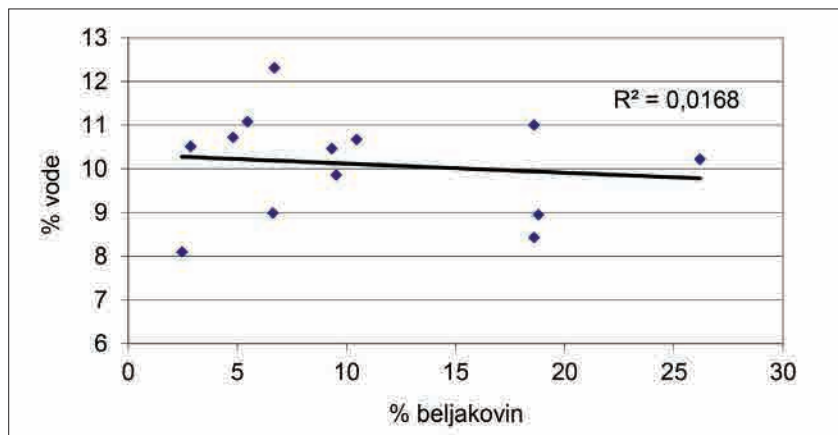
Ugotovili smo linearno povezavo med vsebnostjo beljakovin/SS in vsebnostjo pepela/SS v mlevskih frakcijah vzorcev navadne in tatarske ajde ($r^2 = 0,8469$; $p < 0,05$). Pri višji vsebnosti beljakovin/SS v mlevskih frakcijah lahko pričakujemo višjo vsebnost pepela/SS in obratno (slika 1).

Povezave med pepelom in vsebnostjo vode ter beljakovinami in vsebnostjo vode niso značilne ($r^2 = 0,0848$ oz. $r^2 = 0,0168$; $p < 0,05$) in kažejo na nepovezanost teh parametrov med seboj (sliki 2 in 3).



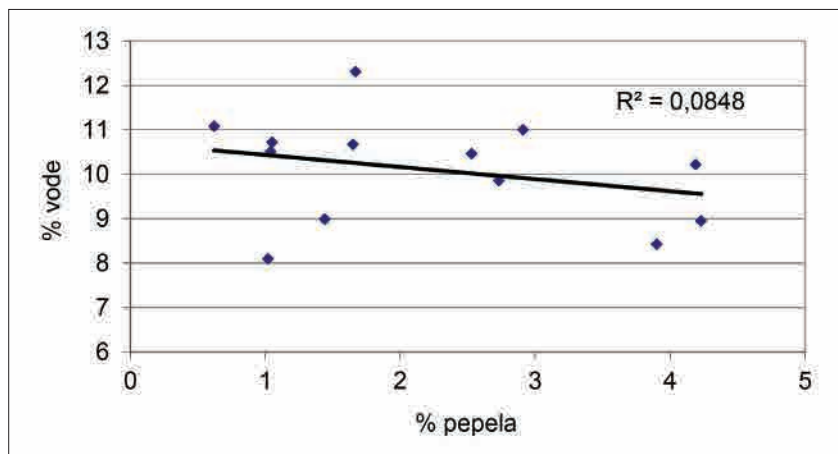
Slika 1: Korelacija med vsebnostjo beljakovin/SS in vsebnostjo pepela/SS v zrnju ter v mlevskih frakcijah navadne ajde (vzorec D) in tatarske ajde (vzorec T1)

Figure 1: Correlation between protein content/dwb and ash content/dwb in grain and in milling fractions of common buckwheat (sample D) and Tartary buckwheat (T1)



Slika 2: Korelacija med vsebnostjo beljakovin/SS in vsebnostjo vode v zrnju ter mlevskih frakcijah navadne ajde (vzorec D) in tatarske ajde (vzorec T1)

Figure 2: Correlation between protein content/dwb and water content in grain and in milling fractions of common buckwheat (sample D) and Tartary buckwheat (T1)



Slika 3: Korelacija med vsebnostjo pepela/SS in vsebnostjo vode v zrnju ter mlevskih frakcijah navadne ajde (vzorec D) in tatarske ajde (vzorec T1)

Figure 3: Correlation between ash content/dw and water content in grains and in milling fractions of common buckwheat (sample D) and Tartary buckwheat (sample T1)

VSEBNOST FLAVONOIDOV IN TANINOV V TATARSKI IN NAVADNI AJDI

Mlevske frakcije navadne in tatarske ajde imajo različno vsebnost flavonoidov in taninov (preglednica 19). Preučevali smo štiri mlevske frakcije in sicer: fine bele moke z granulacijo do vključno 100 μm (F_{11}), temnejše bolj grobe moke z granulacijami nad 100 μm do vključno 236 μm (F_{12}) ter nad 236 μm do vključno 1000 μm (F_{21}), posebej pa smo preučevali tudi frakcijo luščin z otrobi z granulacijami nad 1000 μm (F_{22}).

V preglednici 9 so prikazani rezultati vsebnosti flavonoidov in taninov v vzorcih mlevskih frakcij tatarske ajde iz Luksemburga (vzorca T1 in T2) ter navadne ajde 'Darja' (vzorec D).

Vsebnost flavonoidov v tatarski in navadni ajdi (vzorci T1, T2 in D)

Vsebnost flavonoidov v suhi snovi je v navadni ajdi (vzorec D) od 0,015 % do 0,055 %, v tatarski ajdi (vzorec T1) od 0,178 % do 4,470 %, v tatarski moki (vzorec T2) pa od 0,243 % do 1,011 % (preglednici 9 in 10).

Najvišja koncentracija flavonoidov je v frakciji tatarske ajde T1 F_{12} (4,47 %/SS) in T1 F_{21} (3,54 %/SS). To sta mlevski frakciji grobe temnejše moke z granulacijo nad 100 μm do vključno 1000 μm .

Vsebnost flavonoidov v navadni ajdi (vzorec D) je nižja kot v obeh vzorcih tatarskih ajd (vzorca T1 in T2). Koncentracija flavonoidov se razlikuje tudi med dvema vzorcema tatarskih ajd. Primerjava med vzorcema tatarskih ajd T1 in T2 kaže višjo vsebnost flavonoidov v vzorcu T1 (preglednica 9).

V vzorcu pridobljene moke iz tatarske ajde (T2 F_1) iz Luksemburga je vsebnost flavonoidov v suhi snovi 0,9 %. Ob razdelitvi v dve podfrakciji je v frakciji T2 F_{12} (nad 100 μm) vsebnost flavonoidov v suhi snovi 1 %, v frakciji T2 F_{11} (do vključno 100 μm) pa le 0,2 %. To kaže, da je v belih mokah minimalna prisotnost flavonoidov (preglednica 9).

Ob primerjavi finih belih mok dveh vzorcev tatarskih ajd (T1 in T2) z isto granulacijo (do vključno 100 μm) ugotavljamo, da je v mlevski frakciji tatarske ajde T1 F_{11} višja vsebnost flavonoidov (0,71 %/SS) kot v vzorcu T2 F_{11} z isto granulacijo, kjer je vsebnost flavonoidov le 0,24 % v SS (preglednica 9).

Preglednica 9: Koncentracije flavonoidov in taninov v mlevskih frakcijah tatarske in navadne ajde
Table 9: Flavonoid and tannin content in milling fractions of Tartary and common buckwheat

Vzorec ajde	Frakcija	Flavonoidi (%/SS \pm MN)	Tanini (%/SS \pm MN)
Tatarska ajda (T1)	T1 F_{11}	0,709 \pm 0,040	0,089 \pm 0,009
Tatarska ajda (T1)	T1 F_{12}	4,470 \pm 0,226	0,141 \pm 0,033
Tatarska ajda (T1)	T1 F_{21}	3,542 \pm 0,184	1,248 \pm 0,144
Tatarska ajda (T1)	T1 F_{22}	0,178 \pm 0,019	0,286 \pm 0,014
Navadna ajda 'Darja' (D)	D F_{11}	0,015 \pm 0,006	0,057 \pm 0,007
Navadna ajda 'Darja' (D)	D F_{12}	0,043 \pm 0,006	0,407 \pm 0,120
Navadna ajda 'Darja' (D)	D F_{21}	0,051 \pm 0,007	0,790 \pm 0,189
Navadna ajda 'Darja' (D)	D F_{22}	0,055 \pm 0,013	0,305 \pm 0,023
Tatarska ajda (T2)	T2 F_1	0,916 \pm 0,080	0,145 \pm 0,016
Tatarska ajda (T2)	T2 F_{11}	0,243 \pm 0,008	0,071 \pm 0,008
Tatarska ajda (T2)	T2 F_{12}	1,011 \pm 0,037	0,189 \pm 0,020

T1 F_{11} - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo $\leq 100 \mu\text{m}$

T1 F_{12} - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo $100 \mu\text{m} < x \leq 236 \mu\text{m}$

T1 F_{21} - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo $236 \mu\text{m} < x \leq 1000 \mu\text{m}$

T1 F_{22} - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo $> 1000 \mu\text{m}$ ter otrobi in luščine

D F_{11} - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo $\leq 100 \mu\text{m}$

D F_{12} - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo $100 \mu\text{m} < x \leq 236 \mu\text{m}$

D F_{21} - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo $> 236 \mu\text{m} < x \leq 1000 \mu\text{m}$

D F_{22} - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo $> 1000 \mu\text{m}$ ter otrobi in luščine

T2 F_1 - moka iz tatarske ajde (pridobljen vzorec)

T2 F_{11} - moka iz tatarske ajde z granulacijo $\leq 100 \mu\text{m}$

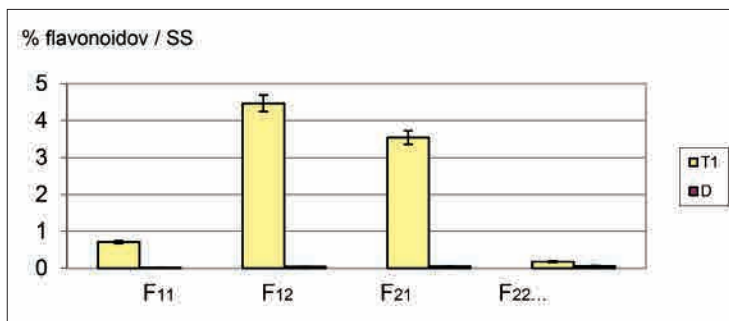
T2 F_{12} - moka iz tatarske ajde z granulacijo $> 100 \mu\text{m}$

MN - merilna negotovost

SS - suha snov

Preglednica 10: Primerjava vsebnosti flavonoidov v mlevskih frakcijah tatarske ajde (T1) in navadne ajde (D)
Table 10: Comparison of flavonoid content in milling fractions of Tartary buckwheat (T1) and common buckwheat (D)

Vzorec ajde	Frakcija	Flavonoidi (%/SS ± MN)
Tatarska ajda (T1)	T1 F ₁₁	0,709 ± 0,040
Navadna ajda 'Darja' (D)	D F ₁₁	0,709 ± 0,040
Tatarska ajda (T1)	T1 F ₁₂	4,470 ± 0,226
Navadna ajda 'Darja' (D)	D F ₁₂	0,043 ± 0,006
Tatarska ajda (T1)	T1 F ₂₁	3,542 ± 0,184
Navadna ajda 'Darja' (D)	D F ₂₁	0,051 ± 0,007
Tatarska ajda (T1)	T1 F ₂₂	0,178 ± 0,019
Navadna ajda 'Darja' (D)	D F ₂₂	0,055 ± 0,013



Slika 4: Primerjava vsebnosti flavonoidov v mlevskih frakcijah tatarske ajde (T1) in navadne ajde (D)

Figure 4: Comparison of flavonoid content in milling fractions of Tartary buckwheat (T1) and common buckwheat (D)

T1 - tatarska ajda

D - navadna ajda

F₁₁ - podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 μm

F₁₂ - podfrakcija moke z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm

F₂₁ - podfrakcija moke z granulacijo 236 μm < x ≤ 1000 μm

F₂₂ - podfrakcija moke z granulacijo > 1000 μm ter otrobi in luščine

MN - merilna negotovost

SS - suha snov

Primerjave med mlevskimi frakcijami tatarske ajde T1 in navadne ajde D (preglednica 10; slika 4) kažejo bistveno višjo vsebnost flavonoidov v tatarski ajdi (50 do 100-krat višjo) kot v navadni ajdi v vseh mlevskih frakcijah razen v frakciji luščin in otrobov, kjer je razlika med njima manjša (le 3-krat višja pri tatarski ajdi).

Primerjave med tatarsko ajdo (vzorec T1) in navadno ajdo (vzorec D) kažejo tudi različno razporeditev flavonoidov med mlevskimi frakcijami (slika 4). Vsebnost flavonoidov v suhi snovi v mlevski frakciji tatarske ajde T1 F₁₁ (z granulacijo do vključno 100 μm) je 0,7 %, v frakciji T1 F₁₂ (nad 100 do vključno 236 μm) 4,5 %, v frakciji T1 F₂₁ (nad 236 do vključno 1000 μm) 3,5 % ter v frakciji T1 F₂₂ z granulacijo nad 1000 μm (otrobi in luščine) le 0,17 %. Najvišja vsebnost flavonoidov je v frakciji F₁₂, najnižja pa v frakciji otrobov in luščin F₂₂ (preglednica 10).

V navadni ajdi (vzorec D) je bistveno manj flavonoidov kot v tatarski ajdi T1 (slika 4). Vsebnost flavonoidov v suhi snovi je v frakciji bele moke D F₁₁ (z granulacijo do vključno 100 μm) 0,015 %, v frakciji moke D F₁₂ (nad 100 do vključno 236 μm) 0,04 %, v frakciji D

F₂₁ (nad 236 do vključno 1000 μm) 0,05 %, v frakciji otrobov in luščin D F₂₂ (nad 1000 μm) pa je le 0,05 % flavonoidov v SS. Iz rezultatov (preglednica 20) je vidno, da je v navadni ajdi v frakciji z granulacijo do vključno 100 μm 3-krat manj flavonoidov kot v frakcijah nad 100 μm. Najvišja vsebnost flavonoidov je v frakciji otrobov in luščin F₂₂, najnižja pa v frakciji bele moke F₁₁.

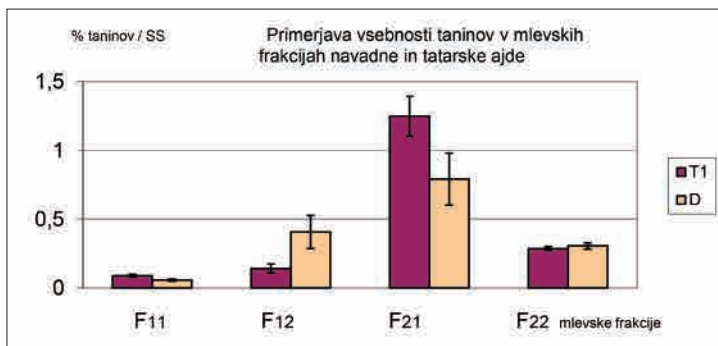
Mlevske frakcije tatarske ajde z višjo granulacijo (nad 100 μm) imajo višjo vsebnost flavonoidov (to so T1 F₁₂, T1 F₂₁ ter T2 F₁₂). Najnižja vsebnost flavonoidov je v belih mokah z granulacijo do vključno 100 μm (frakcije T1 F₁₁ in T2 F₁₁) (preglednica 9). Frakcije belih mok tatarske ajde, ki so predvidoma iz notranjega dela zrn (z nizko granulacijo), so revnejše s flavonoidi, prav tako pa tudi frakcije luščin in otrobov (slika 4).

Vsebnost taninov v tatarski in navadni ajdi (vzorci T1, T2 in D)

Navadna ajda D vsebuje od 0,06 % do 0,79 % taninov v SS, tatarska ajda T1 od 0,09 % do 1,25 %, tatarska ajda

Preglednica 11: Primerjava vsebnosti taninov v mlevskih frakcijah tatarske ajde (T1) in navadne ajde (D)
Table 11: Comparison of tannin content in milling fractions of Tartary buckwheat (T1) and common buckwheat (D)

Vzorec ajde	Frakcija	Tanini (%/SS ± MN)
Tatarska ajda (T1)	T1 F ₁₁	0,0893 ± 0,0094
Navadna ajda 'Darja' (D)	D F ₁₁	0,0566 ± 0,0073
Tatarska ajda (T1)	T1 F ₁₂	0,1410 ± 0,0326
Navadna ajda 'Darja' (D)	D F ₁₂	0,4066 ± 0,1201
Tatarska ajda (T1)	T1 F ₂₁	1,2478 ± 0,1444
Navadna ajda 'Darja' (D)	D F ₂₁	0,7903 ± 0,1894
Tatarska ajda (T1)	T1 F ₂₂	0,2861 ± 0,0138
Navadna ajda 'Darja' (D)	D F ₂₂	0,3052 ± 0,0231



Slika 5: Primerjava vsebnosti taninov v mlevskih frakcijah navadne ajde (D) in Tatarske ajde (T1)

Figure 5: Comparison of tannin content in milling fractions of Tartary buckwheat (T1) and common buckwheat (D)

D - navadna ajda

F₁₁ - podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 μm

F₁₂ - podfrakcija moke z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm

F₂₁ - podfrakcija moke z granulacijo 236 μm < x ≤ 1000 μm

F₂₂ - podfrakcija moke z granulacijo > 1000 μm ter otrobi in luščine

MN - merilna negotovost

SS - suha snov

T2 pa od 0,07 % do 0,19 % (preglednica 11). Najvišja koncentracija taninov je v frakciji tatarske ajde T1 F₂₁ (1,25 %/SS) (slika 5). To je mlevska frakcija grobe temnejše moke z granulacijo nad 236 μm do vključno 1000 μm. Frakciji otrobov in luščin navadne ajde D in tatarske ajde T1 imata približno enako vsebnost taninov v suhi snovi (navadna ajda D 0,31 % in tatarska ajda T1 0,29 % taninov v SS) (preglednica 11).

Razporeditev taninov po frakcijah se med tatarsko ajdo (T1) in navadno ajdo (D) razlikuje. Na splošno je največ taninov v frakciji F₂₁ v obeh vzorcih ajd (T1 in D) in sicer v tatarski ajdi T1 1,25 % v SS in v navadni ajdi D 0,79 % v SS; najmanj taninov pa je v frakciji F₁₁ in sicer v tatarski ajdi T1 0,09 % v SS, v navadni ajdi D pa 0,06 % v SS (preglednica 11).

Primerjava vsebnosti taninov v navadni in tatarski ajdi kaže, da je v tatarski ajdi T1 približno 60 % več taninov v frakcijah F₁₁ in F₂₁ kot v navadni ajdi D, medtem ko je v mlevski frakciji navadne ajde D F₁₂ vsebnost taninov celo višja kot v tatarski ajdi T1, kar smo razumeli kot drugačno razporeditev taninov v zrnju med navadno in tatarsko ajdo (slika 15). Vsebnost taninov v frakciji otrobov in luščin F₂₂ (nad 1000 μm) pa je pri obeh vzorcih ajde (T1 in D) približno enaka (okoli 0,3 % v SS) (slika 5).

Koncentracija taninov v vzorcih navadne ajde (vzorec D) in tatarske ajde (vzorec T1) narašča od nizke granulacije mok (frakcija F₁₁) proti višjim granulacijam mok (frakcija F₂₁), nato pa se v frakciji otrobov in luščin z granulacijo nad 1000 μm (F₂₂) vsebnost taninov zniža (preglednica 11).

Vsebnost taninov je v frakciji otrobov in luščin navadne ajde (D F₂₂) 5-krat višja kot vsebnost taninov v fini beli moki (D F₁₁). Vsebnost taninov je v frakciji otrobov in luščin tatarske ajde (T1 F₂₂) 3-krat večja kot vsebnost taninov v beli moki (T1 F₁₁) (preglednica 11).

VSEBNOST FLAVONOIDOV IN TANINOV V TESTIH IZ AJDOVIH MOK V ODVISNOSTI OD ČASA

Preučevali smo koncentracije flavonoidov in taninov v testih iz mlevskih frakcij tatarske ajde (vzorca T1 in T2) ter navadne ajde (D) po 5 minutah (0,08 h), 30 minutah (0,5 h), eni uri (1 h), dveh urah (2), 4 urah (4), 8 urah (8), 12 urah (12) in 24 urah (24) ob dodatku vode in pripravi testa. Iz vzorcev mlevskih frakcij smo zamesili testo iz moke in vodovodne vode ter v testu opazovali spremembe v zgoraj navedenih časih, tako da smo testa pustili počivati določen čas pri

Preglednica 12: Primerjava koncentracij flavonoidov v mlevskih frakcijah ter v testih tatarske in navadne ajde (T1, T2, D) po 5-ih minutah stika z vodo in po 24-ih urah stika moke z vodo

Table 12: Comparison of flavonoid concentrations in milling fractions of Tartary and common buckwheat (T1, T2, D) and in milling fractions with added water after 5 minutes and after 24 hours of flour-water contact

Ajda - mlevska frakcija Čas stika z vodo	% flavonoidov/SS		
	t0=moka	t5min=testo	t24h=testo
T1 F ₁₁	0,7089	1,4444	1,1121
T1 F ₁₂	4,4704	4,7661	4,3106
T1 F ₂₁	3,5415	4,2618	3,5511
T1 F ₂₂	0,1781	0,1783	0,0622
D F ₁₁	0,0149	0,0167	0,0057
D F ₁₂	0,0431	0,0848	0,0419
D F ₂₁	0,0508	0,0884	0,0688
D F ₂₂	0,0547	0,0712	0,0548
T2 F ₁	0,9157	1,2258	0,9545
T2 F ₁₁	0,2432	0,3630	0,1988
T2 F ₁₂	1,0108	2,6391	2,0631

D - navadna ajda (vzorec D)

T1 - tatarska ajda (vzorec T1)

F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo $\leq 100 \mu\text{m}$

F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo $100 \mu\text{m} < x \leq 236 \mu\text{m}$

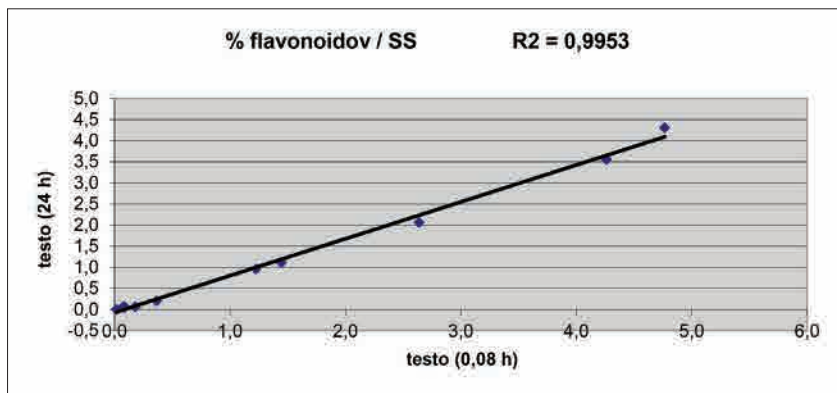
F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo $> 236 \mu\text{m} < x \leq 1000 \mu\text{m}$

F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo $> 1000 \mu\text{m}$ ter otrobi in luščine

T2 F₁ - moka iz tatarske ajde (pridobljen vzorec)

T2 F₁₁ - moka iz tatarske ajde z granulacijo $\leq 100 \mu\text{m}$

T2 F₁₂ - moka iz tatarske ajde z granulacijo $> 100 \mu\text{m}$

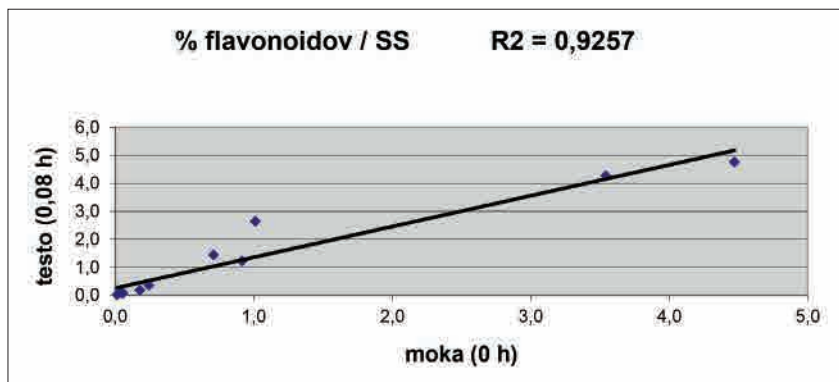


Slika 6: Linearna povezava med vsebnostjo flavonoidov v testu po 5 minutah in po 24 urah
Figure 6: Linear correlation between flavonoid content in dough after 5 minutes and after 24 hours

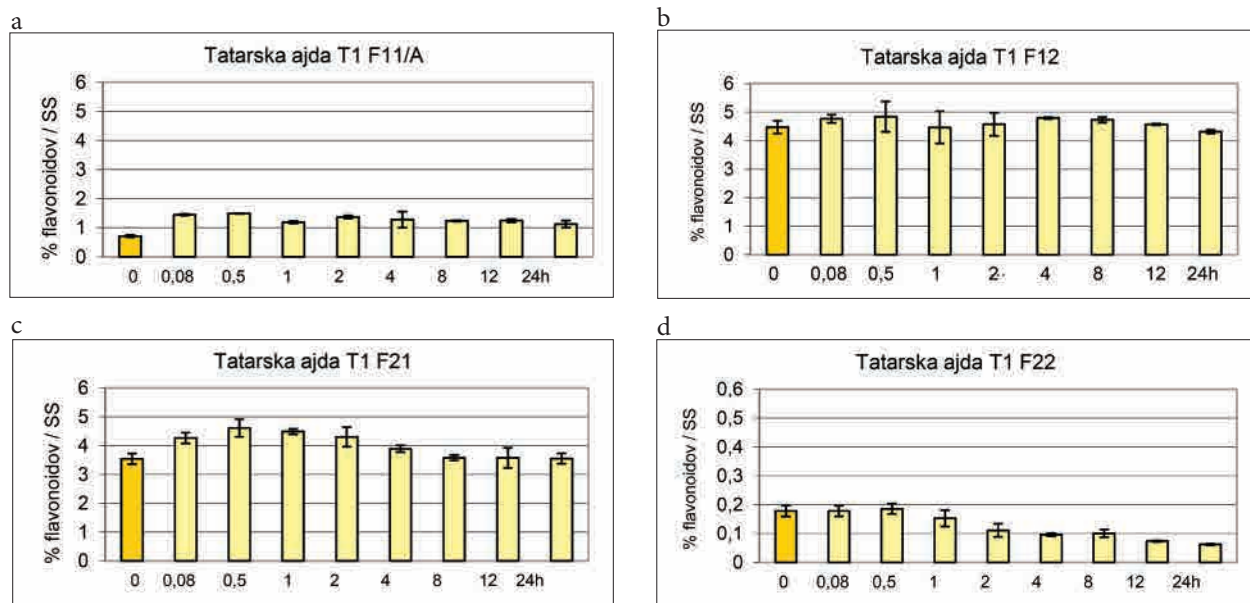
sobni temperaturi. Nato smo vzorce zamrznili s šokom pri $-35 \text{ }^\circ\text{C}$ do $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ za 30 minut ter jih v nadaljevanju hranili zamrznjene pri temperaturi $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ do $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ približno en mesec. Vzorce smo liofilizirali, nato pa zmleli in v taki obliki shranili za nadaljnje analize.

Rezultati vsebnosti flavonoidov v testih iz ajdove moke v odvisnosti od časa

Preučevali smo vsebnost flavonoidov v testih iz mlevskih frakcij tatarske in navadne ajde (vzorci T1, T2, D) po 5 minutah in po 24 urah stika z vodo (preglednica 12; slika 6).



Slika 7: Linearna povezava med vsebnostjo flavonoidov v moki in v testu po 5 minutah stika moke z vodo
Figure 7: Linear correlation between flavonoid content in flour and in dough after 5 minutes of flour-water contact



T1 F₁₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo $\leq 100 \mu\text{m}$
T1 F₁₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo $100 \mu\text{m} < x \leq 236 \mu\text{m}$
T1 F₂₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo $236 \mu\text{m} < x \leq 1000 \mu\text{m}$
T1 F₂₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo $> 1000 \mu\text{m}$ ter otrobi in luščine
0,08 - 5 minut; 0,5 - 30 minut, 1 - ena ura; 2,4,8,12,24 - dve, štiri, osem, dvanajst in 24 ur stika moke z vodo
A - 2 ponovitvi; ponovitev A izbrana za grafično predstavitev

Slika 8: Koncentracije flavonoidov v testih iz mlevskih frakcij tatarske ajde (T1) v 24 urah
Figure 8: Flavonoid concentrations in dough from different milling fractions of Tartary buckwheat (T1) over a 24-hour time period

Ugotovili smo, da obstaja linearna odvisnost med vsebnostjo flavonoidov v testu po 5 minutah in v testu po 24 urah ($r^2 = 0,9953$; $p < 0,05$; $y = -0,0733 + 0,8739x$). Koncentracija flavonoidov je po 24 urah počivanja testa vedno nižja kot po 5 minutah stika moke z vodo (slika 6).

Primerjali smo tudi izhodiščne koncentracije flavonoidov v mlevskih frakcijah (mokah oz. otrobih in

luščinah) s koncentracijami v testih po 5 minutah od priprave testa (5 minut stika moke z vodo) ter ugotovili linearno odvisnost ($r^2 = 0,9257$; $p < 0,05$; $y = 0,2524 + 1,1007x$). Vsebnost flavonoidov v testu (po 5 minutah stika moke z vodo) je vedno višja kot je vsebnost flavonoidov v moki, preden dodamo vodo (slika 7).

Vsebnost flavonoidov v testih iz mlevskih frakcij tatarske ajde – vzorec T1

Vsebnost flavonoidov ob dodatku vode moki že po 5-ih minutah naraste v vseh mlevskih frakcijah (T1 F₁₁, T1 F₁₂, T1 F₂₁, T1 F₂₂), nato pa v 24-urnem stiku z vodo vsebnost flavonoidov z manjšimi nihanji postopno pada (slika 8).

Koncentracija flavonoidov v mlevski frakciji T1 F₁₁ (fina bela moka z granulacijo do vključno 100 µm) naraste v 5-30 minutah stika moka z vodo iz začetnih 0,7 % na 1,4 % flavonoidov v SS (preglednica 13). Po eni uri koncentracija flavonoidov začne postopoma padati, po 24-ih urah je v testu še 1,11 % flavonoidov na SS, kar je višja vsebnost flavonoidov kot v izhodiščnem vzorcu moka pred dodatkom vode (preglednica 13; slika 8).

Vsebnost flavonoidov v mlevski frakciji T1 F₁₂ (z granulacijo nad 100 do vključno 236 µm) naraste v 5-30 minutah stika moka z vodo iz začetnih 4,5 % na 4,8 % flavonoidov v SS (preglednica 13). Po eni uri vsebnost flavonoidov začne postopoma padati, po 24

urah je vsebnost flavonoidov v testu še 4,3 % v SS, kar je nižja vsebnost kot v izhodiščnem vzorcu moka pred dodatkom vode (preglednica 13; sliki 8 in 9).

Vsebnost flavonoidov v mlevski frakciji tatarske ajde T1 F₂₁ naraste v 5 minutnem stiku z vodo iz začetnih 3,5 % na 4,3 % flavonoidov v SS (preglednica 13). Koncentracija flavonoidov še nekoliko naraste tudi po 30-ih minutah (slika 8c). Sledi postopno padanje koncentracije flavonoidov v testu, po 24-ih urah je koncentracija flavonoidov v testu 3,5 % v SS, kar je enaka količina kot v izhodiščnem vzorcu moka pred dodatkom vode (preglednica 13; slika 8).

Vsebnost flavonoidov v frakciji otrobov in luščin T1 F₂₂ (z granulacijo nad 1000 µm) rahlo naraste v 5-30 minutah stika luščin in otrobov z vodo iz začetnih 0,18 % na 0,19 % flavonoidov v SS (preglednica 13). Po 5-ih minutah stika otrobov in luščin z vodo koncentracija flavonoidov ostane skoraj nespremenjena in je okoli 0,18 % v SS (slika 8). Nato koncentracija flavonoidov postopno pada, po 24-ih urah je le še 0,06 % v SS, kar je manj kot v izhodiščnem vzorcu pred dodatkom vode (preglednica 13; sliki 8 in 9).

Preglednica 13: Primerjava koncentracij flavonoidov v mlevskih frakcijah tatarske ajde (T1) in v testih po 5-ih minutah in po 24-ih urah stika moka z vodo

Table 13: Comparison of flavonoid content in milling fractions of Tartary buckwheat (T1) and in milling fractions with added water after 5 minutes and after 24 hours of flour-water contact

Vzorec	Flavonoidi		
	Mlevska frakcija	Testo (moka in voda) 0,08 h (5 min)	Testo (moka in voda) 24 h
	%/SS ± MN	%/SS ± SD	%/SS ± SD
T1 F ₁₁	0,709 ± 0,040	1,444 ± 0,031	1,112 ± 0,122
T1 F ₁₂	4,470 ± 0,226	4,766 ± 0,143	4,311 ± 0,070
T1 F ₂₁	3,542 ± 0,184	4,262 ± 0,187	3,551 ± 0,181
T1 F ₂₂	0,178 ± 0,019	0,178 ± 0,019	0,062 ± 0,003

T1 F₁₁ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo ≤ 100 µm

T1 F₁₂ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo 100 µm < x ≤ 236 µm

T1 F₂₁ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo 236 µm < x ≤ 1000 µm

T1 F₂₂ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo > 1000 µm ter otrobi in luščine

MN - merilna negotovost

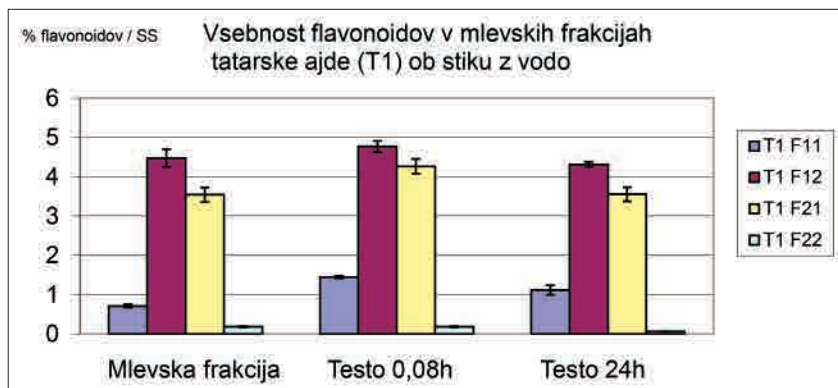
SD - standardni odklon

SS - suha snov

Med ponovitvama T1 F₁₁/A in T1 F₁₁/B, ki sta bili izvedeni v različnih dnevih neodvisno druga od druge, po 5 minutah in po 24-ih urah stika moka z vodo ni bistvene razlike v koncentraciji flavonoidov (na začetku okoli 1,4 % v SS, na koncu postopka pa okoli 1,1 % v SS).

Vsebnost flavonoidov v testih iz mlevskih frakcij navadne ajde – vzorec D

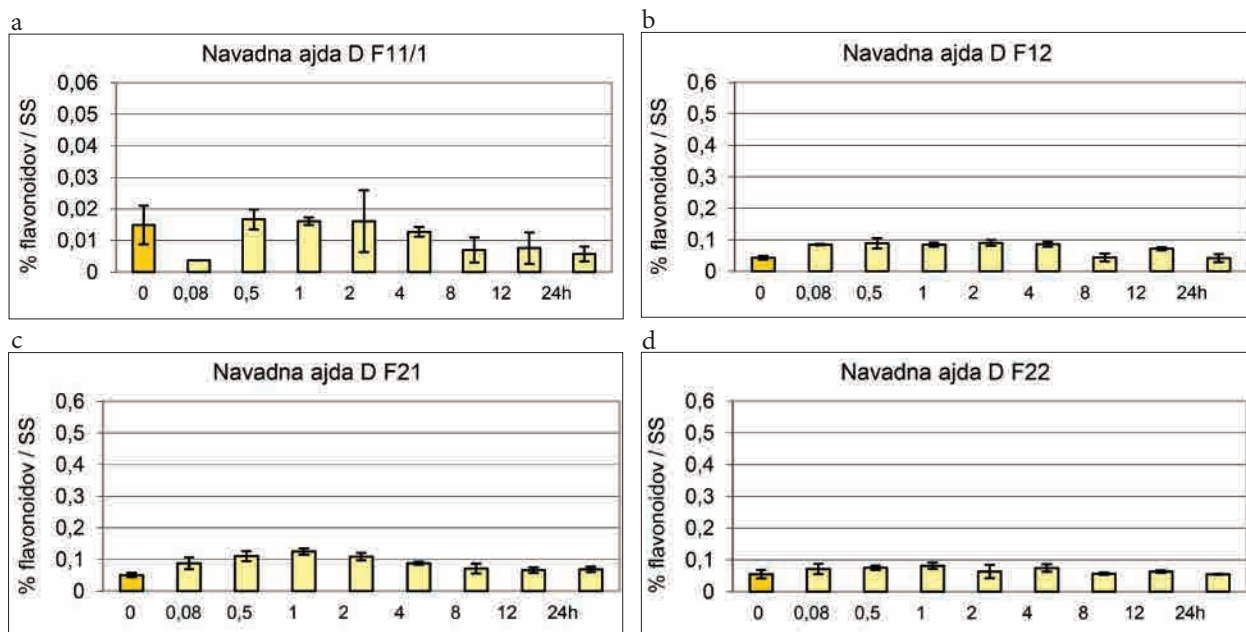
Koncentracije flavonoidov v mlevskih frakcijah navadne ajde so izjemno nizke, blizu meje določljivosti. Ob dodatku vode moki se po 30-ih minutah kaže težnja rahlega dviga koncentracije flavonoidov v vseh frakcijah mok (D F₁₁, D F₁₂, D F₂₁, D F₂₂), nato koncentracija



T1 F₁₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 μm
 T1 F₁₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm
 T1 F₂₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 236 μm < x ≤ 1000 μm
 T1 F₂₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 1000 μm ter otrobi in luščine

Slika 9: Primerjava vsebnosti flavonoidov v mlevskih frakcijah tatarske ajde (T1) ter v testih po 5-ih minutah in po 24-ih urah stika moke z vodo

Figure 9: Comparison of flavonoid content in milling fractions of Tartary buckwheat (T1) and in dough after 5 minutes and after 24 hours of flour-water contact



D F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 μm
 D F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm
 D F₂₁ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 236 μm < x ≤ 1000 μm
 D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 1000 μm ter otrobi in luščine
 0,08 - 5 minut; 0,5 - 30 minut; 1 - ena ura; 2,4,8,12,24 - dve, štiri, osem, dvanajst in 24 ur stika moke z vodo

Slika 10: Koncentracije flavonoidov v testih iz mlevskih frakcij navadne ajde (D) v časovnem obdobju 24 ur

Figure 10: Flavonoid concentrations in dough from different milling fractions of common buckwheat (D) over a 24-hour time period

flavonoidov v obdobju 24-urnega počivanja testa postopno pada (slika 10).

Vsebnost flavonoidov v beli moki navadne ajde (frakcija D F₁₁) je bistveno nižja kot v tatarski ajdi. V mlevski frakciji D F₁₁ vsebnost flavonoidov rahlo naraste v 5-30 minutah stika moke z vodo iz začetnih 0,015 % na 0,017 % flavonoidov v SS. Po eni uri začne koncentracija flavonoidov postopoma padati, po 24-ih urah je le še 0,003 % v SS, kar je bistveno nižja vsebnost kot je v izhodiščnem vzorcu moke brez vode in na meji določljivosti (preglednica 14; sliki 10 in 11).

Koncentracija flavonoidov v mlevskih frakcijah D F₁₂, D F₂₁, D F₂₂ naraste v 5-30 minutah stika moke z vodo, nato pa koncentracija flavonoidov v obdobju 24 ur v testu postopno pada (preglednica 14; slika 10 in 11).

Vsebnost flavonoidov v moki mlevske frakcije D F₁₂ je bistveno nižja kot v primerljivi frakciji tatarske

ajde. Koncentracija flavonoidov naraste v 5-30 minutah stika moke z vodo iz začetnih 0,04 % na 0,09 % flavonoidov v SS. Po eni uri koncentracija flavonoidov začne postopoma padati, po 24-ih urah je v testu le še 0,04 % flavonoidov. Tudi v mlevski frakciji D F₂₁ vsebnost flavonoidov naraste v 5-30 minutah stika moke z vodo iz začetnih 0,05 % na 0,09 % flavonoidov v SS. Po eni uri vsebnost flavonoidov začne postopoma padati, po 24 urah je še 0,07 % flavonoidov, kar je višja vsebnost kot je vsebnost v izhodiščni moki brez vode (preglednica 14; slika 10).

V frakciji otrobov in luščin (D F₂₂) vsebnost flavonoidov v 5-30 minutah stika z vodo naraste iz začetnih 0,06 % na 0,07 % flavonoidov v SS. Po eni uri vsebnost flavonoidov začne postopoma padati, po 24 urah je v testu le še 0,027 % flavonoidov v SS (preglednica 14).

Preglednica 14: Primerjava koncentracij flavonoidov v mlevskih frakcijah navadne ajde (D) ter v testih po 5-ih minutah in po 24-ih urah stika moke z vodo

Table 14: Comparison of flavonoid concentrations in milling fractions of common buckwheat (D) and in milling fractions with added water after 5 minutes and after 24 hours of flour-water contact

Vzorec	Flavonoidi		
	Mlevska frakcija	Testo (moka in voda) 0,08 h (5 min)	Testo (moka in voda) 24 h
	%/SS ± MN	%/SS ± SD	%/SS ± SD
D F ₁₁	0,015 ± 0,006	0,017 ± 0,003*	0,006 ± 0,002
D F ₁₂	0,043 ± 0,006	0,085 ± 0,002	0,042 ± 0,013
D F ₂₁	0,051 ± 0,007	0,088 ± 0,019	0,069 ± 0,008
D F ₂₂	0,055 ± 0,013	0,071 ± 0,016	0,055 ± 0,002

* 0,5 h

D F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 μm

D F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 236 μm < x ≤ 1000 μm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo >1000 μm ter otrobi in luščine

MN - merilna negotovost

SD - standardni odklon

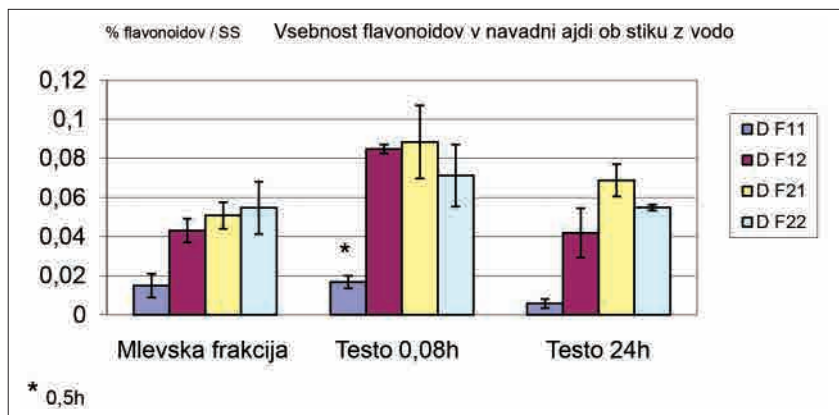
SS - suha snov

Vsebnost flavonoidov v testih iz moke tatarske ajde – vzorec T2

Ob stiku moke z vodo opazamo v moki T2 F₁ ter v obeh podfrakcijah T2 F₁₁ in T2 F₁₂ porast vsebnosti flavonoidov (do 50 %) v primerjavi z začetnimi vzorci mok brez dodane vode. Po pol ure sledi rahlo in postopno padanje koncentracije flavonoidov v testu, ki traja celotno obdobje opazovanja (24 ur). Vsebnost flavonoidov v testu po 24-ih urah je v frakciji T2 F₁ približno enaka kot v vzorcu moke pred obdelavo z vodo, medtem ko so rezultati koncentracij flavonoidov v podfrakcijah T2 F₁₁ in T2 F₁₂ drugačni. Koncentracija fla-

vonoidov v testu po 24-ih urah je v frakciji T2 F₁₁ nekoliko nižja v primerjavi z vzorcem moke pred obdelavo z vodo, koncentracija flavonoidov v testu v frakciji T2 F₁₂ pa je po 24-ih urah bistveno višja (za okoli 100 %) kot v istem vzorcu moke pred obdelavo z vodo (slika 13).

Vzorec moke tatarske ajde T2 F₁ vsebuje 0,9 % flavonoidov v SS, vsebnost flavonoidov v testu po 5-ih minutah stika z vodo pa naraste na 1,1–1,2 %. Koncentracija flavonoidov ostane približno enaka tudi po 30-ih minutah. Nato prične koncentracija flavonoidov postopno padati in je po 24-ih urah med 0,9 % in 1 % (preglednica 15; sliki 12 in 13).



* 0,5 h

D F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo ≤ 100 μm

D F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm

D F₂₁ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo > 236 μm < x ≤ 1000 μm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo >1000 μm ter otrobi in luščine

Slika 11: Primerjava vsebnosti flavonoidov v mlevskih frakcijah navadne ajde (D) ter v testih po 5-ih minutah in po 24-ih urah stika moka z vodo

Figure 11: Comparison of flavonoid content in milling fractions of common buckwheat (D) and in dough after 5 minutes and after 24 hours of flour-water contact

Preglednica 15: Primerjava koncentracij flavonoidov v moki tatarske ajde (T2) in njenih podfrakcijah ter v testih po 5-ih minutah in po 24-ih urah stika moka z vodo

Table 15: Comparison of flavonoid concentrations in Tartary buckwheat flour (T2) and in dough after 5 minutes and after 24 hours of flour-water contact

Vzorec	Flavonoidi		
	Mlevska frakcija	Testo (moka in voda) 0,08 h (5 min)	Testo (moka in voda) 24 h
	%/SS ± MN	%/SS ± SD	%/SS ± SD
T2 F ₁	0,916 ± 0,080	1,226 ± 0,045	0,955 ± 0,038
T2 F ₁₁	0,243 ± 0,008	0,363 ± 0,019	0,199 ± 0,070
T2 F ₁₂	1,011 ± 0,037	2,639 ± 0,133	2,063 ± 0,153

T2 F₁ - moka iz tatarske ajde (pridobljen vzorec)

T2 F₁₁ - moka iz tatarske ajde z granulacijo ≤ 100 μm

T2 F₁₂ - moka iz tatarske ajde z granulacijo >100 μm

MN - merilna negotovost; SD - standardna odklon; SS - suha snov

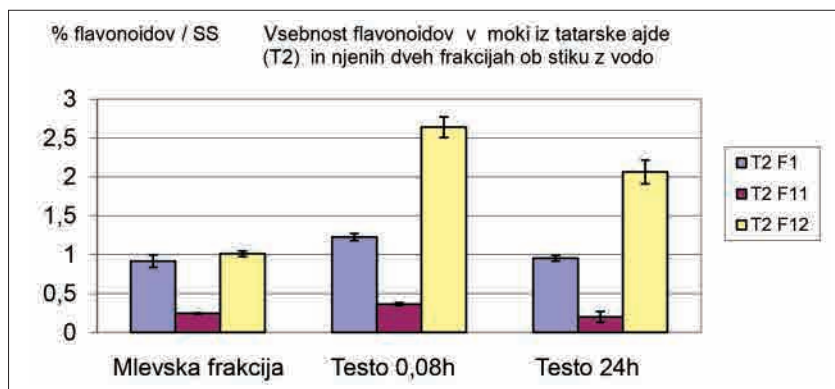
Vsebnost flavonoidov v testih iz tatarske ajde (vzorec T2) ob dodajanju manjše in večje količine vode

Moka iz tatarske ajde (T2 F₁) vsebuje okoli 0,9 % flavonoidov v SS, testo iz te moka pa vsebuje v opazovanem časovnem obdobju med 0,86 in 1,6 % flavonoidov. Pri povečanju količine vode na dvojno količino je koncentracija flavonoidov v testu od 0,8 do 1,2 % flavonoidov v SS. Med vzorcema v vsebnosti flavonoidov ni bistvenih razlik ne glede na dodano količino vode in čas

stika moka in vode. Končna vsebnost po 24-ih urah je v obeh poskusih približno enaka ter enaka tudi začetni vrednosti pred poskusom (okoli 0,9 %) (slika 14).

Vsebnost taninov v testih iz mlevskih frakcij tatarske in navadne ajde

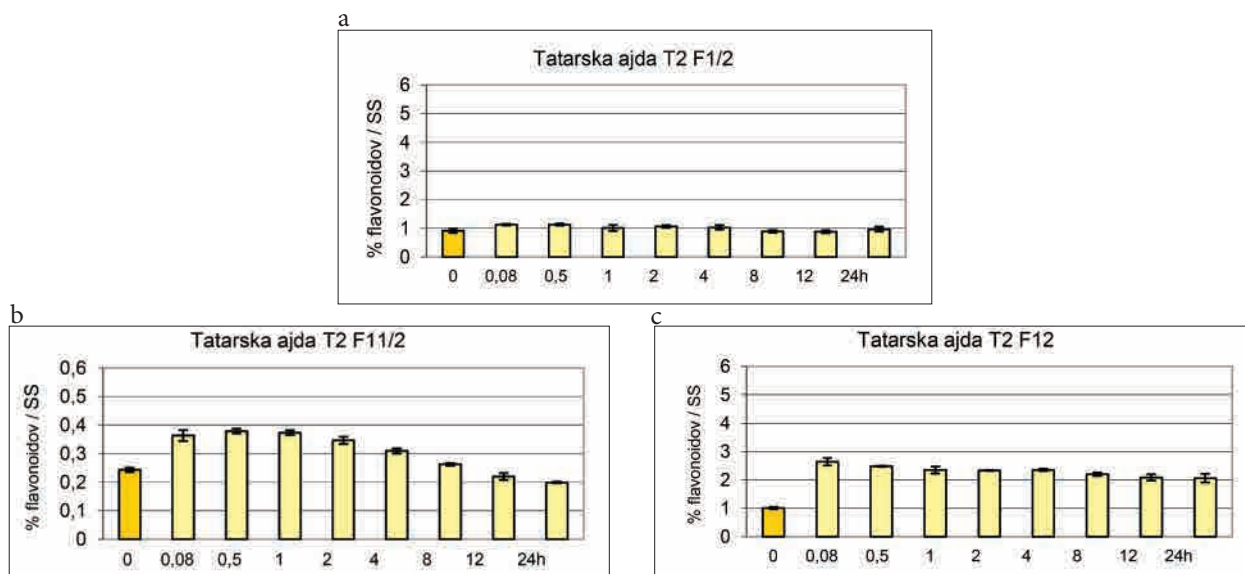
V času 24 ur smo preučevali vsebnost taninov v testih iz mlevskih frakcij tatarske in navadne ajde (vzorci T1, T2 in D).



T2 F₁ - moka iz tatarske ajde (pridobljen vzorec)
 T2 F₁₁ - moka iz tatarske ajde z granulacijo ≤ 100 μm
 T2 F₁₂ - moka iz tatarske ajde z granulacijo >100 μm

Slika 12: Primerjava vsebnosti flavonoidov v moki tatarske ajde T2 in njenih podfrakcijah ter v testih po 5-ih minutah in po 24-ih urah stika moke z vodo

Figure 12: Comparison of flavonoid concentrations in Tartary buckwheat flour (T2) and in dough after 5 minutes and after 24 hours of flour-water contact



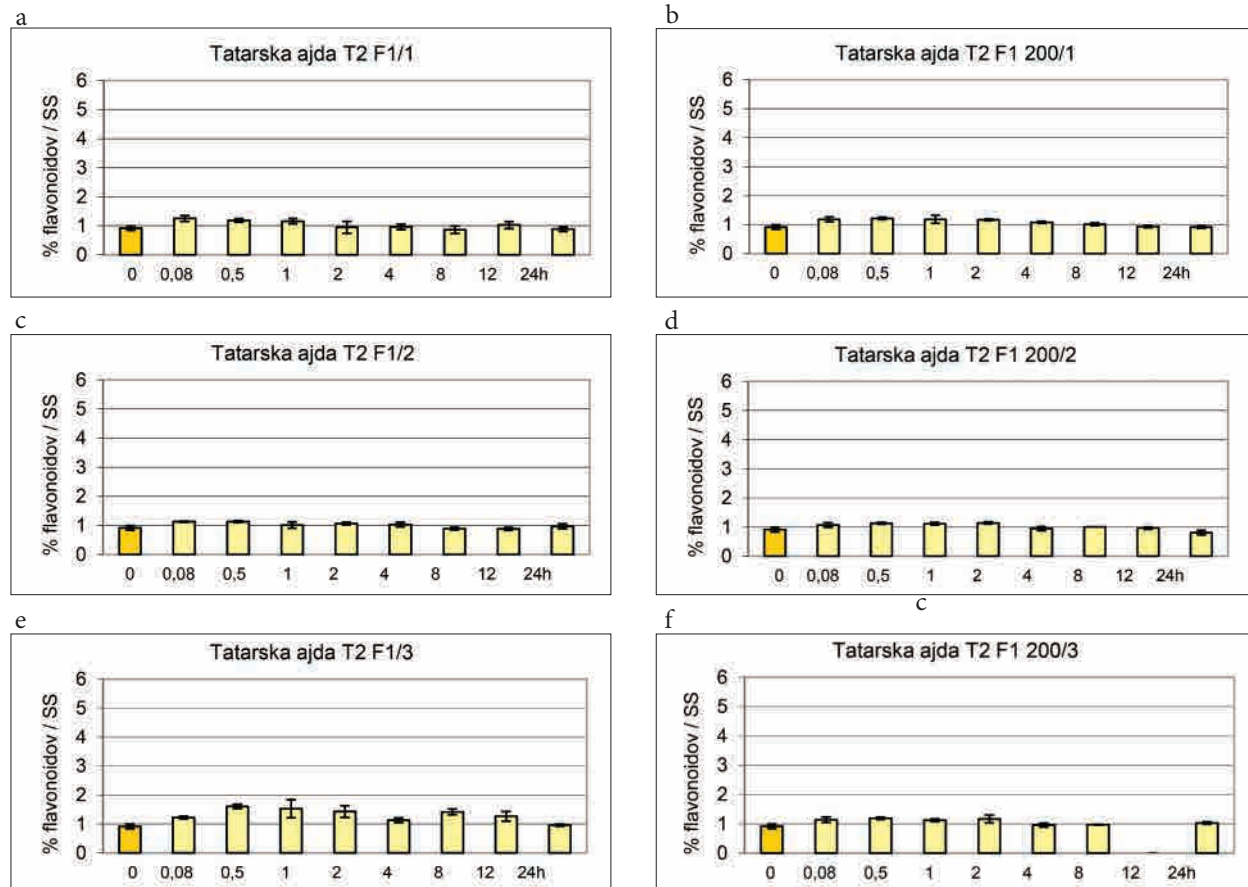
T2 F₁ - moka iz tatarske ajde (pridobljen vzorec)
 T2 F₁₁ - moka iz tatarske ajde z granulacijo ≤ 100 μm
 T2 F₁₂ - moka iz tatarske ajde z granulacijo >100 μm
 T2 F₁ /1 in T2 F₁ /2 - dve ponovitvi istega vzorca (T2 F₁ /2 - izbrana za grafično predstavitev)
 T2 F₁₁ /1 in TF F₁₁ /2 - dve ponovitvi istega vzorca (TF F₁₁ /2 - izbrana za grafično predstavitev)
 0,08 - 5 minut; 0,5 - 30 minut, 1- ena ura; 2,4,8,12,24 - dve, štiri, osem, dvanajst in 24 ur stika moke z vodo

Slika 13: Koncentracije flavonoidov v testih iz tatarske ajde (T2) v 24 urah

Figure 13: Flavonoids concentrations in dough from Tartary buckwheat flour (T2) over a 24-hour time period

Običajna količina dodane vode za pripravo srednje trdega testa (3 ponovitve)

Dvojna količina dodane vode za pripravo srednje mehkega testa (3 ponovitve)



T2 F₁ - moka iz tatarske ajde iz Luksemburga - pridobljen vzorec (običajna količina vode za testo)

T2 F_{1 200} - moka iz tatarske ajde iz Luksemburga (dvojna količina vode za testo)

0,08 - 5 minut; 0,5-30 minut, 1 - ena ura; 2,4,8,12,24 - dve, štiri, osem, dvanajst in 24 ur stika moke z vodo

T2 F_{1/1,2,3} ter T2 F_{1 200/1,2,3} - 3 ponovitve

Slika 14: Koncentracije flavonoidov v mokah in testih iz tatarske ajde (T2) z dodano enojno in dvojno količino vode v treh ponovitvah

Figure 14: Flavonoids concentrations in Tartary buckwheat flour and in dough (T2) with different volume of added water (3 repetitions)

Vsebnost taninov v testih iz mlevskih frakcij tatarske ajde - vzorec T1

Koncentracija taninov ob dodatku vode moki že po 5-ih minutah naraste v frakcijah mok (T1 F₁₁, T1 F₁₂, T1 F₂₁) lahko tudi za 250 %, nato pa v vseh frakcijah postopno pada v preiskovanem obdobju 24 ur. Le v frakciji T1 F₂₂, ki vsebuje pretežno otrobe in luščine, vsebnost taninov ob dodatku vode vseh 24 ur počasi pada (preglednica 16; slika 15).

Koncentracija taninov v frakciji T1 F₁₁ je nizka, saj gre za fino belo moko z nizko granulacijo delcev, pridobljeno iz centralnega endosperma zrn. Koncentracija taninov v beli tatarski moki z granulacijo do vključno 100 μm (frakcija T1 F₁₁) naraste v 5-minutnem stiku z vodo iz začetnih 0,09 % taninov na 0,16 % taninov v SS. V času 24 ur se koncentracija taninov v testu iz tatarske moke le rahlo spreminja, končna koncentracija taninov v testu po 24 urah je 0,14 % taninov v SS. V vsaki ponovitvi se rezultati med seboj nekoliko razlikujejo (preglednica 16; slika 15a).

V frakciji T1 F₁₂ (brez dodane vode) je vsebnost taninov v SS okoli 0,14 %. Po 5-ih minutah stika moke z vodo vsebnost taninov naraste na 0,5 % taninov. Po 24-ih urah je vsebnost taninov v testu okoli 0,35 % in je nižja kot po 5-ih minutah po pripravi testa (preglednica 16; slika 15b).

Vsebnost taninov v suhi snovi v mlevski frakciji T1 F₂₁ (brez dodane vode) je 1,2 %. Koncentracija taninov ob dodatku vode v frakciji T1 F₂₁ ostaja približno enaka kot pred dodajanjem vode in sicer 1,2 do 1,5 % taninov/SS, kar je visoka vrednost (preglednica 16; sliki 15c in 16).

Vsebnost taninov v frakciji otrobov in luščin tatarske ajde (vzorec T1) z granulacijo nad 1000 µm (frakcija T1 F₂₂) se zniža v 5-minutnem stiku z vodo iz začetnih 0,3 % na 0,2 % taninov v SS. Vsebnost taninov se po 24-ih urah stika z vodo še dodatno znižuje (le še 0,1 % taninov/SS) (preglednica 16; slika 16).

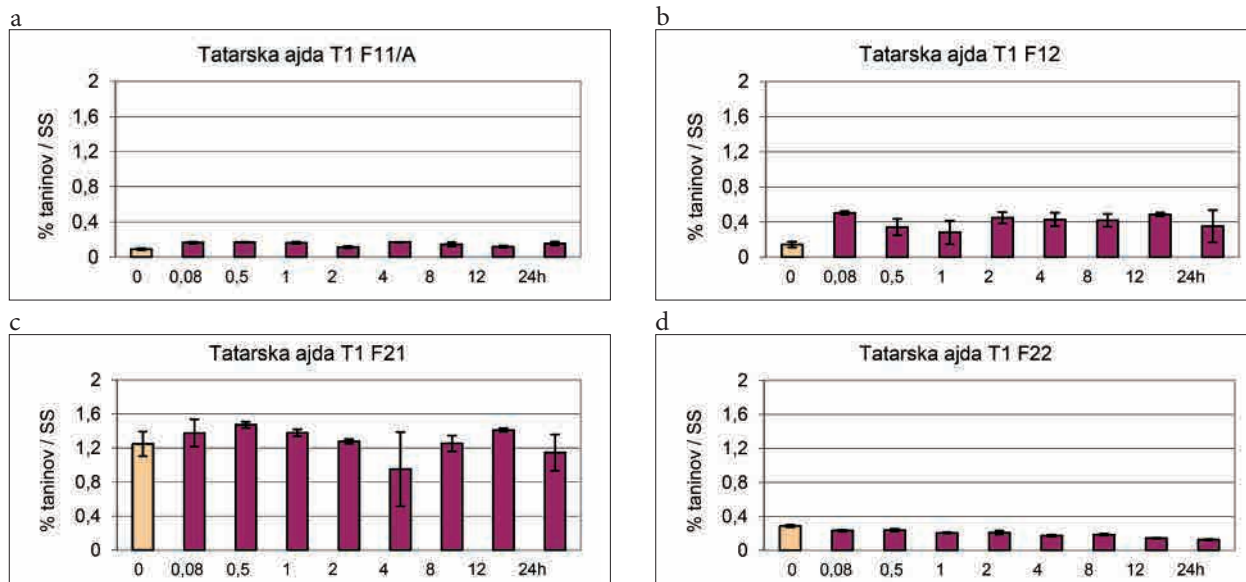
Med ponovitvama, ki sta bili izvedeni v različnih časovnih obdobjih s frakcijo T1 F₁₁, na začetku poskusa (po 5-ih minutah) in na koncu poskusa (po 24-ih urah), ni bistvene razlike v vsebnosti taninov (na za-

četku 0,16 % taninov/SS, na koncu postopka pa okoli 0,13 do 0,15 % taninov/SS).

Vsebnost taninov v testih iz mlevskih frakcij navadne ajde – vzorec D

Količina taninov v testih narejenih z navadno ajdovo moko niha. Vsebnost taninov ob dodatku vode moki po 5-ih minutah naraste v vseh mlevskih frakcijah (D F₁₁, D F₂₁, D F₁₂ in D F₂₂), nato pa v obdobju 24-ih ur vsebnost taninov pade v treh od štirih frakcij (D F₁₁, D F₁₂ in D F₂₂) (preglednica 31; slika 35). Ugotavljamo slabo ponovljivost paralelk, tudi standardni odkloni so visoki (preglednica 17; slika 17), zato je preučevanje njihaj težko.

Vsebnost taninov v beli moki iz navadne ajde z granulacijo do vključno 100 µm (frakcija T1 F₁₁) naraste v 5-minutah stika z vodo iz začetnih 0,06 % taninov/SS na 0,09 % taninov/SS. Po 24-ih urah je vsebnost taninov manjša (0,07 %) v primerjavi z vsebnostjo taninov v testu po 5-ih minutah (preglednica 17; slika 18a).



T1 F₁₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 µm

T1 F₁₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 µm < x ≤ 236 µm

T1 F₂₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 236 µm < x ≤ 1000 µm

T1 F₂₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 1000 µm ter otrobi in luščine

0,08 - 5 minut; 0,5 - 30 minut; 1 - ena ura; 2,4,8,12,24 - dve, štiri, osem, dvanajst in 24 ur stika moke z vodo

A, B - ponovitev v različnih dnevih (grafična predstavitev - ponovitev A)

Slika 15: Koncentracije taninov v testih iz mlevskih frakcij tatarske ajde (T1) v 24 urah

Figure 15: Tannins concentrations in dough from different milling fractions of Tartary buckwheat (T1) in over a 24-hour time period

Preglednica 16: Primerjava koncentracij taninov v mlevskih frakcijah tatarske ajde (T1) ter v testih po 5-ih minutah in po 24-ih urah stika moka z vodo

Table 16: Comparison of tannin concentrations in milling fractions of Tartary buckwheat (T1) and in milling fractions with added water after 5 minutes and after 24 hours of flour-water contact

Vzorec	Tanini		
	Mlevska frakcija	Testo (moka in voda) 0,08 h (5 min)	Testo (moka in voda) 24 h
	%/SS ± MN	%/SS ± SD	%/SS ± SD
T1 F ₁₁	0,089 ± 0,009	0,163 ± 0,011	0,153 ± 0,021
T1 F ₁₂	0,141 ± 0,033	0,502 ± 0,019	0,352 ± 0,184
T1 F ₂₁	1,248 ± 0,144	1,376 ± 0,161	1,146 ± 0,214
T1 F ₂₂	0,286 ± 0,014	0,230 ± 0,011	0,125 ± 0,008

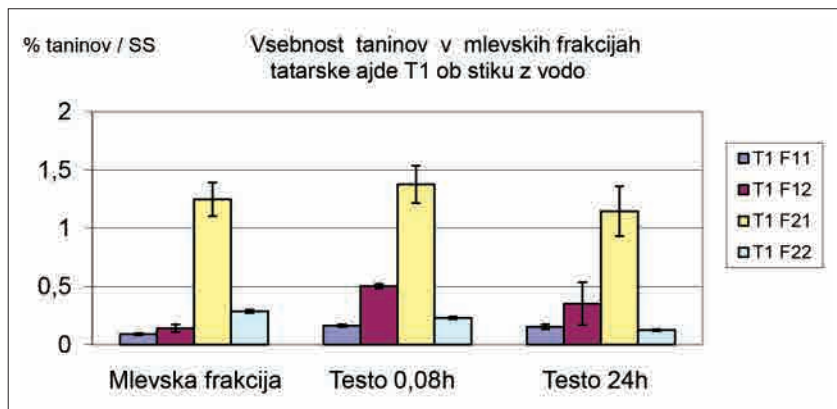
T1 F₁₁ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo ≤ 100 μm

T1 F₁₂ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm

T1 F₂₁ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo 236 μm < x ≤ 1000 μm

T1 F₂₂ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo > 1000 μm ter otrobi in luščine

MN - merilna negotovost; SD - standardni odklon; SS - suha snov



T1 F₁₁ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo ≤ 100 μm

T1 F₁₂ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm

T1 F₂₁ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo 236 μm < x ≤ 1000 μm

T1 F₂₂ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo > 1000 μm ter otrobi in luščine

Slika 16: Primerjava vsebnosti taninov v mlevskih frakcijah tatarske ajde (T1) ter v testih po 5-ih minutah in po 24-ih urah stika moka z vodo

Figure 16: Comparison of tannin content in milling fractions of Tartary buckwheat (T1) and in dough after 5 minutes and after 24 hours of flour-water contact

Podobni procesi so tudi v frakciji F₁₂, ne pa tudi v frakciji D F₂₁. V frakciji D F₁₂ je koncentracija taninov v vzorcu brez dodane vode 0,4 % taninov v SS, ob dodatku vode po 5-ih minutah koncentracija rahlo naraste. Po 24-ih urah se vsebnost taninov zmanjša za okoli 60 % (preglednica 17; slika 18b). V frakciji D F₂₁ vsebnost taninov narašča celotno preiskovano obdobje 24

ur (od 0,8 % na 1,3 % taninov/SS) (preglednica 17; slika 17 in 18).

V frakciji D F₂₂ (pretežno otrobi in luščine) je koncentracija taninov po 24 urah nižja, kot je bila koncentracija taninov na začetku procesa (preglednica 17; slika 18d).

Preglednica 17: Primerjava koncentracij taninov v mlevskih frakcijah navadne ajde (D) ter v testih po 5-ih minutah in po 24-ih urah stika moke z vodo

Table 17: Comparison of tannin concentrations in milling fractions of common buckwheat (D) and in milling fractions with added water after 5 minutes and after 24 hours of flour-water contact

Vzorec	Tanini		
	Mlevska frakcija	Testo (moka in voda) 0,08 h (5 min)	Testo (moka in voda) 24 h
	%/SS ± MN	%/SS ± SD	%/SS ± SD
D F ₁₁	0,057 ± 0,007	0,094 ± 0,004	0,072 ± 0,006
D F ₁₂	0,407 ± 0,120	0,422 ± 0,005	0,158 ± 0,069
D F ₂₁	0,790 ± 0,189	1,135 ± 0,793	1,262 ± 0,094
D F ₂₂	0,305 ± 0,023	0,713 ± 0,734	0,186 ± 0,006

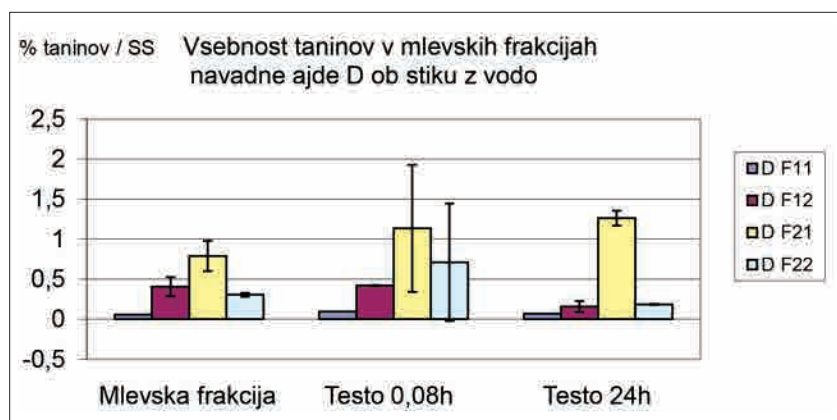
D F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 μm

D F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 236 μm < x ≤ 1000 μm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo >1000 μm ter otrobi in luščine

MN - merilna negotovost; SD - standardni odklon; SS - suha snov



D F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 μm

D F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 236 μm < x ≤ 1000 μm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo >1000 μm ter otrobi in luščine

Slika 17: Primerjava vsebnosti taninov v mlevskih frakcijah navadne ajde (D) ter v testih po 5-ih minutah in po 24-ih urah stika z vodo

Figure 17: Comparison of tannin content in milling fractions of common buckwheat (D) and in dough after 5 minutes and after 24 hours of flour-water contact

Vsebnost taninov v testih iz tatarske ajde – vzorec T2

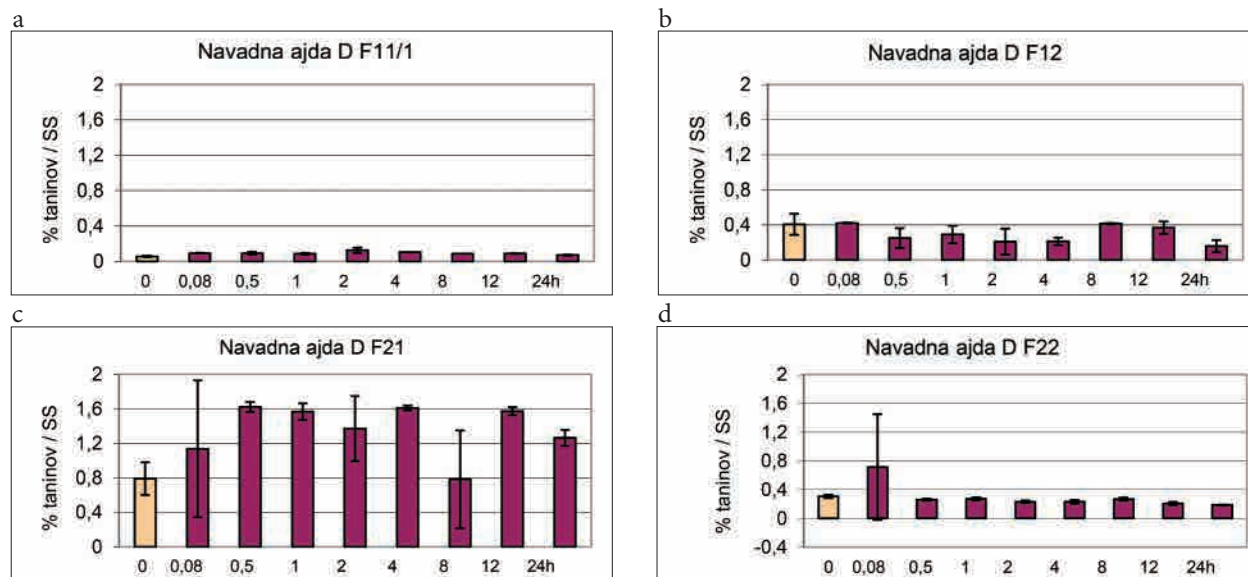
Ob presejanju moke T2 F₁ na dve podfrakciji T2 F₁₁ in T2 F₁₂ ugotavljamo, da je vsebnost taninov v frakciji T2 F₁₂ višja. Ta frakcija ima tudi višjo granulacijo delcev.

V vzorcu moke T2 F₁ je okoli 0,15 % taninov v SS. Vsebnost taninov v testu po 5-ih minutah stika z vodo je približno enaka kot pred dodajanjem vode moki. V obdobju 24 ur koncentracija taninov rahlo niha, a

ostaja skoraj nespremenjena (preglednica 18; sliki 19 in 20).

V testih podfrakcije T2 F₁₁ je od 0,05 % do 0,06 % taninov v SS. Ugotavljamo veliko variabilnost vzorcev pa tudi analitične razlike v povezavi z višjim standardnim odklonom (preglednica 18; slika 20).

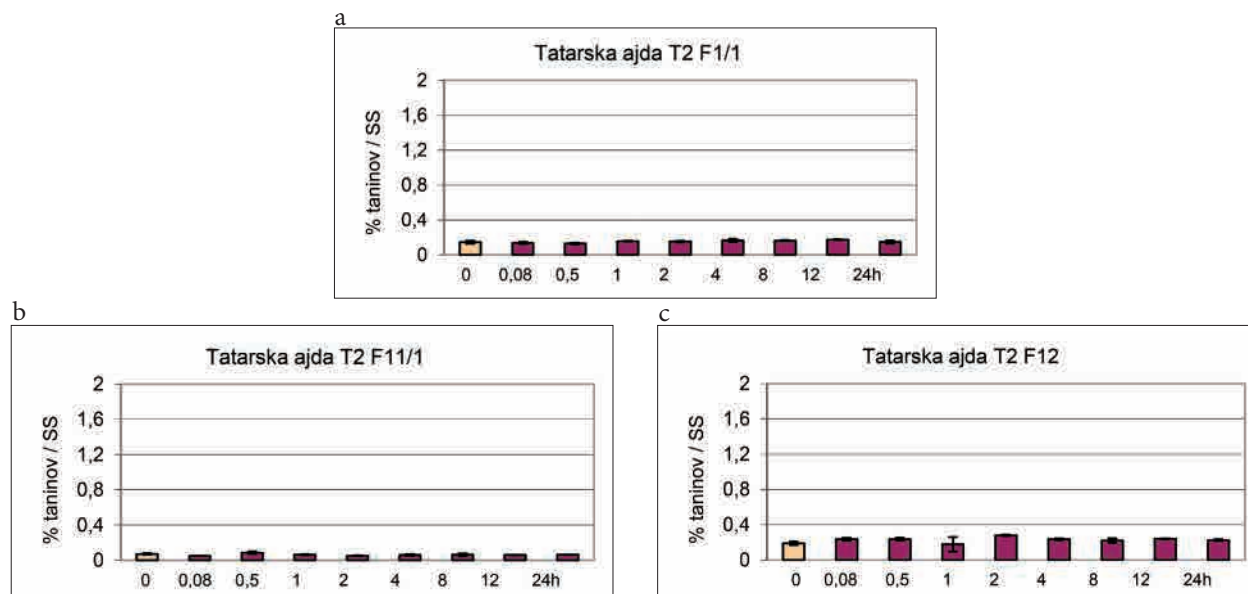
V testih frakcije T2 F₁₂ je vsebnost taninov okoli 0,2 % taninov v SS, približno enaka pa je koncentracija taninov tudi v mlevski frakciji (brez dodane vode) (slika 20).



D F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo $\leq 100 \mu\text{m}$
 D F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo $100 \mu\text{m} < x \leq 236 \mu\text{m}$
 D F₂₁ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo $> 236 \mu\text{m} < x \leq 1000 \mu\text{m}$
 D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo $> 1000 \mu\text{m}$ ter otrobi in luščine
 0,08 - 5 minut; 0,5 - 30 minut, 1 - ena ura; 2,4,8,12,24 - dve, štiri, osem, dvanajst in 24 ur stika moka z vodo

Slika 18: Koncentracije taninov v testih iz mlevskih frakcij navadne ajde (D) v 24 urah

Figure 18: Tannin concentrations in dough from different milling fractions of common buckwheat (D) over a 24-hour time period



T2 F₁ - moka iz tatarske ajde (pridobljen vzorec)
 T2 F₁₁ - moka iz tatarske ajde z granulacijo $\leq 100 \mu\text{m}$
 T2 F₁₂ - moka iz tatarske ajde z granulacijo $> 100 \mu\text{m}$
 0,08 - 5 minut; 0,5 - 30 minut, 1 - ena ura; 2,4,8,12,24 - dve, štiri, osem, dvanajst in 24 ur stika moka z vodo

Slika 19: Koncentracije taninov v testih iz tatarske ajde (T2) v 24 urah

Figure 19: Tannin concentrations in dough from Tartary buckwheat flour (T2) over a 24-hour time period

Preglednica 18: Primerjava koncentracij taninov v moki tatarske ajde (T2) in njenih podfrakcijah ter v testih po 5-ih minutah in po 24-ih urah stika moke z vodo

Table 18: Comparison of tannin concentrations in Tartary buckwheat flour (T2) and in dough after 5 minutes and after 24 hours of flour-water contact

Vzorec	Tanini		
	Mlevska frakcija	Testo (moka in voda) 0,08 h (5 min)	Testo (moka in voda) 24 h
	%/SS ± MN	%/SS ± SD	%/SS ± SD
T2 F ₁	0,145 ± 0,017	0,137 ± 0,012	0,147 ± 0,018
T2 F ₁₁	0,071 ± 0,008	0,050 ± 0,001	0,062 ± 0,001
T2 F ₁₂	0,189 ± 0,020	0,235 ± 0,015	0,225 ± 0,010

T2 F₁ - moka iz tatarske ajde (pridobljen vzorec)

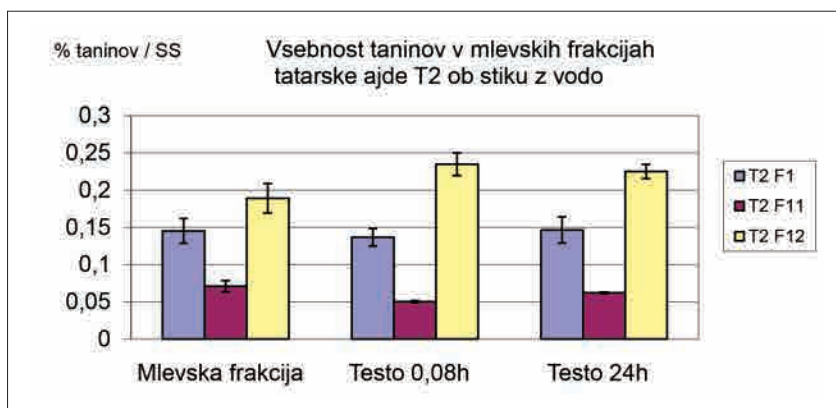
T2 F₁₁ - moka iz tatarske ajde z granulacijo ≤ 100 μm

T2 F₁₂ - moka iz tatarske ajde z granulacijo >100 μm

MN - merilna negotovost

SD - standardni odklon

SS - suha snov



Slika 20: Primerjava vsebnosti taninov v moki tatarske ajde T2 in njenih podfrakcijah ter v testih po 5-ih minutah in po 24-ih urah stika moke z vodo

Figure 20: Comparison of tannin concentrations in Tartary buckwheat flour (T2) and in dough after 5 minutes and after 24 hours of flour-water contact

V osnovni frakciji moke T2 F₁ ter obeh podfrakcijah T2 F₁₁ in T2 F₁₂ opazamo nihanje koncentracij taninov, posebnih zakonitosti nismo opazili.

Vsebnost taninov v testih tatarske ajde (vzorec T2) ob dodajanju manjše in večje količine vode

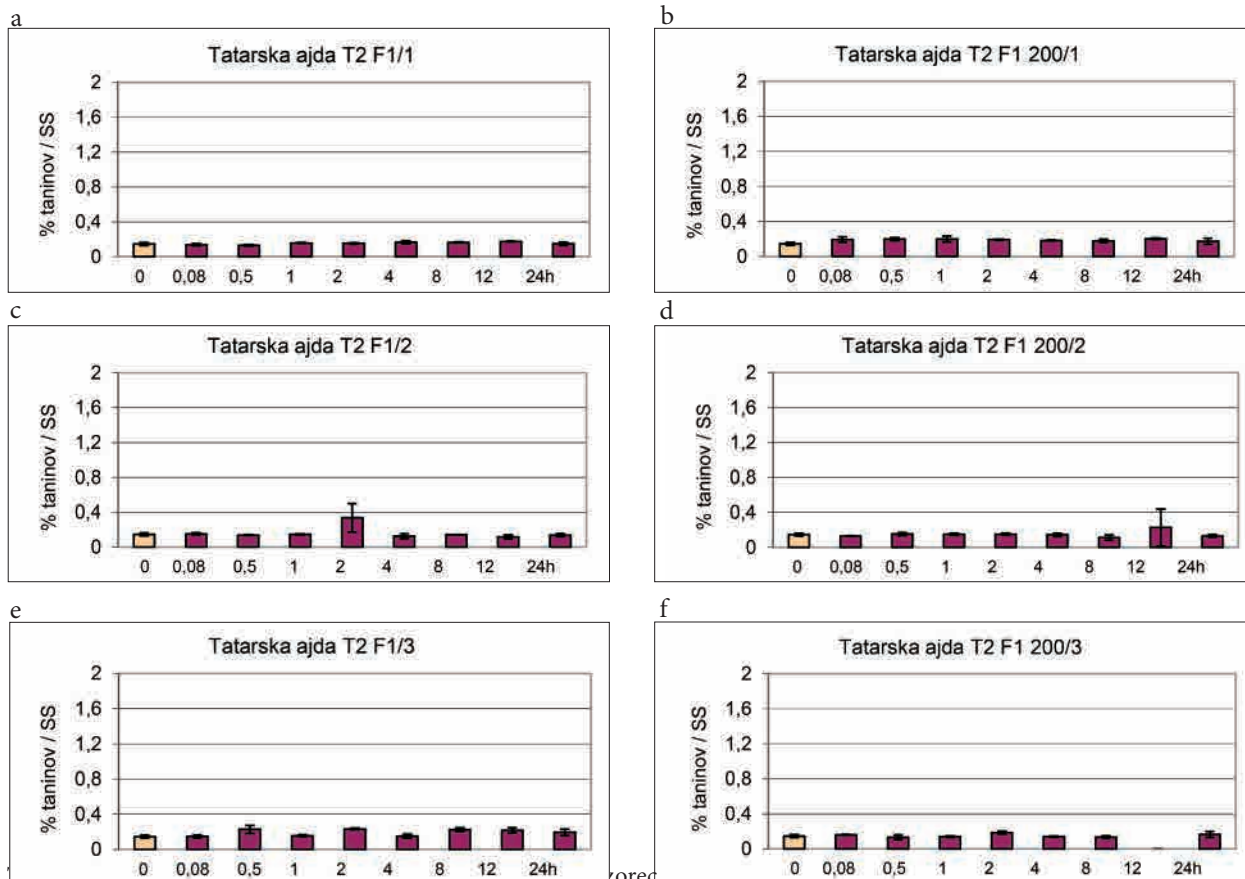
Moka iz tatarske ajde (T2 F₁) vsebuje okoli 0,14 % taninov v SS, testo iz te moke pa v 24-urnem stiku moke z vodo od 0,14 % do 0,17 % taninov v SS.

Pri povečanju količine vode v testu za dvakrat je koncentracija taninov v testu podobna (0,15–0,19 % taninov/SS).

Med vzorcema v vsebnosti taninov ni bistvenih razlik ne glede na dodano količino vode in čas stika moke in vode. Končna koncentracija taninov po 24 urah je v obeh poskusih približno enaka ter skoraj enaka, kot je bila začetna vsebnost taninov v moki pred poskusom (okoli 0,16 % taninov/SS) (slika 19).

Dvojna količina dodane vode za pripravo srednje trdega testa (3 ponovitve)

Običajna količina dodane vode za pripravo mehkega testa (3 ponovitve)



T2 F1 200 - moka iz tatarske ajde iz Luksemburga (dvojna količina vode za testo)

0,08 - 5 minut; 0,5 - 30 minut, 1 - ena ura; 2,4,8,12,24 - dve, štiri, osem, dvanajst in 24 ur stika moke z vodo

Slika 21: Koncentracije taninov v mokah in testih iz tatarske ajde (T2) z dodano enojno in dvojno količino vode v treh ponovitvah

Figure 21: Tannins concentrations in Tartary buckwheat flour and dough (T2) with different volume of added water (3 repetitions)

4 RAZPRAVA

VSEBNOST FLAVONOIDOV V VZORCIH NAVADNE IN TATARSKE AJDE

Analize raziskovanih vzorcev tatarskih ajd T1 (vzorec tatarske ajde pridobljen v zrnju) in T2 (vzorec tatarske ajde pridobljen kot moka) so pokazale različno vsebnost flavonoidov v mlevskih frakcijah mok in otrobov (T1: 0,71–4,47 %; T2: 0,24–1,01 % flavonoidov), kar pripisujemo različnim vzorcem, pa tudi možnim različnim lokacijam pridelave, različnemu letu pridelave, itd. Tatarska ajda T1 ima okoli 3 do 4-krat večjo vsebnost flavonoidov kot tatarska ajda T2 v mlevskih frakcijah mok in otrobov (preglednica 36). Vsebnost flavonoidov v frakciji otrobov in luščin F₂₂ v raziskovanem vzorcu tatarske ajde T1 je nizka (0,18 % flavonoidov), rezultatov za vzorec T2 pa ni, saj smo pridobili vzorec zmlate moke iz Luksemburga. Razlike med vzorci tatarskih ajd ugotavljajo v svojih raziskavah tudi drugi avtorji (YAN in sod. 2004, FABJAN 2007). Prav tako tudi objave mnogih raziskovalcev (FABJAN in sod. 2003, BRIGGS in sod. 2004, CHAI in sod. 2004, B.J. PARK in sod. 2004, SUZUKI in sod. 2005ab, JIANG in sod. 2007, GHIMERAY in sod. 2009) navajajo različne rezultate o vsebnosti flavonoidov, predvsem rutina, v vzorcih preučevanih tatarskih ajd.

Iz raziskav LIU in ZHU (2007) je ugotovljeno, da je glavni flavonoid v tatarski ajdi rutin, iz raziskav FABJAN (2007) in MORISHITA in sod. (2007) pa, da se v tatarski ajdi nahajajo flavonoidi rutin (ta prevladuje), kvercetin in kvercitrin. Različni avtorji v neodvisnih raziskavah (OOMAH & MAZZA 1996, MICHALOVÁ in sod. 2001, ÖRSCHLÄGER in sod. 2004, SUZUKI in sod. 2004, YAN in sod. 2004, KREFT in sod. 2006, FABJAN 2007, MORISHITA in sod. 2007, YU & LI 2007) ugotavljajo razlike v vsebnosti flavonoidov, predvsem rutina, tudi pri različnih vzorcih navadnih ajd.

Z zgoraj navedenimi rezultati in trditvami smo potrdili hipotezo, da je vsebnost flavonoidov v raziskovanih vzorcih povezana z vrsto ajde (slika 22).

V raziskavi ugotavljamo, da je vsebnost flavonoidov v navadni ajdi 'Darja' od 0,02 do 0,06 % flavonoidov (odvisno od mlevske frakcije) ter s tem potrjujemo rezultate drugih raziskovalcev (DIETRICH-SZOSTAK & OLESZEK 1999, ÖLSCHLÄGER in sod. 2004, JIANG in sod. 2007). V naši raziskavi smo ugotovili, da imata vzorca tatarskih ajd (T1 in T2) bistveno višjo vsebnost flavonoidov kot navadna ajda 'Darja' (D: 0,015–0,055 %; T1: 0,178–4,47 % flavonoidov v mlevskih frakcijah mok, otrobov in luščin). Podobne trditve o višji vsebnosti flavonoidov (predvsem rutina) v tatarski ajdi kot v navadni ajdi so objavili tudi FABJAN in sod. (2003),

BRIGGS in sod. (2004), ASAMI in sod. (2007), FABJAN (2007), JIANG in sod. (2007), YU in LI (2007) in drugi. Naša raziskava kaže, da je med vzorcema tatarske in navadne ajde (T1 in D) razlika v vsebnosti flavonoidov v frakcijah mok tudi 50 do 100-kratna ali celo več v korist tatarske ajde, med frakcijama otrobov in luščin (D F₂₂ in T1 F₂₂) pa je razlika manjša (le okoli 3-krat več flavonoidov v frakciji otrobov in luščin pri tatarski ajdi kot navadni ajdi).

Vsi ti rezultati kažejo na bistveno višjo vsebnost flavonoidov v tatarski ajdi v primerjavi z navadno ajdo (slika 22).

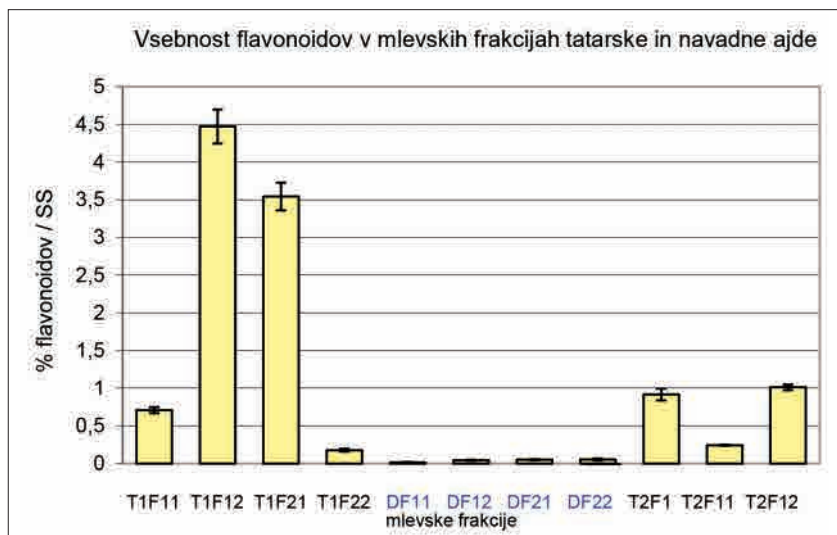
Hipotezo, da bo vsebnost flavonoidov v vzorcih tatarske ajde višja kot vsebnost flavonoidov v navadni ajdi, smo potrdili (preglednici 19 in 20; slika 22). S spektrofotometričnimi analizami smo primerjali vsebnost flavonoidov v dveh vzorcih tatarske ajde iz Luksemburga (T1 in T2) ter vzorcu navadne ajde 'Darja' (D) iz Slovenije in ugotovili bistveno višjo vsebnost flavonoidov v tatarski ajdi.

RAZPOREDITEV FLAVONOIDOV IN TANINOV PO MLEVSKIH FRAKCIJAH NAVADNE IN TATARSKE AJDE

Mletje navadne in tatarske ajde in mlevske frakcije

Drobljenje in mletje ter presejanje skozi sita so glavni postopki pri mletju ajde. Izmlavnost pri ajdi je običajno 40–50 % od celotne mase semena, ostalo je luščina in periferni deli semen (kalica in testa). KREFT (1995) meni, da so ti deli drugače drobljivi od endosperma, zato se lahko ustavijo na sitih. Prav periferni deli (kot je kalica) so bogatejši z rutinom, zato je ajdova moka zaradi takega načina drobljenja in mletja lahko osiromašena in z manj rutina (KREFT 1995). Tudi flavonoidi, predvsem rutin, niso enakomerno razporejeni v zrnju. Načini obdelave semena, luščenje, drobljenje, mletje, sejanje in drugi postopki, vplivajo na vsebnost flavonoidov in drugih fenolnih spojin v ajdi. Predvsem prisotnost otrobov in delčkov luščin v temnih mokah lahko povečuje vsebnost flavonoidov pa tudi fenolnih spojin. Vsebnost flavonoidov je dejansko odvisna od priprave vzorcev mok ter seveda od predhodnih načinov luščenja, drobljenja, mletja, presejanja ter drugih tehnoloških postopkov in obdelav ajde.

Ugotavljali smo posamezne deleže mlevskih frakcij pri mletju zrnja navadne in tatarske ajde v povezavi z velikostjo delcev moke. Podatke o mlevskih frakcijah in njihovih deležih težko primerjamo s podatki drugih



- T1 F₁₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 μm
 T1 F₁₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm
 T1 F₂₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 236 μm < x ≤ 1000 μm
 T1 F₂₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 1000 μm ter otrobi in luščine
 D F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 μm
 D F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm
 D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 236 μm < x ≤ 1000 μm
 D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo >1000 μm ter otrobi in luščine
 T2 F₁ - moka iz tatarske ajde (pridobljen vzorec)
 T2 F₁₁ - moka iz tatarske ajde z granulacijo ≤ 100 μm
 T2 F₁₂ - moka iz tatarske ajde z granulacijo >100 μm

Slika 22: Primerjava vsebnosti flavonoidov med mlevskimi frakcijami navadne in tatarske ajde
 Figure 22: Comparison of flavonoid content in milling fractions of common and Tartary buckwheat

avtorjev, saj so načini mletja in presejanja različni. V naši raziskavi je belih mok, z granulacijo do vključno 100 μm, skoraj 50 %. Med navadno ajdo 'Darjo' (vzorec D) in tatarsko ajdo (vzorec T1) pri mletju ni bistvenih razlik (navadna ajda – mlevska frakcija bele moke D F₁₁ 48,6 %, tatarska ajda – mlevska frakcija T1 F₁₁ 47,7 %). Temnejših mok, z velikostjo delcev nad 100 μm do vključno 1000 μm (frakcije F₁₂ in F₂₁), je okoli 33–34 % tako pri navadni kot pri tatarski ajdi (vzorca D in T1). Delež otrobov in luščin je v tatarski ajdi (T1) višji (skoraj 21%) kot pri navadni ajdi (D) (17,6 %).

Pri presejanju moke tatarske ajde (T2), ki smo jo prejeli že kot vzorec moke, smo pridobili 57,6 % mlevske frakcije z granulacijo do vključno 100 μm, preostali del je groba moka. Frakciji tatarske ajde T2 nista neposredno primerljivi s frakcijami vzorcev T1 in D.

Flavonoidi v mlevskih frakcijah navadne in tatarske ajde

V naši raziskavi se razporeditev flavonoidov razlikuje v frakcijah mok tatarske in navadne ajde z različno granulacijo, prav tako pa se razlikuje tudi razporeditev flavonoidov v otrobih in luščinah. Podobno ugotavljajo tudi drugi avtorji (KREFT in sod. 1999, QUETTIER-DELEU in sod. 2000, STEADMAN in sod. 2001b, ŠKRABANJA in sod. 2004, ASAMI in sod. 2007, HUNG & MORITA 2008).

Najvišjo vsebnost flavonoidov smo ugotovili v tatarski ajdi T1 v mlevskih frakcijah z granulacijo nad 100 do 1000 μm (frakciji F₁₂ in F₂₁) in sicer 3,54–4,47 % (preglednica 19). To je približno 100-krat več kot je vsebnost flavonoidov v navadni ajdi 'Darja' v frakci-

jah z isto granulacijo (0,043–0,051 %) (slika 22). S tem potrjujemo tudi rezultate drugih avtorjev (PIAO & LI 2001, ŠKRABANJA in sod. 2004, HUNG & MORITA 2008).

V raziskavi smo ugotovili, da za navadno ajdo ne velja enaka razporeditev flavonoidov po mlevskih frakcijah kot za tatarsko ajdo (preglednica 19). Ugotavljamo, da je med mlevskimi frakcijami navadne ajde s flavonoidi najbogatejša frakcija otrobov in luščin F₂₂ z granulacijo nad 1000 µm (D F₂₂: 0,055 % flavonoidov), to pa ne velja za tatarsko ajdo. Prav zaradi tega se zelo intenzivno preučuje vsebnost flavonoidov, predvsem rutina, v luščinah navadne ajde (OOMAH & MAZZA 1996, WATANABE in sod. 1997, DIETRYCH-SZOSTAK & OLESZEK 1999, KREFT in sod. 1999, QUETTIER-DELEU in sod. 2000, STEADMAN in sod. 2001b, DIETRYCH-SZOSTAK 2004). V naši raziskavi ugotavljamo nižjo razliko v vsebnosti flavonoidov med tatarsko in navadno ajdo v frakciji luščin (ne pa tudi v mlevskih frakcijah mok), kar nakazuje tudi možnosti uporabe luščin navadne ajde kot vir flavonoidov, predvsem na geografskih področjih, kjer se tatarska ajda ne prideluje oziroma je navadna ajda tradicionalna poljščina.

Rezultati naše raziskave kažejo tudi, da je vsebnost flavonoidov v belih mokah navadne in tatarske ajde (granulacije do vključno 100 µm) nizka v primerjavi z drugimi mlevskimi frakcijami v isti ajdi in sicer pri tatarski ajdi pod 0,71 % ter pri navadni ajdi 'Darja' samo okoli 0,01 % (preglednica 19). Kljub temu je vseb-

nost flavonoidov v tatarski ajdovi beli moki 70-krat višja kot v beli moki iz navadne ajde. S temi rezultati potrjujemo raziskave drugih avtorjev, da se vsebnost flavonoidov, predvsem rutina, v finih belih mokah, grobih temnih mokah, otrobih in luščinah razlikuje tako med mlevskimi frakcijami kot tudi med vzorci in vrstami ajd (KREFT in sod. 1999, QUETTIER-DELEU in sod. 2000, STEADMAN in sod. 2001b, ŠKRABANJA in sod. 2004, HUNG & MORITA 2008). Fine bele moke, ki so pretežno zmlate iz notranjega dela zrna (centralnega endosperma), imajo nižjo vsebnost flavonoidov kot temne grobe moke (zmlate pretežno iz perifernih delov zrn, zunanega dela endosperma, alevronskega sloja in delov pokrivala zrna). To velja za navadno in tatarsko ajdo.

UPORABNA VREDNOST ZRNJA IN MLEVSKIH FRAKCIJ NAVADNE IN TATARSKAJDE

Poznavanje deležev posameznih mlevskih frakcij in podfracij pri mletju je pomembno pri načrtovanju tehnologije mešanja mok, pa tudi pri prepoznavanju sestave in hranilne vrednosti teh mok. Opredelili smo, kako mešati mlevske frakcije ajde z različno granulacijo za pridobivanje frakcij z visoko količino beljakovin, pepela ter flavonoidov (rutina).

V raziskovanih vzorcih navadne in tatarske ajde je vsebnost beljakovin v suhi snovi v zrnju tatarske ajde za okoli 1 % nižja kot v zrnju navadne ajde 'Darja' (ta-

Preglednica 19: Vsebnost flavonoidov v mlevskih frakcijah navadne in tatarske ajde
Table 19: Flavonoid content in milling fractions of common and Tartary buckwheat

Vzorec	Flavonoidi (%)/SS				
	Frakcija				
	F ₁₁ <i>bela moka</i>	F ₁₂	F ₂₁	F ₂₂ <i>otrobi in luščine</i>	F ₁
D	0,02	0,04	0,05	0,06	
T1	0,71	4,47	3,54	0,18	
	F ₁₁	F ₁₂			
T2	0,24	1,01		ni vzorca	0,92

T1 F₁₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 µm

T1 F₁₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 µm < x ≤ 236 µm

T1 F₂₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 236 µm < x ≤ 1000 µm

T1 F₂₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 1000 µm ter otrobi in luščine

D F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 µm

D F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 µm < x ≤ 236 µm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 236 µm < x ≤ 1000 µm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo >1000 µm ter otrobi in luščine

T2 F₁ - moka iz tatarske ajde (pridobljen vzorec)

T2 F₁₁ - moka iz tatarske ajde z granulacijo ≤ 100 µm

T2 F₁₂ - moka iz tatarske ajde z granulacijo >100 µm

Preglednica 20: Primerjave vsebnosti flavonoidov in taninov različnih avtorjev z rezultati te raziskave
Table 20: Flavonoid and tannin content according to different research studies and the comparison of results with this research study

Vzorec	Flavonoidi (%)/SS	Tanini (%)/SS	Vir
Tatarska ajda (moka) T2	0,2–1,0	0,07–0,19	VOMBERGAR (2010)
Tatarska ajda T1 (vse frakcije od belih mok do otrobov / luščin)	0,1–4,4	0,09–1,25	
Navadna ajda D (vse frakcije od belih mok do otrobov in luščin)	0,01 – 0,05	0,05 – 0,79	
Moka – tatarska ajda			VOGRINČIČ & KREFT (neobjavljeni)
Moka – navadna ajda (iz trgovine v Sloveniji)	0,016	0,397	AVGUŠTIN (2009)
Seme slovenskih ajd		0,1–0,3	LUTHAR & KREFT (1999)
Zrnje – navadna ajda	0,018		DIETRYCH-SZOSTAK in sod. (1999)
Luščine	0,1		DIETRYCH-SZOSTAK in sod. (2004)
Moka – navadna ajda (16 frakcij)	0,002–0,13		HUNG & MORITA (2008)
Zrnje – navadna ajda – tatarska ajda	0,04 2,04		JIANG in sod. (2007)
Zrnje – navadna ajda		1,29	LEE in sod. (2004)
Moke (10 frakcij) – navadna ajda			KREFT in sod. (1994)
Bela moka – navadna ajda			SENŞOY in sod. (2006)
Temna moka – navadna ajda			
Bela moka – navadna ajda		0,05–0,08	STEADMAN in sod. (2001ab)
Polnovredna moka – navadna ajda		0,118	
Kaša – navadna ajda		0,168	
Otrobi (brez luščin) – navadna ajda		0,2–0,5	
Otrobi z luščinami – navadna ajda		1,04–1,66	
Moka – navadna ajda			BONAFACCIA in sod. (2009)
Moka – tatarska ajda			ASAMI in sod. (2007)
Moka – navadna ajda			
Moka – tatarska ajda			ŠKRABANJA in sod. (2004)
Moke (10 frakcij) – navadna ajda		0,1–1,2	
Zdrobi (6 frakcij)		0,7–2,2	
Otrobi (6 frakcij)		2,2– 6	
Luščine		0,3	QUETTIER-DELEU in sod. (2000)
Moka - navadna ajda	0,0098		
Luščine – navadna ajda	0,0456		
SS – suha snov			

tarska ajda T1 9,5 %; navadna ajda D 10,5 %). Razporeditev beljakovin v mlevskih frakcijah navadne in tatarske ajde ni enaka. Pri tatarski ajdi je vsebnost beljakovin v frakcijah F₁₂ in F₂₁ približno enaka in sicer nekoliko pod 19 %, pri navadni ajdi 'Darja' pa je frakcija F₂₁ (z granulacijo nad 236 µm do vključno 1000 µm) najbogatejša z beljakovinami med vsemi preiskovanimi vzorci (preko 26 % beljakovin), medtem ko je vsebnost beljakovin v frakciji navadne ajde D F₁₂ enaka kot pri tatarski ajdi T1 v frakciji z isto granulacijo. Najnižja vsebnost beljakovin je v frakciji otrobov in

luščin F₂₂ (2,5–2,9 %) tako pri tatarski ajdi (T1) kot tudi pri navadni ajdi (D) (preglednica 21).

Vsebnost pepela v suhi snovi je v zrnju tatarske ajde višja kot v zrnju navadne ajde (navadna ajda 1,65 %; tatarska ajda T1 2,73 %). Razporeditev mineralnih snovi v mlevskih frakcijah navadne in tatarske ajde se razlikuje. Najvišjo vsebnost mineralnih snovi imata frakciji F₁₂ in F₂₁ tako pri navadni kot pri tatarski ajdi (med 2,9 in 4,2 %). Izjemno nizko vsebnost mineralnih snovi ima bela moka iz navadne ajde (z granulacijo pod 100 µm), le 0,6 %; v enaki frakciji tatarske ajde je dvakrat višja količina

Preglednica 21: Primerjava vsebnosti beljakovin, pepela, flavonoidov in taninov v mlevskih frakcijah navadne in tatarske ajde**Table 21: Comparison of protein, ash, flavonoid and tannin content in milling fractions of common and Tartary buckwheat**

Vzorec (zrnje)	Mlevske frakcije	Delež pri mletju (%)	Beljakovine (%) / SS	Pepel (%) / SS	Flavonoidi (%) / SS	Tanini (%) / SS
Tatarska ajda iz Luksemburga (T1)	T1 F ₁₁	47,75	6,63	1,44	0,71	0,09
	T1 F ₁₂	19,20	18,80	4,23	4,47	0,14
	T1 F ₂₁	12,02	18,60	3,90	3,54	1,25
	T1 F ₂₂	20,93	2,47	1,02	0,18	0,29
Navadna ajda 'Darja' (D)	D F ₁₁	48,64	5,47	0,62	0,01	0,06
	D F ₁₂	20,80	18,60	2,91	0,04	0,41
	D F ₂₁	12,94	26,20	4,19	0,05	0,79
	D F ₂₂	17,62	2,87	1,04	0,05	0,31

T1 F₁₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 μm

T1 F₁₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm

T1 F₂₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 236 μm < x ≤ 1000 μm

T1 F₂₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 1000 μm ter otrobi in luščine

D F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 μm

D F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 μm < x ≤ 236 μm

D F₂₁ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 236 μm < x ≤ 1000 μm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 1000 μm ter otrobi in luščine

mineralnih snovi. Otrobi in luščine (frakcija F₂₂) imajo približno 1 % pepela v SS neodvisno od vrste ajde.

Višja vsebnost beljakovin in višja vsebnost pepela sta v mlevskih frakcijah mok povezani (korelacija je visoka $r^2 = 0,8469$; $p < 0,05$), nekoliko odstopa le vsebnost mineralnih snovi v frakciji otrobov in luščin pri navadni ajdi (vzorec D).

Če primerjamo mlevske frakcije z različno granulacijo med seboj (F₁₁, F₁₂ in F₂₁), ugotovljamo, da ima najvišjo vsebnost beljakovin in najvišjo vsebnost pepela mlevska frakcija navadne ajde 'Darja' D F₂₁ (z granulacijo nad 236 do 1000 μm) ter mlevska frakcija tatarske ajde T1 F₁₂ z nižjo granulacijo (nad 100 do 236 μm). Ista frakcija tatarske ajde T1 F₁₂ ima tudi najvišjo vsebnost flavonoidov, enako pa velja tudi za frakcijo navadne ajde D F₂₁ (preglednica 21).

Po sestavi je frakciji T1 F₁₂ zelo podobna tudi frakcija T1 F₂₁ (z granulacijo nad 236 do 1000 μm), le da ima nekoliko nižjo vsebnost omenjenih sestavin. To se sklada s trditvami IKEDE in YAMASHITE (1994), da imajo različne mlevske frakcije različno količino mineralov in beljakovin ter da so temne moke v glavnem bogatejše z mineralnimi snovmi in beljakovinami. Mlevske frakcije finih belih ajdovih mok imajo višjo vsebnost škroba (IKEDA & YAMASHITA, 1994). Pri mletju ajdove moke se škrobnati centralni endosperm ajdovega zrna zdrobi v fino moko nizkih granulacij, kar omogoča posebna oblika zelo majhnih

kroglastih drobnih škrobnih zrn, ki so približno enake velikosti, predpostavljamo v naši raziskavi. Tudi STEADMAN in sod. (2001a) ugotavljajo, da bela moka nizkih granulacij nastaja iz notranjega dela zrn (centralnega endosperma). Pri mletju pšenice pa se v fino belo moko nizkih granulacij zdobijo predvsem beljakovinski delci, zato se ta fina bela moka nizkih granulacij dodaja kot izboljševalec pšeničnih mok (TAŠNER, osebni vir, 2010). V pšenici so škrobna zrna različnih velikosti, zato so učinki pri mletju pšenice drugačni.

Odločitev o združitvi mlevskih frakcij F₁₂ in F₂₁ (z granulacijo nad 100 do 1000 μm) bi pomenila pridobitev znatne količine moke z najvišjo možno vsebnostjo beljakovin in mineralnih snovi tako pri navadni kakor tudi pri tatarski ajdi, pa tudi z visoko vsebnostjo flavonoidov (predvsem rutina) in fenolnih spojin. Ajda je bogata z mnogimi minerali, vsebuje Zn, Cu, Mn, Mg, K, P, Ca, Na, Fe, Se, Co, B, I, Cr. Pri mletju zrnja predstavljata ti dve mlevski frakciji 32–34 % delež moke (z granulacijo nad 100 do 1000 μm), medtem ko je delež finih belih mok iz pretežno škrobnatih mok okoli 50 %.

Otrobi ajde se v naši raziskavi nahajajo predvsem v mlevski frakciji F₂₁ (skupaj z moko višjih granulacij do 1000 μm) in v manjši meri v mlevski frakciji F₂₂ (skupaj z luščinami – granulacije nad 1000 μm). Otrobi vsebujejo zunanje plasti oluščene zrnja in delčke em-

brija. Vsebujejo visok delež beljakovin, maščob in prehranskih vlaknin. Topni ogljikovi hidrati (kot so npr. fagopiritoli) so skoncentrirani v otrobih in kalici. Mineralne snovi, posebej fitati, vezani na beljakovinske dele in lipidi, se akumulirajo v kalici, pokrivalu zrna in v luščini (STEADMAN in sod. 2000, 2001a).

Razporeditev flavonoidov v plodovih vpliva na uporabno vrednost zrnja in mlevskih frakcij, ki jih dobimo iz zrnja. Poznavanje razporejanja flavonoidov po mlevskih frakcijah v povezavi z granulacijo pomeni možnost za enostaven, hiter in učinkovit način pridobivanja s flavonoidi bogatih mlevskih frakcij predvsem v tatarski ajdi.

SPREMLJANJE FLAVONOIDOV V TESTIH IZ MLEVSKIH FRAKCIJ AJDOVIH MOK

Mletje ajde vpliva na količino in hitrost ekstrakcije flavonoidov v ajdi. Grobost mletja je pomembna komponenta moke. Manjši delci imajo večjo površino, zato je tudi delovanje encimov lahko drugačno. Tudi encimi v finih mokah z drobnimi delci so lahko aktivnejši. Polifenoli so vključeni v mnoge celične komponente. Njihova ekstrakcija v raztopino je zaradi njihove različne dostopnosti različna.

V nam dostopni literaturi nismo našli podatkov o koncentracijah flavonoidov in taninov pri pripravi testa iz navadne in tatarske ajdove moke. Prav tako nismo zasledili objav o raziskovanju stika moke in vode ter času kot komponenti vpliva na polifenolne spojine.

Zgradba škroba je vrstno specifična. Obstajajo interakcije med škrobom ter maščobami in beljakovinami v ajdi. Povezav o medsebojnem delovanju škroba in rutina v literaturi nismo zasledili. Teoretično obstaja možnost, da bi škrob s svojo specifično zgradbo (ajdov škrob je bogat z amilozo) vplival na interakcije z rutinom, a v praksi to ni dokazano (FABJAN 2007).

Reakcije flavonoidov v stiku z vodo so v naši raziskavi podobne pri tatarski in navadni ajdi. Flavonoidi v vseh mlevskih frakcijah po 5-ih minutah stika z vodo narastejo v primerjavi z vsebnostjo v moki (tudi za 2 do 2,5-krat). Povezava teh dveh spremenljivk kaže pozitivno linearno korelacijo ($r^2 = 0,9257$; $p < 0,05$; $y = 0,2524 + 1,1007x$). Najvišji porast je v frakcijah mok (grobih in finih), nekoliko nižji pa v frakcijah otrobov in luščin. Rahel porast koncentracije flavonoidov se zazna še v nadaljnjih 30-ih minutah stika z vodo. Po eni uri počivanja testa (stika moke z vodo) začne koncentracija flavonoidov v testih postopoma padati. Vsebnost flavonoidov se po naglem porastu v prvih nekaj minutah zniža za 10–80 %. Postopno padanje

koncentracije flavonoidov (v obdobju 0,08–24 h) se razlikuje med vzorci, med frakcijami in med ponovitvami, a znižanje koncentracije flavonoidov se pojavi v vseh testih po 24-ih urah. Ugotavljamo, da je koncentracija flavonoidov v vseh testih po 24-urnem počivanju testa nižja kot v prvih 5-ih minutah po pripravi testa. Tudi povezava teh dveh spremenljivk kaže linearno korelacijo ($r^2 = 0,9953$; $p < 0,05$; $y = -0,0733 + 0,8739x$).

Ugotavljamo, da je koncentracija flavonoidov v testu po 24-tih urah v primerjavi z začetnimi vrednostmi v vzorcih mok (frakcije F_{11} , F_{12} in F_{21}) različna. Le v frakciji otrobov in luščin (F_{22}) je vsebnost flavonoidov po 24-urnem stiku z vodo padla za okoli 60 % v primerjavi z začetno vsebnostjo flavonoidov v mlevski frakciji brez dodane vode.

Hipotezo, da ob stiku ajdove moke z vodo (simulacija tehnološkega postopka priprave testa) potekajo biokemijski procesi, ki vplivajo na nekatere sestavine v testu (predvsem na flavonoide – rutin, kvercetin), smo potrdili.

Naše dosedanje raziskave so pokazale, da je vsebnost rutina v zmesi mlevske frakcije zrn ajde in vode rezultanta dveh procesov. Na eni strani je to izločanje rutina iz struktur zrna in njegovo raztapljanje v tekočini. Drugi proces je sproščanje encimov, ki razgrajujejo rutin. Predvsem aktiven encim je encim flavonol-3-glukozidaza, ki razgrajuje rutin in znižuje vsebnost rutina med pripravo testa.

Preučevanja, kaj se dogaja z rutinom v moki med procesom stika z vodo pri pripravi testa, še niso dokončna. Prav tako se še raziskuje pojav nastanka kvercetina v teh procesih kot možnega produkta razgradnje rutina.

Na koncentracijo celokupnih flavonoidov, kakor tudi na koncentracijo rutina in kvercetina v mokah in testih vplivajo različni faktorji. Med njimi pomembnejši so začetne koncentracije omenjenih spojin in njihove lokacije v zrnju, prisotnost in aktivnost encimov, ki razgrajujejo različne flavonoide ali vzpodbudijo druge biokemijske reakcije, ki imajo za posledico razgradnjo posameznih flavonoidov, prisotnost drugih polifenolov in taninov, ki lahko inhibirajo dejavnost encimov, temperatura in pH medija. Pomembna je tudi hitrost začetne aktivacije encimov. V navadni ajdi je aktivacija encimov, ki razgrajujejo rutin, počasnejša, predvidoma zaradi manjše količine encimov ali pa so encimi slabše aktivni.

Hipotezo, da bo vsebnost flavonoidov v mlevskih frakcijah raziskovanih vzorcev ob stiku z vodo narasla, nato pa bo koncentracija flavonoidov postopoma padala, smo potrdili. S spektrofotometričnimi analizami smo ugotovili, da vsebnost flavonoidov v testu naraste

večinoma v prvih 30 minutah stika moka z vodo, enako velja tudi za frakcijo otrobov in luščin. V časovnem obdobju 24-ih ur ugotavljamo postopno padanje koncentracije flavonoidov.

Med hidrotermično obdelavo (npr. kuhanje kaše) pride do pomembnih interakcij med polifenoli in beljakovinami, kar vpliva tudi na prebavljivost beljakovin v tankem črevesu (ŠKRABANJA in sod. 2000).

VPLIV VODE PRI PRIPRAVI TESTA IZ NAVADNE IN TATARSKAJDOVE MOKE NA FLAVONOIDE V TESTU

Ob dodajanju različne količine vode moki smo želeli ugotoviti, ali količina vode pomembno vpliva na biokemijske procese v testu ter ali se procesi pospešijo ali upočasnijo. Spremljali smo vsebnost flavonoidov ob dodajanju enojne in dvojne količine vode. Enojna količina vode je pomenila količino vode, ki je potrebna za pripravo kvalitetnega testa, dvojna količina vode pa je testu dodatno razmehčala, da je postalo skoraj tekoče. Raziskavo smo opravili v treh ponovitvah, za rezultate pa smo uporabili povprečne vrednosti treh ponovitev.

Reakcije flavonoidov v testih ob stiku moka z vodo so bile skoraj popolnoma enake ob dodajanju enojne ali dvojne količine vode. Vsebnost flavonoidov v testih naraste po prvih 5-30 minutah stika z vodo ne glede na količino dodane vode. Prav tako koncentracija flavonoidov postopno pada v 24-ih urah. Končne koncentracije flavonoidov v testih po 24-ih urah so, ne glede na dodano količino vode, skoraj enake (preglednica 22).

Dodajanje večje količine vode torej nima dodatnega vpliva na aktivnost encimov, ki razgrajujejo flavonoide ali vplivajo na biokemijske aktivnosti v testu. Sklepamo lahko, da je že količina vode, ki se uporabi za klasično pripravo testa, dovolj velika količina, da se aktivirajo prisotni encimi in da dodajanje večjih količin vode biokemijskih dogajanj ne spreminja in tudi ne spremeni.

TANINI V TATARSKI AJDI

V nam dostopni literaturi smo zasledili le malo podatkov o prisotnosti taninov v ajdi (preglednica 10 in 41). Večinoma se podatki nanašajo na navadno ajdo (LUTHAR & KREFT 1996), tanini so analizirani tudi v

Preglednica 22: Vsebnost flavonoidov v moki iz tatarske ajde (T2) ob dodajanju enojne in dvojne količine vode v povezavi s časom (n = 3)

Table 22: Flavonoid content in Tartary buckwheat flour dough (T2) with different volume of added water (3 repetitions)

Tatarska ajda T2 Moka / testo	Čas (h)	Enojna količina vode v testu (za pripravo testa ustrezne konsistence)	Dvojna količina vode v testu (mehko testo)
Flavonoidi (%)/SS	0	0,91	0,91
	0,08	1,20	1,12
	0,5	1,30	1,17
	1	1,22	1,13
	12	1,05	0,95
	24	0,93	0,91

mlevskih frakcijah navadne ajde (STEADMAN in sod. 2001b, LEE in sod. 2004, ŠKRABANJA in sod. 2004). Podatkov o prisotnosti taninov v tatarskih ajdovih mokah je malo. V naši raziskavi smo dokazali prisotnost taninov v mlevskih frakcijah tatarske ajde T1 in T2, v navadni ajdi pa so bili tanini pričakovani. Preučili smo tudi vsebnost taninov v testih iz ajdovih mok (navadne in tatarske ajde); podobnih raziskav do sedaj v literarnih podatkih nismo našli. Obnašanje taninov ob stiku z vodo v mlevskih frakcijah mok, otrobov in luščin pri navadni in tatarski ajdi še ni bilo raziskano.

Za ekstrakcijo taninov smo uporabili metodo z vanilin-HCl, ki določa kondenzirane tanine, predvsem

katehine in/ali epikatehinske tanine v ajdi, hidrolizirajočih taninov pa ne. Kondenzirani tanini so kemično oligomeri hidroksi-flavan-3-olov (katehini, epikatehini) in polihidroksi-flavan-3-4-diolov (levkocianidini) ali pa oligomeri kombinacije teh spojin (LUTHAR 1992a, TAIZ & ZEIGER 2006ab).

Primerjava dveh vzorcev tatarskih ajd T1 in T2 kaže različno vsebnost taninov v vzorcih. Tatarska ajda T1 ima višjo vsebnost taninov kot tatarska ajda T2 (preglednica 23).

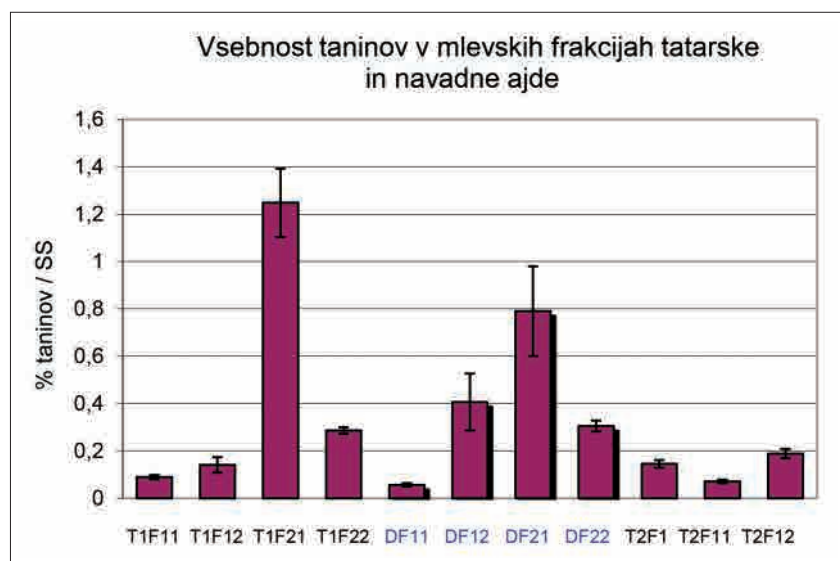
Tatarska ajda T1 in navadna ajda D imata različno vsebnost taninov v mlevskih frakcijah, a težko trdimo, da je vsebnost taninov v katerem od vzorcev ajd višja

ali nižja (slika 23). Razlikuje se tudi razporeditev taninov v mlevskih frakcijah tatarske ajde in navadne ajde. Rezultati FABJANOVE (2007) in MORISHITA in sod. (2007) niso dokazali prisotnosti taninov v tatarski ajdi. Rezultati SOON-MI in sod. (2006) kažejo na prisotnost taninov v tatarski ajdi, a njihove koncentracije so bistveno nižje od rezultatov v tej raziskavi. Drugih podatkov o vsebnosti taninov v tatarski ajdi v nam dostopni literaturi nismo našli.

Najvišjo vsebnost taninov smo ugotovili v mlevski frakciji F₂₁ (frakcija z granulacijo nad 236 µm do vključno 1000 µm) pri obeh vzorcih ajd in sicer 1,25 % pri tatarski ajdi T1 in 0,79 % pri navadni ajdi D, kar je polovico manj. Tej frakciji bi bilo potrebno posvetiti posebno pozornost pri mletju ajde tudi z vidika potencialne vsebnosti taninov.

Koncentracija taninov je bistveno nižja v belih mokah (granulacije do vključno 100 µm), enako opazamo tudi pri flavonoidih (slika 23). Koncentracije ta-

nin so približno enake v tatarski in navadni beli ajdovi moki (pri tatarski ajdi T1 okoli 0,09 %, pri tatarski ajdi T2 0,07 % ter pri navadni ajdi 0,06 %). Koncentracija taninov je zelo podobna med ajdama tudi v frakciji otrobov in luščin F₂₂ (T1: 0,29 %; D: 0,30 %). Koncentracija taninov v frakciji otrobov in luščin (F₂₂) je višja kot v belih mokah, a nižja kot v grobih temnih mokah (v tatarski ajdi T2 in v navadni ajdi okoli 0,3 %). Naši rezultati potrjujejo rezultate ŠKRABANJE in sod. (2004), ki so najnižje vsebnosti taninov dobili v mokah (nizke granulacije mlevskih frakcij), višje v zdrobih (višje granulacije mlevskih frakcij) ter najvišje koncentracije v otrobih (2,2–6 % taninov). Našo trditev, da imajo luščine nekoliko nižjo vsebnost taninov kot grobe frakcije mok in otrobi, potrjujejo tudi raziskave ŠKRABANJE in sod. (2004). Dobljene rezultate v naši raziskavi smo primerjali tudi z rezultati STEADMANOVE in sod. (2001b), ki pri navadni ajdi ugotovijo najvišjo vsebnost taninov v mlevski frakciji otrobov in luščin (okoli 1 %),



T1 F₁₁ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo ≤ 100 µm

T1 F₁₂ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo 100 µm < x ≤ 236 µm

T1 F₂₁ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo 236 µm < x ≤ 1000 µm

T1 F₂₂ - tatarska ajda, podfrakcija moka z granulacijo > 1000 µm ter otrobi in luščine

D F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo ≤ 100 µm

D F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo 100 µm < x ≤ 236 µm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo > 236 µm < x ≤ 1000 µm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moka z granulacijo >1000 µm ter otrobi in luščine

T2 F₁ - moka iz tatarske ajde (pridobljen vzorec)

T2 F₁₁ - moka iz tatarske ajde z granulacijo ≤ 100 µm

T2 F₁₂ - moka iz tatarske ajde z granulacijo >100 µm

Slika 23: Primerjava vsebnosti taninov med mlevskimi frakcijami navadne in tatarske ajde

Figure 23: Comparison of tannin content in milling fractions of common and Tartary buckwheat

v frakciji otrobov pa polovico manj (okoli 0,5 %). Vsebnost taninov v mokah je nizka (okoli 0,1 %). Rezultati niso direktno primerljivi z našimi ugotovitvami, saj gre za različne načine mletja, različne mlevske frakcije in različno razporeditev otrobov, a so podobnega reda velikosti, kar nakazuje primerljivost rezultatov. Nekoliko višjo vsebnost taninov ugotavljajo STEADMANOVA in sod. (2001b) v moki iz celih ajdovih zrn (okoli 0,2 %), kar je v skladu z našimi ugotovitvami. Vsebnost taninov v navadni ajdi se ujema z rezultati LUTHARJEVE in KREFTA (1996), medtem ko so rezultati o vsebnosti taninov LEE-ja in sod. (2004) v semenih navadne ajde višji.

Koncentracija taninov je v frakciji tatarske fine bele moke okoli 60 % višja kot v frakciji fine bele moke navadne ajde (T1: 0,08 %; D: 0,05 %). V mlevski frakciji tatarske ajde T1 F₁₁ (granulacija do vključno 100 µm) je le 1,3-krat več fenolov in 1,6-krat več taninov kot v enaki mlevski frakciji navadne ajde D F₁₁, medtem ko je bilo flavonoidov kar 50-krat več.

Zanimivo je, da je koncentracija taninov v tatarski ajdi T1 F₁₂ celo nižja kot pri navadni ajdi D F₁₂ (T1: 0,14 %; D: 0,40 %), kar kaže na različno razporeditev taninov v zrnju navadne in tatarske ajde. V mlevski frakciji tatarske ajde T1 F₁₂ je okoli 2-krat več fenolov ter skoraj 3-krat manj taninov kot v enaki mlevski frakciji navadne ajde D F₁₂; flavonoidov pa je bilo v isti mlevski frakciji tatarske ajde kar 100-krat več. Rezultati so pomembni za odločitve o izbiri mlevskih frakcij tatarske ajdove moke ustrezne granulacije kot možen funkcijski dodatek. Posebno pozornost v nadaljnjih raziska-

vah bi bilo potrebno posvetiti frakciji tatarske ajde T1 F₁₂, ki ima visoko koncentracijo flavonoidov ter sorazmerno nizko koncentracijo taninov, saj so le-ti prerazporejeni v druge frakcije. Ta način razporeditve ni enak pri navadni ajdi.

Tanini lahko delujejo antimikrobno, antikancerogeno in antimutageno (TAIZ & ZEIGER 2006ab). Tanini v prehrani so nezaželeni, saj obarjajo beljakovine, zavirajo delovanje prebavnih encimov in preprečujejo absorpcijo vitaminov in mineralov. Tanini imajo sposobnost tvoriti komplekse z makromolekulami, zlasti z beljakovinami (TAIZ & ZEIGER 2006ab). Predvsem otrobi so vir taninov in fitinske kisline. Nizko prebavljivost ajde povezujejo s prisotnostjo taninov in fitinske kisline v ajdi (WIJNGAARD & ARENDT 2006b). ŠKRABANJA in sod. (2004) ugotavljajo zanimivo razporeditev fitatov v škrobu v mlevskih frakcijah navadne ajde ter ugotavljajo močno povezavo med fitati in frakcijami zdrobov, otrobov in luščin, medtem ko je vsebnost fitatov v mlevskih frakcijah mok nizka.

V preglednici 23 so prikazane vsebnosti taninov v mlevskih frakcijah tatarske ajde (vzorci T1 in T2) in navadne ajde (vzorec D). Koncentracije taninov v stiku z vodo nihajo tako pri tatarski kakor tudi pri navadni ajdi (preglednica 24). Vsebnost taninov v nekaterih mlevskih frakcijah po 5 do 30-ih minutah stika z vodo narastejo (celo za 250 %), spet v drugih pa vsebnost flavonoidov pade (za do 20 %). Porast oziroma padec vsebnosti taninov ni povezan z vrsto frakcije oziroma točno določeno frakcijo. V 24-ih urah stika moke z

Preglednica 23: Koncentracije taninov v mlevskih frakcijah navadne in tatarske ajde

Table 23: Tannin concentrations in milling fractions of common and Tartary buckwheat

Vzorec	Tanini (%) / SS				
	F ₁₁	F ₁₂	F ₂₁	F ₂₂	F ₁
D	0,05658	0,4066	0,7908	0,3052	
T1	0,08930	0,1410	1,2477	0,2860	
	F ₁₁	F ₁₂			
T2	0,07079	0,18896		Ni vzorca	0,14521

T1 F₁₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 µm

T1 F₁₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 µm < x ≤ 236 µm

T1 F₂₁ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo 236 µm < x ≤ 1000 µm

T1 F₂₂ - tatarska ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 1000 µm ter otrobi in luščine

D F₁₁ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo ≤ 100 µm

D F₁₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo 100 µm < x ≤ 236 µm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 236 µm < x ≤ 1000 µm

D F₂₂ - navadna ajda, podfrakcija moke z granulacijo > 1000 µm ter otrobi in luščine

T2 F₁ - moka iz tatarske ajde (pridobljen vzorec)

T2 F₁₁ - moka iz tatarske ajde z granulacijo ≤ 100 µm

T2 F₁₂ - moka iz tatarske ajde z granulacijo > 100 µm

Preglednica 24: Vsebnost taninov v moki iz tatarske ajde (T2) ob dodajanju enojne in dvojne količine vode v povezavi s časom**Table 24: Tannin content in Tartary buckwheat flour dough (T2) with different volume of added water (3 repetitions)**

Tatarska ajda T2 Moka / testo	Čas (h)	Enojna količina vode v testu (za pripravo testa ustrežne konsistence)	Dvojna količina vode v testu (mehko testo)
Tanini (%)/SS	0	0,15	0,15
	0,08	0,15	0,16
	0,5	0,16	0,16
	1	0,15	0,16
	12	0,17	0,19
	24	0,16	0,16

vodo zaznavamo nihanje koncentracije taninov pri vseh frakcijah navadne in tatarske ajde. Količina padca ali porasta taninov v času 24 ur stika moke z vodo se razlikuje med frakcijami in med ponovitvami. Visok porast koncentracije taninov ob stiku z vodo v nekaterih testih nakazuje nastajanje burnih biokemijskih reakcij, njihovi mehanizmi še niso jasno določeni.

Koncentracije taninov ob stiku z vodo so bile približno enake tudi, če smo dodali večjo ali manjšo količino vode (preglednica 24). Vsebnost taninov se skozi 24-urni stik moke z vodo bistveno ne spreminja (okoli

0,15 %). Tako kot pri koncentracijah fenolov je tudi pri koncentracijah taninov zaznati nihanje vsebnosti taninov, ki pa se pojavlja tako ob dodajanju večje ali manjše količine vode. Končna vsebnost taninov je v vzorcih ne glede na dodano količino vode približno enaka, kar kaže, da dodajanje vode ne spreminja aktivnih taninskih sestavin, prav tako pa ne aktivira drugih sestavin, ki bi lahko vplivale na razgradnjo ali spreminjanje taninov. Postavili smo hipotezo, da stik moke z vodo in priprava testa nima posebnega vpliva na vsebnost taninov, kar smo tudi dokazali.

5 SKLEPI

Pri mletju in presejanju zrnja tatarske in navadne ajde v štiri podfrakcije smo dobili 48 % finih belih mok (z granulacijo do vključno 100 μm), 31–34 % grobih temnejših mok z otrobi (z granulacijo nad 100 μm do vključno 1000 μm) ter 18–21 % luščin z otrobi (z granulacijo nad 1000 μm).

Z vidika funkcijskega dodatka ter hranilne in prehranske vrednosti so zanimive mlevske frakcije ajde z granulacijo nad 100 μm do vključno 1000 μm (teh je pri mletju več kot 30 %); nezanimive pa so frakcije finih belih mok z granulacijo pod 100 μm (pri mletju nastaja približno 48 % belih mok), saj so revne z beljakovinami, minerali in flavonoidi. Izločitev in mešanje frakcij (z granulacijo nad 100 μm do vključno 1000 μm) predvsem pri tatarski ajdi pomeni najboljšo izbiro glede vsebnosti beljakovin, mineralnih snovi in tudi vsebnosti flavonoidov.

Ugotavljamo linearno povezavo ($r^2 = 0,8469$; $p < 0,05$) med vsebnostjo beljakovin in pepela v mlevskih frakcijah finih belih in temnih grobih ajdovih mok in sicer nizka vsebnost beljakovin (okoli 5,5–6,6 % beljakovin/SS) in nizka vsebnost mineralnih snovi (okoli 1 %) je v finih belih mokah, zmletih iz notranje-

ga dela zrn (centralnega endosperma) ter visoka vsebnost beljakovin (19–26 %) in visoka vsebnost pepela (okoli 4 %) je v temnih grobih mokah iz zunanjih plasti zrn (alevrnskega sloja, zunanjih plasti endosperma, pokrivala zrna, embria). Ta povezava pa ne velja v celoti za frakcijo otrobov in luščin (z granulacijo nad 1000 μm).

Tatarska ajda ima bistveno višjo vsebnost flavonoidov kot navadna ajda (tudi več kot 100-krat več v moki). Najvišja vsebnost flavonoidov je v mlevskih frakcijah tatarske ajde T1 (z granulacijo nad 100 μm do vključno 1000 μm) in sicer 3,5–4,5 % flavonoidov/SS.

Tako tatarska kot navadna ajda v vseh mlevskih frakcijah vsebujeta tanine; najvišja koncentracija taninov (0,8 %/SS pri navadni ajdi in 1,3 %/SS pri tatarski ajdi) je v mlevski frakciji z granulacijo nad 236 μm do vključno 1000 μm .

Flavonoidi, pa tudi tanini, se po mlevskih frakcijah (z različno granulacijo) različno razporejeni. Razporeditev med mlevskimi frakcijami ni enaka pri tatarski in navadni ajdi.

Različni vzorci tatarskih ajd (T1, T2) se med seboj razlikujejo po vsebnosti polifenolnih spojin, posebej

velike so razlike v vsebnosti flavonoidov, manjše pa so razlike v koncentracijah taninov.

Pri neposrednem stiku mlevskih frakcij tatarske in navadne ajde z vodo vsebnost flavonoidov v vseh mlevskih frakcijah naraste (tudi za 100 % in več) v prvih 5–30-ih minutah delovanja. Ugotovljamo tesno povezavo ($r^2 = 0,9257$; $p < 0,05$) med vsebnostjo flavonoidov v moki ter vsebnostjo flavonoidov po 5-minutnem stiku z vodo. Po 5-ih minutah mešanja moke in vode koncentracije flavonoidov vedno narastejo. Po eni uri začne koncentracija flavonoidov padati zaradi razpada flavonoidov, oksidacijsko redukcijskih procesov, encimatskih procesov in drugih biokemijskih reakcij. Koncentracija flavonoidov po 24-ih urah stika moke z vodo je vedno nižja v primerjavi z začetno vrednostjo flavo-

noidov v testu po 5-tih minutah stika z vodo. Ugotovljamo tesno povezavo med tema dvema parametroma ($r^2 = 0,9953$; $p < 0,05$).

Pri neposrednem stiku moke z vodo koncentracija taninov rahlo niha. Tako po 5-ih minutah, 30-ih minutah, 1 uri ali 24-ih urah zaznavamo rahle poraste in padce vsebnosti taninov, a bistveno se koncentracije ne spreminjajo.

Vpliva večje ali manjše količine vode pri pripravi testa nismo ugotovili. Pri dodajanju večje količine vode v testo (2-krat višje kot je običajna količina vode za pripravo testa) nismo opazili razlik v koncentracijah flavonoidov in taninov v primerjavi z običajno (manjšo) količino vode za pripravo testa.

6 POVZETEK

Ajda je zanimiva alternativna poljščina, precej podobna žitom v načinu pridelave in tudi uporabe. Najpogostejši vrsti v pridelavi, predelavi in uporabi sta navadna ajda (*Fagopyrum esculentum* Moench) in tatarska ajda (*F. tataricum* Gaertn.). Zrnje ajde vsebuje prehransko pomembne polifenolne spojine. Vsebnost polifenolov v ajdovi moki je višja kot v mokah iz pšenice, koruze, riža in ječmena. Zrnje ajde, kakor tudi rastlina, vsebuje flavonoide, različne fenole in tanine. Ajda je vir rutina. Med vrstami in sortami ajd obstajajo razlike v vsebnosti flavonoidov, tudi rutina. Ajda je naravno funkcijsko živilo, saj ima biološko pozitivne vplive na človekov organizem zaradi sestavin, ki jih vsebuje. O terapevtskih, medicinskih, farmacevtskih, kozmetičnih, prehranskih in drugih vplivih in učinkih ajde poročajo različni avtorji.

Kot material za raziskavo smo uporabili vzorce zrnja oz. moke navadne ajde (*F. esculentum* Moench) in tatarske ajde (*F. tataricum* Gaertn.). Preučevali smo 3 vzorce tatarske ajde iz Luksemburga (T1, T2, T3) ter 2 vzorca navadne ajde iz Slovenije (cv. 'Darjo' in 'Sivo'). Z mletjem in presejanjem navadne ajde 'Darja' in tatarske ajde (vzorca T1 in T2) smo pripravili štiri frakcije z različnimi granulacijami ter iz njih pripravili testo oziroma luščine in otrobe navlažili z vodo. S spektrofotometričnimi analizami smo spremljali deleže posameznih frakcij, vsebnost beljakovin in pepela v vseh mlevskih frakcijah in presejanih podfrakcijah ter koncentracijo flavonoidov in taninov v vzorcih moke in testa (liofilizirani vzorci).

Za analitično določanje smo uporabili naslednje metode: vsebnost beljakovin (po Kjeldahlu); vsebnost pepela (s sežigom pri 900 °C); spektrofotometrično

smo analizirali vsebnost flavonoidov (z $AlCl_3$) in taninov (z vanilin-HCl metodo). Mletje smo opravili z laboratorijskimi mlini za mletje žit, za presejanje smo uporabili laboratorijska planska sita.

Pri mletju in presejanju zrnja tatarske in navadne ajde v štiri podfrakcije smo dobili 48 % finih belih mok (z granulacijo do vključno 100 μm), 31–34 % grobih temnejših mok z otrobi (z granulacijo nad 100 μm do vključno 1000 μm) ter 18–21 % luščin z otrobi (z granulacijo nad 1000 μm). Ugotovljena je pozitivna linearna povezava ($r^2 = 0,8469$) med vsebnostjo beljakovin in pepela v mlevskih frakcijah različnih granulacij. Nizka vsebnost beljakovin (okoli 5,5–6,6 % beljakovin) in nizka vsebnost mineralnih snovi (okoli 1 %) je v finih belih mokah, zmletih iz notranjega dela zrn (centralnega endosperma), ter visoka vsebnost beljakovin (19–26 %) in visoka vsebnost pepela (okoli 4 %) je v temnih grobih mokah iz zunanjih plasti zrn (alevrnskega sloja, zunanjih plasti endosprema, pokrivala zrna, embria). Ta povezava pa ne velja v celoti za frakcijo otrobov in luščin (z granulacijo nad 1000 μm).

Z vidika funkcijskega dodatka so zanimive mlevske frakcije z granulacijo nad 100 μm do vključno 1000 μm (teh je pri mletju okoli 30 %); nezanimive pa so frakcije finih belih mok z granulacijo pod 100 μm (pri mletju nastaja skoraj 50 % belih mok), saj so revne z beljakovinami, minerali in flavonoidi. Zbiranje in mešanje frakcij (z granulacijo nad 100 μm do vključno 1000 μm), predvsem pri tatarski ajdi, pomeni najboljšo izbiro moke glede vsebnosti beljakovin, pepela, pa tudi vsebnosti flavonoidov.

Tatarska ajda ima bistveno večjo vsebnost flavonoidov kot navadna ajda (tudi več kot 100-krat več flavo-

noidov v moki). V preiskovanih vzorcih je najvišja vsebnost flavonoidov (3,5–4,5 % flavonoidov/SS) v mlevskih frakcijah tatarske ajde T1 (z granulacijo nad 100 µm do vključno 1000 µm). Frakcija luščin tatarske ajde ima nizko vsebnost flavonoidov, zanimivejša pa je frakcija luščin navadne ajde, saj je koncentracija flavonoidov v luščinah navadne ajde visoka v primerjavi z drugimi mlevskimi frakcijami navadne ajde.

Navadna in tatarska ajda v vseh mlevskih frakcijah vsebuje tanine; najvišja koncentracija taninov je v mlevski frakciji z granulacijo nad 236 µm do vključno 1000 µm (0,8 % taninov/SS v navadni ajdi in 1,3 % taninov/SS v tatarski ajdi).

Pri neposrednem stiku mlevskih frakcij ajde z vodo vsebnost flavonoidov v vseh mlevskih frakcijah naraste v prvih 5-ih minutah delovanja (v primerjavi z izhodiščnim vzorcem brez vode). Po eni uri začne koncentracija flavonoidov padati, predpostavljamo, da zaradi encimatskih procesov, oksidacijsko redukcijskih procesov in drugih biokemijskih reakcij. Koncentracija flavonoidov po 24-ih urah stika moke z vodo je v primerjavi s količino flavonoidov v testu po 5-tih minutah stika z vodo vedno nižja. Ugotovljamo linearno korelacijo tega para spremenljivk ($r^2 = 0,9953$; $p < 0,05$).

Koncentracija taninov v testih je variabilna. Po 5-ih minutah, 1 uri in 24-ih urah od priprave testa zaznavamo rahla nihanja v vsebnosti taninov, a bistveno se koncentracije ne spreminjajo.

Pri pripravi testa nismo ugotovili vpliva večje ali manjše količine vode za zamesitev na vsebnost polifenolnih spojin. Pri pripravi mehkih test (2-krat večja količina vode za pripravo testa kot je običajna) nismo ugotovili razlik v koncentracijah flavonoidov in taninov v primerjavi z običajno (manjšo) količino vode za pripravo test standardne konsistence.

Ajda se v prehrani uporablja tehnološko obdelana, oluščena, zmleta, pripravljena pri različnih temperaturah in v različnih medijih, najpogosteje z vodo in visokimi temperaturami, zato raziskave, ki posnemajo tehnološke procese in proizvodnjo živil iz ajdovih mok dajejo pomembne informacije predvsem v povezavi s prehransko vrednostjo tudi s sestavinami, ki postajajo pomembne zaradi svojih antioksidativnih lastnosti in posledično ugodnega vpliva za zdravje ljudi.

Poleg virov, citiranih v tekstu te razprave, so v seznamu literature navedeni tudi drugi pomembnejši viri, neposredno povezani z obravnavano tematiko.

7 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 contains nutritionally important polyphenolic compounds; their concentration in buckwheat grain and products is higher than in wheat, maize, rice or barley. Grain, as well as the green parts of buckwheat plants, contain flavonoids, tannins and other phenolic substances.

Among buckwheat species and varieties, there are differences in the content of flavonoids. Buckwheat is a natural functional food with a beneficial influence on human health due to its chemical composition. Several authors have reported on the medical, pharmaceutical, cosmetic, nutritional and other benefits of a buckwheat diet.

Three samples (T1, T2, T3) of Tartary buckwheat (*F. tataricum* Gaertn., domestic cv. from Luxemburg), and two samples of common buckwheat (*F. esculentum* Moench, cvs. 'Darja' and 'Siva') were tested for their concentrations of phenolic substances, and concentration levels of protein (according to Kjeldahl), ash (combustion at 900 °C), total flavonoids (spectropho-

tometric, with $AlCl_3$), tannins (with vanillin-HCl method). Samples were milled with laboratory mills and sifted using laboratory planar sieves.

Four milling fractions with different granulation were analysed, namely fine white flour (48 % yield, granulation up to 100 µm), husks with some bran (20 % yield, granulation above 1000 µm); and two fractions of coarse darker flours (with some remnants of husk). The milling fractions contained 5.5–26 % proteins, 1–4 % mineral substances, 0.02–4.47 % flavonoids and 0.08–1.25 % tannins (dmb, dry matter basis). A positive linear correlation was established ($r^2 = 0.8469$) between the content of proteins and minerals in different milling fractions.

Flavonoids and tannins are unevenly distributed among milling fractions. Their distribution was different in Tartary buckwheat, in comparison to common buckwheat. From the point of view of functional food, milling fractions with particle size over 100 µm, up to 1000 µm (the yield of latter is after milling about 30 %) is of primary interest, as they have the highest concentration of flavonoids.

The study used prepared dough made from mixtures of flour milling fractions and water. Analytical

samples were taken at different time-points up to 24 hours after the commencement of the contact of the water with the milling fractions. They were immediately frozen, stored at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ and freeze-dried for analytical sample milling and analyses. The fraction containing husk and some bran had a low flavonoid content (0.18 % flavonoids, dmb), which is important in the analysis of common buckwheat, as the concentration of flavonoids was higher in the husk fraction of common buckwheat than in the common buckwheat flours (0.06 % flavonoids, dmb). Tartary buckwheat had a higher concentration of total flavonoids and rutin (0.70–4.47 % flavonoids) in comparison to common buckwheat (0.02–0.04 % flavonoids), but this is not the case for tannins. Concentration of tannins did not change significantly during the dough making or resting process, and two different concentrations of water was determined to have no impact on the content of extractable polyphenolic substances.

From the point of view of functional food items, there are most interesting mixtures of flours with granulation between $100\text{ }\mu\text{m}$ up to $1000\text{ }\mu\text{m}$, especially in Tartary buckwheat, in regard to the content of proteins, minerals, and most valuable flavonoids.

Tartary buckwheat contained significantly more flavonoids (especially rutin) in comparison to common buckwheat (up to 100-times more total flavonoids). In the investigated samples, the highest concentration of flavonoids (3.5–4.5 % flavonoids, dmb.) was in the Tartary buckwheat milling fractions of sample T1 (granulation above $100\text{ }\mu\text{m}$, up to including 1000

μm). The husk fraction of Tartary buckwheat had a low concentration of flavonoids, but more interesting was the husk fraction of common buckwheat, which evidenced a higher concentration of flavonoids in comparison to other milling fractions of common buckwheat.

Tartary and common buckwheat contained tannins in all the milling fractions studied, with the highest concentration (0.8 % in common buckwheat and 1.3 % in Tartary buckwheat) in the milling fraction with granulation from $236\text{ }\mu\text{m}$ to $1000\text{ }\mu\text{m}$.

In cases of direct contact of the milling fraction particles with water, the extractable amount of flavonoids rose in the first 5 minutes of dough preparation when compared to the amount extracted directly from flours, and a positive linear correlation between both values ($r^2 = 0.9257$; $p < 0.05$) was established. Concentration of flavonoids after 24 hours of dough resting was always lower in comparison to that which occurred after 5 minutes of dough making ($r^2 = 0.9953$; $p < 0.05$).

In human nutrition, buckwheat is technologically processed, husked, milled, and treated at different temperatures and in different media, frequently with water and high temperature. In simulating these technological process and conditions in the industrial production of foods from buckwheat, this study yields important information about the impact of different factors on the nutritional value of products, the state of constituents important for their antioxidative value, and on other characteristics important for the health of consumers.

ZAHVALA

Projekta (št. L4-7552, »Optimizacija pridelave ječmena in ajde za trajnostno pridobivanje živil z visoko uporabno vrednostjo« in L4-9305, »Lokalno pridelana ajda kot surovina za proizvodnjo kakovostnih živil«; slednji s sofinanciranjem Ministrstva za kmetijstvo, gozdar-

stvo in prehrano Republike Slovenije) je sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna. Avtorici se zahvaljujeta Vidi Škrabanja, Mateji Germ in Ivanu Kreftu za pripombe in nasvete pri raziskavi.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors acknowledge the projects (»Optimisation of barley and buckwheat processing for sustainable use in high quality functional food«, ID L4-7552 and »Locally grown buckwheat grain for production of high quality food products«, ID L4-9305; the latter with cofi-

nancing of Ministry of Agriculture, Forestry and Food, Republic of Slovenia), which were financially supported by the Slovenian Research Agency. Vida Škrabanja, Mateja Germ and Ivan Kreft are acknowledged for critical reading the manuscript and for advice.

LITERATURA – REFERENCES

- ABEYWARDENA, M. Y. & R. J. HEAD, 2001: *Dietary polyunsaturated fatty acid and antioxidant modulation of vascular dysfunction 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>
- AVGUŠTIN M., 2009: *Analiza vsebnosti antioksidantov in fagopirina v ajdovih kalčkih*. Diplomsko delo, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo: 54 str.
- 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.
- BOHM, B., 1998: *Introduction to Flavonoids. Volume 2*. Chemistry and Biochemistry of Organic Natural Products. Amsterdam, Harwood Academic Publishers: 503 str.
- 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>
- DANIŁA, 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>
- DUTRA, R. C., M. N. LEITE & N. R. BARBOSA, 2008: *Quantification of phenolic constituents and antioxidant activity of *Pterodon emarginatus* vogel seeds*. International Journal of Molecular Sciences, 9: 606–614.
- 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>
- DVOŘAČEK, 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: Krefť 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.).
- FERLIGOJ A., 1997: *Osnove statistike na prosojnicah*. Samozaložba Z. Batagelj. Ljubljana. <http://209.85.129.132./search?q=cache:Img191cPFHgJ:www.fu-student.com/forum/index.php%3Fact%Dattach%26type%3Dpost%26id%3D735+vzor%C4%8Dni+standardni+odklon&&cd=9&hl=sl&ct=clnk&gl=si> (4.1.2010)
- FERLIGOJ A. & K. LOZAR MANFREDA, 2009: *Študijsko gradivo za statistiko*. <http://www.fdv.uni-lj.si/Index.asp> (4.1.2010)
- 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. Krefť (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 infunctional 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: *Environmental 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. VOGRINČIĆ & I. KREFT, 2009: *Antioxidative substances of Tartary buckwheat sprouts and impact of Se and Zn on the sprout development*. In: Park C. H. & I. Krefť (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. Krefť (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/botcro-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: *Nutritonal profile of minerals in bukwhheat 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. (Chunchon, IBRA), pp. 577–580.
- KASTELEC D., 2007a: *Program R, okvir z ročaji, opisne statistike, histogram z neenako širokimi razredi*. Gradivo za vaje pri predmetu Statistične metode, 1. in 2. letnik študija Biotehnologije ter 2. letnik Mikrobiologije, šol. l. 2007/08.
http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2763/BT_MB_07_08/VAJA5_SM.pdf (1. 2. 2010)
- KASTELEC D., 2007b: *Linearna regresija, korelacija*. Gradivo za vaje pri predmetu Statistične metode, 1. in 2. letnik študija Biotehnologije ter 2. letnik Mikrobiologije, šol. l. 2007/08.
http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2763/BT_MB_07_08/VAJA12_SM.pdf (1. 2. 2010)
- 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. (Chunchon, 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. (Chunchon, 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. (Chunchon, 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., M. 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.
- 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. CHRUNGGOO, 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 photoperiods 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, 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.
- LUTHAR, Z. & I. KREFT, 1999: *Influence of temperature on tannin content in different ripening phases of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) seeds*. Fagopyrum 16: 61–65.
- 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.
- MAKKAR H. P. S. & K. BECKER, 1993: *Vanillin-HCl method for condensed tannins: Effect of organic solvents for extraction of tannins*. Journal of Chemical Ecology, 19: 613.
- 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. PAGESCHI & 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.
- MORITA, K., R. 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/pps.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>
- MUCHUWETI M., A. NDHLALA & A. KASIYAMHURU, 2005: *Estimation of the degree of polymerization of condensed tannins of some wild fruits of Zimbabwe (Uapaca kirkiana in Ziziphus mauritiana) using the modified vanillin-HCl method*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85: 1647–1650.
- 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. <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 prehrabeno 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. MYZKA, 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. MYZKA, 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)
- RUSO, A., R. ACQUAVIVA, A. CAMPISI, A. SORRENTI, C. DI GIACOMO, G. VIRGATA, L. BARCELONA & 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>
- SCHOBER, 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, New York, Washington, CRC Press: 576 str.
- 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. THORNER & 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/jcsc.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>
- STEHNO, 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>
- 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/CCHEM.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, 2006a: *Plant physiology. Fourth Edition*. Sunderland Massachusetts, 623 str.
- 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*. *Phytochemistry (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. *Prehrambenobioteknološki fakultet. Zagreb.*
<http://www.pbf.hr/.../Tvri+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.
- VOMBERGAR, B., V. ŠKRABANJA, Z. LUTHAR & M. GERM, 2017: *Izhodišča za raziskave učinkov flavonoidov, taninov in skupnih beljakovin v frakcijah zrn navadne ajde (Fagopyrum esculentum Moench) in tatarske ajde (Fagopyrum tataricum Gaertn.).* Folia biologica et geologica 58(2): 101–145.
<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0031>, doi: 10.3986/fbg0031
- WALTON M.F., F. A. HASKINS & H. J. GORZ, 1983. *False positive results in the Vanillin-HCl Assay of Tannins in Sorghum Forage.* Crop Science, 23: 197–200.
- 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. VOGRINČIČ, 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. VOGRINČIČ, 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. BAILI, 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 J., J. Wang & J. Brodbelt, 2005: *Characterization of flavonoids by aluminium complexation and collisionally activated dissociation*. Journal of Mass Spectrometry, 40: 350-363.
- 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. KOZLOWSKA, 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>

PHYTHO GEOGRAPHIC ANALYSIS OF SLOVENIA

FITOGEOGRAFSKA OZNAKA SLOVENIJE

Mitja ZUPANČIČ¹ & Branko VREŠ²

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0048>

ABSTRACT

Phytogeographic analysis of Slovenia

On the basis of the flora and vegetation and phytogeographical areas of Slovenia, we wanted to determine as objectively as possible the distribution of plant provinces, with an emphasis on the Illyrian province, which is characteristic of Slovenian territory. In the phytogeographical analysis of Slovenia we defined a new, pre-Noricum-Slovenian floral province. Five floral provinces in Slovenia are thus now known: Alpine province of the Alpine-High-Nordic region and Central European, Illyrian, Illyrian-Adriatic and Pre-Noricum-Slovenian floral provinces of the Euro-Siberian-North American region.

Key words: flora, vegetation, phytogeography, Slovenia

IZVLEČEK

Fitogeografska oznaka Slovenije

Na osnovi flore in vegetacije ter fitogeografskih območij Slovenije smo želeli čimbolj objektivno opredeliti razširjenost rastlinskih provinc s poudarkom na ilirski provinci, ki je značilna za slovensko ozemlje. Pri fitogeografski analizi Slovenije smo izdvojili (opredelili) novo, prenorijško-slovensko rastlinsko provinco. Tako je v Sloveniji zdaj znanih pet rastlinskih provinc, in sicer: alpska provinca alpsko-visokopordijske regije ter srednjeevropska, ilirska, ilirsko-jadranska in prenorijško-slovenska rastlinska provinca evrosibirsko-severnoameriške regije.

Ključne besede: flora, vegetacija, fitogeografija, Slovenija

¹ SAZU, Novi trg 3, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

² ZRC SAZU, Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, branevr@zrc-sazu.si

1 INTRODUCTION

In 1969, M. WRABER (1969) developed a phytogeographical division of Slovenia into six areas, on the basis of the then knowledge of forest vegetation: Alpine, pre-Alpine, Dinaric, pre-Dinaric, sub-Mediterranean and sub-Pannonian phytogeographical areas. With new knowledge of the vegetation of Slovenia and consideration of the flora, the phytogeographical regions were subdivided into lower units - districts, and the boundaries or delimitation between the areas were supplemented or adjusted, especially between the Alpine and pre-Alpine areas. At the same time, the authors' desire was to set these phytogeographical units in the appropriate, standardly valid plant provinces, which was also done (ZUPANČIČ et al., 1987).

In connection with the occurrence of flora, or individual species, that are exclusively or mostly present in a particular phytogeographical area and in a particular district, we wanted to confirm the correctness of the delimitation or boundaries of a particular area or district. Based on maps of species distribution in the Materials for the Atlas of flora of Slovenia (JOGAN et al., 2001) and data from the FloVegSi database (T. SELIŠKAR et al., 2003), in a simplified way with a lattice of phytogeographical areas and districts using selected/defined diagnostic species, we established exclusive or mostly present flora for an individual phytogeographical area or subordinate phytogeographical unit (district). Diagnostic species were defined as: (i) exclusively or predominantly present species (such that occur exclusively in only one area); and (ii) mainly present species (such as those that are mainly widespread in only one region and only a few individual sites in a few other areas). The simple way of determining the presence of flora is merely relative, with certain deviations, such as in the frequency of a taxon quantitatively undefined on the map of distribution of species, subspecies, varieties: the sign of presence of a species in a quadrant may mean the occurrence/presence of one or more sites of the species, or the occurrence of multiple instances of the plant or only one individual. Nevertheless, the information is sufficiently clear and useful. In addition to taking into account the currently known Slovenian distribution of a taxon, we used its broader (terrestrial) chorological affiliation (geoelement, floral element) and biological form. These elements show the biological and ecological conditions in relation to the living conditions in which the plant thrives.

The discussion is divided into two chapters. In the first chapter, we determine the frequency of plant species in phytogeographical areas or districts, which is

the basis for the second chapter on the division of Slovenia into floral provinces. In addition to the flora, vegetation and the existing phytogeographical division of Slovenia, we also took into account the publications of the most relevant botanists - phytogeographers from the earlier period, whose work is directly or indirectly related to Slovenia, such as: ADAMOVIĆ (1906), BECK (1907, 1908, 1913), HAYEK (1907, 1923); HORVAT (1954, 1962), HORVATIĆ (1957, 1963), MAYER (1946, 1950, 1951, 1952, 1953, 1960), MEUSEL et al. (1965), M. WRABER (1969), Soó (1961), POCS (1960), KARPATI (1966). We also took into account the work of botanists and phytogeographers from recent decades, such as Nada PRAPROTNIK (1987), TRINAJSTIĆ (1976, 1986, 1995), ŠUGAR (1984, 1995 with colleagues), MARINČEK (1994), KOŠIR (1975) and ZUPANČIČ and colleagues (1987, 1995).

The first coordinating works for defining and connecting phytogeographical areas with standard plant provinces were already established in the nineties of the last century (ZUPANČIČ et al., 1987, 1995). We have devoted ourselves thoroughly to the problem in the present discussion.

The first reconciliation of WRABER's (1969) phytogeographical regions with standard plant provinces was based primarily on forest or potential natural vegetation, and it had a more modest floristic basis (ZUPANČIČ et al., 1987). We encountered great difficulties in this reconciliation, especially in defining and delineating in the transalpine region of north-eastern Slovenia (Prekmurje, Prlekija), where a special Drava-Mura district was envisaged. In addition, at that time we were convinced that four regions were represented in Slovenia: in addition to the Euro-Siberian-North American and Alpine-High-Nordic, the Mediterranean and Pannonian-Pontic regions. In the last analysis (ŠUGAR et al., 1995), it appeared that the last two regions do not exist in Slovenia, because we are unable to identify appropriate diagnostic species for them or they do not exist at all (e.g., for the Pannonian-Pontic region). We found out that Mediterranean evergreen vegetation and flora is fragmentarily present on only few square meters at Osp, Stena nad Dragonjo and on the Strunjan cliff. This discussion gives greater stress to the floral basis, i.e., the distribution of species and findings of older authors - phytogeographers (Adamović, Beck, Hayek, etc.). Our aim is to show, as realistically as possible, in connection with natural geographical features, the phytogeographical division of Slovenia into plant provinces. In particular, we were interested in the extent of the Illyrian floral province,

which is a speciality of our country: it stretches from the southeast of the Balkan Peninsula and ends more or less here, or even slightly towards the northeast.

Today, 32 districts are recognised in Slovenia, in six phytogeographical areas, and five plant provinces

in two floral regions. The occurrence of the fifth province – pre-Noricum-Slovenian - is foreseen for the territory of northeastern Slovenia and will be distinguished (delimited) from the Central European province.

2 FREQUENCY AND OCCURENCE OF PLANT SPECIES IN PHYTOGEOGRAPHIC AREAS OF SLOVENIA

Slovenia is divided into 6 phytogeographic areas: Alpine, pre-Alpine, Dinaric, pre-Dinaric, sub-Mediterranean and sub-Pannonian (M. WRABER 1969). An upgrading of the phytogeographic areas of Slovenia determined lower phytogeographic units, such as provinces, sectors, subsectors and the lowest unit, districts (ZUPANČIČ et al. 1987, ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995). We were interested in how many plant species with subspecies grow exclusively in a single phytogeographic area or in individual districts of one or another phytogeographic area.

From 3192 (JOGAN et al. 2001) to around 3450 taxons or even more (T. SELIŠKAR et al. 2003, MARTINČIČ et al. 2007) are recorded today in Slovenia. This takes into account all taxons, not just autochthonous species. For this kind of research, we used the published list of plant species of JOGAN et al. (2001), which is already somewhat obsolete, in terms of both number and nomenclature of taxons. In relation to the actual designation of taxons, we used the most recent plant key (MARTINČIČ et al. 2007) and the computer program FloVegSi (T. SELIŠKAR et al. 2003).

Each phytogeographic area has some special plant species that only thrive in that specific phytogeographic area. The aforementioned settlement of a specific plant in only one phytogeographic area conditions its phytogeographic distribution, together with specific ecological conditions, such as climate or mezzo- and microclimate, geological base, relief, exposure, altitude, morphology of the terrain, soil, as well as anthropological influences and more. Research has shown that the sub-Mediterranean and Alpine phytogeographical areas are floristically richest. The cause is probably the pronounced climatic and geological-morphological conditions. In the Alpine phytogeographic area, it is cold, fairly damp, with an alpine-continental climate with varied orographic and relief forms. The sub-Mediterranean phytogeographic area is warm, less moist, humidity is present above all in autumn and partially spring, and there are often summer droughts with occasional extreme high temperatures. It is a hilly world, although the relief is richly broken. Carbonate and sili-

cate geological bases alternate in both phytogeographic areas. One would expect numerous plant particularities in the sub-Pannonian area but it is already known from floristic research that the region is impoverished with Pannonian-Pontic species. There is no explicit sub-Pannonian, let alone Pannonian continental climate in Slovenia. We are only on the edge of the sub-Pannonian phytogeographic area, which is not settled by explicitly Pannonian-Pontic species. The Slovene Dinaric and pre-Dinaric areas are particularities on a European scale. They extend from the southeast to the northwest, from the Kolpa to the Soča above the sub-Mediterranean area. The Dinaric area is orographically varied, for the most part carbonate, damp under the influence of an Atlantic climate. The pre-Dinaric area is similarly for the most part carbonate, hilly, with a continental climate. The areas are floristically rich, full of Dinaric-Balkan floristic particularities. Both areas have few species that grow (thrive) exclusively in the Dinaric or pre-Dinaric phytogeographic area. One cause is the interweaving of Dinaric-Balkan or southeast European-Illyrian species between the two phytogeographic areas.

There are a great many fewer plant species that thrive exclusively in districts. There are simply no such species in some districts, e.g., in few districts of the pre-Dinaric phytogeographic area, where there are none of them in three of eight districts, or in the Alpine area, where there are very few in three of nine districts or in the Dinaric area where there are none in one of four districts. Districts in other phytogeographic areas are more or less rich with their own plant species. The floristically richest are the Koper-Šavrinja (180), Ptuj (Drava-Mura) (58), Karst-Vipava (57), Kranjska (48) and Štajerska-Koroška (37) districts.

What does the number of species in individual phytogeographic areas or in their districts mean?

The richness of flora in individual phytogeographic areas or in their districts certainly means or confirms that these phytogeographic units are justified and well

chosen; it indicates their floristic and ecological particularity. These species can be classified among diagnostically important species or even among characteristic or distinguishing species, as a supplement to already chosen or established characteristic species of a particular phytogeographic area. The Alpine phytogeographic area is recognised by its particular cryophilous species, such as the endemics *Campanula x vrtaensis*, *P. alpinum* subsp. *victoris*, *Nigritella kossutensis* and *N. ravnikii* or sub-endemics, e.g., *A. tauricum* subsp. *hayekianum*, *A. tauricum* subsp. *tauricum*, *A. tauricum* subsp. *latemarense*, *Campanula zoysii*, *Cerastium julicum*, *Festuca calva*, *F. laxa*, *Gentiana froelichii*, *Heracleum austriacum* subsp. *siifolium*, *Leucanthemum lithopolitanicum*, *Nigritella lithopolitana*, *N. widderi*, *N. archiducis-joannis*, *Papaver alpinum* subsp. *ernesti-mayeri*, *Pedicularis elongata* subsp. *julica*, *Saxifraga hohenwartii*, *Scorzoneroides crocea* etc.

The sub-Mediterranean area is marked by thermophilous sub-Mediterranean and Mediterranean species, which are not found in other phytogeographic areas, e.g., *Asparagus maritimus*, *Cistus salvifolius*, *Colutea arborescens*, *Coronilla cretica*, *Euphrasia marchesettii*, *Osyris alba*, *Rubia peregrina*, *Smilax aspera*, *Viburnum tinus*, or some quite rare woody species in Slovenia, such as: *Celtis australis*, *Pistacia terebinthus* and *Quercus ilex*. In addition to the enumerated species, some (sub)endemics also appear in the sub-Mediterranean region, namely: *Alyssum montanum* subsp. *montanum*, *Campunula marchesettii*, *Hieracium dragicola*, *Knautia drymeia* subsp. *tergestina*, *Moehringia tommasinii*, *Ranunculus pospichalii* etc.

The Dinaric phytogeographic area is floristically rich but modest in terms of particularities or species growing exclusively or predominantly in this area. Four Slovene endemics thrive here: *Hladnikia pastinacifolia*, *Primula carniolica* with the hybrid *Primula x venusta* and *Ranunculus wraberii*. Dinaric-Balkan species that occur exclusively in the Dinaric area arrived here from the southeast, namely: *Cerastium dinaricum*, *Edraianthus graminifolius*, *Festuca bosniaca*, *Helianthemum rupifragum*, *Polygala croatica*, *Thymus balcanus*, which, with the endemics, excellently define the Slovene Dinaric phytogeographic area.

The sub-Pannonian phytogeographic area, which is on the extreme westerly sub-Pannonian rim, does not have explicitly Pannonian-Pontic species. The majority of these are generally widespread species of the Pannonian region but which do not reach our other phytogeographic areas, namely: *Daphne cneorum* subsp. *arbusculoides*, *Epipactis nordeniorum*, *Gagea spathacea*, *Moenchia mantica* subsp. *caerulea*, *Myosotis laxa*, *Papaver dubium*, *Potentilla supina*, *Pulmonaria*

mollis, *Pulsatilla grandis*, *Veronica triphyllos*, *Viscum laxum* etc. In the Slovene sub-Pannonian phytogeographic area some generally widespread species occur more frequently and in larger numbers than in other phytogeographic areas of Slovenia, whereby they give a particular seal to the Slovene sub-Pannonian area, namely: *Chenopodium rubrum*, *Cynosorus echinatus*, *Epipactis voethii*, *Omphalodes scorpioides*, *Scirpus radicans*, *Trifolium pannonicum* etc.

The River Mura and its tributaries have created oxbows, backwaters, standing water; in places artificial lakes have been formed by the abandonment of gravel pits, or fishponds have been created, individual ones of which have been abandoned. A special riverine, swamp or wetland flora has developed on these water surfaces, typical of the Slovene sub-Pannonian phytogeographic area. Such plants include: *Cyperus michelianus*, *Montia fontana*, *Marsilea quadrifolia*, *Nymphoides peltata*, *Potamogeton obtusifolius*, *Typha minima*, *Stratiotes aloides*, *Wolffia arrhiza*. Some species also occur elsewhere in ecologically similar wetland habitats, in other phytogeographic areas, although they are frequent and more constant in the sub-Pannonian region: *Cyperus glomeratus*, *Lemna trisulca*, *Scirpus radicans*, *Typha laxmanii* etc. All the enumerated species can be considered more or less diagnostic species of the Slovene sub-Pannonian phytogeographic area.

The pre-Alpine phytogeographic area is not as rich as the Alpine area in plant species that thrive exclusively in it. Only some interesting plants are present, including the endemics *Leontodon berinii*, *Moehringia villosa*, *Ranunculus thora* f. *pseudoscutatus*, *R. aesotinus* and *Saxifraga paradoxa* and the protected species *Gladiolus imbricatus*, *Daphne cneorum* subsp. *cneorum*, *Liparis loeselii*, *Lycopodiella inundata* etc. In addition to the enumerated, the following species are interesting: *Cirsium waldsteini*, *Diphasiastrum alpinum*, *Euphorbia triflora* subsp. *kernerii*, *Poa carniolica*, *Primula veris* subsp. *canescens*, *Woodсия ilvensis*, which are more or less reliably ranked among diagnostically important species of the Slovene pre-Alpine phytogeographic region. The majority of the enumerated species arrive here from the west. One could probably find some other interesting and rare species that mark the Slovene pre-Alpine region.

The pre-Dinaric phytogeographic area is the poorest in exclusive plant species, although it is floristically rich. A smaller selection of flora nevertheless marks this phytogeographic area, despite the fact that some of the mentioned species individually thrive in the Dinaric, sub-Mediterranean or even pre-Alpine phytogeographic areas. Constant, growing exclusively or mainly in the pre-Dinaric phytogeographic area, are:

Acer obtusatum, *Aconitum variegatum* subsp. *nasutum*, *A. vitosanum*, *Asplenium trichomanes* subsp. *pachyrhachis*, *Dianthus giganteus* subsp. *croaticus*, *Erysimum carniolicum*, *Fumaria officinalis* subsp. *wirtgenii*, and *Rosa blanda*.

The majority of the districts of the phytogeographic areas have their own growing species, as is evident from Tables 1 and 2. However, some districts do not have them or very few of them: such as the Southeast Alps district and Primorje-Julian Alps district in the Alpine phytogeographic region, Krim-Mokrica-Gotenica district in the Dinaric phytogeographic area and West Dolenjska, Notranjsko, Polhov gradec, Ig, Bohor-Kum and Central Dolenjska districts in the pre-Dinaric phytogeographic area. However, species from other phytogeographic areas have arrived in these districts, which one would not expect here. They thus give these districts a specific floristic and ecological seal or difference that justifies their existence. A clear example is the Ig district, in which there are some Alpine and numerous Dinaric species. Alpine

species characterise the particularity of the district. Because of the presence of Dinaric species, it is not clear whether to rank it into the pre-Dinaric (ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995) or Dinaric phytogeographic area, in which ACCETTO (2010) places it.

For phytogeographical areas and districts, we analysed plant species that exclusively or mainly thrive in a specific phytogeographical area and defined them according to biological forms and their phytogeographical distribution (by geoelements). This is shown in Tables 3-20. The selected plant species thus reflect a particular floral and ecological image of a particular district, and the group of flora of the districts in a certain phytogeographical area consequently shows its floral and ecological appearance (Tables 21-24). For the definition of biological forms and geoelements, we used the following literature: PIGNATTI (2005), in part AESCHIMANN et al. (2004) and to a lesser extent POLDINI (1991).

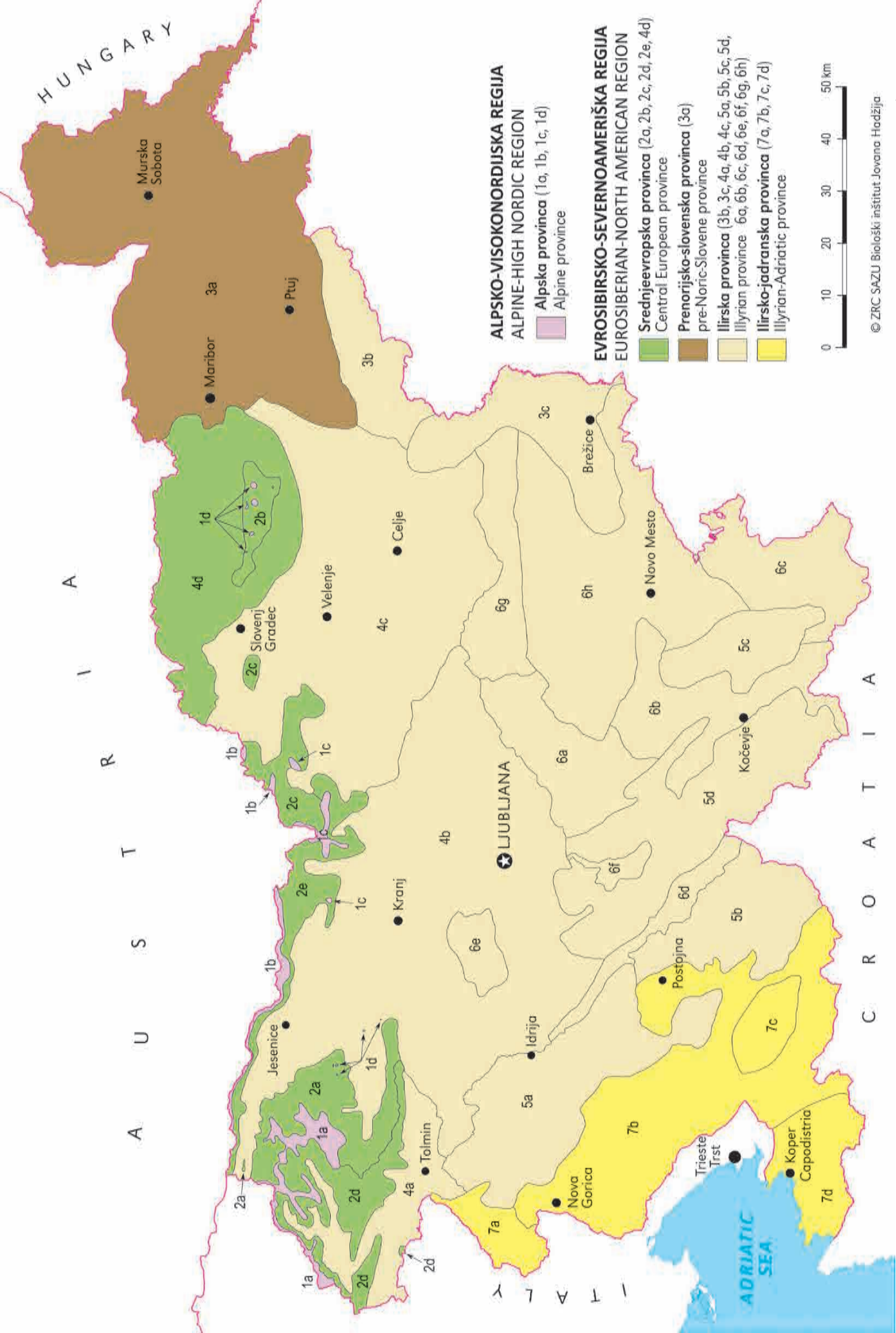
The analysis of exclusively or mainly present species in the Alpine phytogeographical area (Tables 3, 4

Table 1: Number of exclusively or mainly present species in phytogeographic areas
Tabela 1: Število vrst izključno ali večinoma prisotnih na fitogeografskih območjih

PHYTOGEOGRAPHIC AREA Fitogeogr. območje	ALPINE / ALPSKO	SUB-MEDI- TERRANEAN/ SUBMEDITER.	DINARIC / DINARSKO	SUB-PANNONIAN /SUBPANONSKO	PRE-ALPINE PREDALPSKO	PRE-DINARIC / PREDDINARSKO
NUMBER OF SPECIES						
in all districts/ v vseh distriktih	151	146	1	7	16	0
in individual districts / v posameznih distriktih	116	378	30	74	151	23
Predominantly in a phytogeographic area / pretežno na fitogeogr. območju	61	58	5	30	32	3
In all phytogeographic areas / na vsem fitogeografskem območju	328	582	36	111	199	26

Table 2: Number of species bound exclusively or mainly to an individual district
Tabela 2: Število vrst, ki so vezane izključno ali večinoma na posamezen distrikt

PHYTOGEOGRAPHIC AREA Fitogeogr. območje	1				2					7				5				3			4				6							
	a	b	c	d	a	b	c	d	e	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	a	b	c	d	a	b	c	d	e	f	g	h
1/2 ALPINE ALPSKO	11	8	2	2	20	3	9	4	7																							
7 SUBMEDITERRANEAN SUBMEDITERANSKO										9	57	5	180																			
5 DINARIC DINARSKO														10	18	0	2															
3 SUBPANNONIAN SUBPANONSKO																		58	8	6												
4 PREALPINE																					18	48	37	27								
6 PREDINARIC PREDDINARSKO																									0	0	8	3	0	1	4	2



ALPSKO-VISOKONORDIJSKA REGIJA
ALPINE-HIGH NORDIC REGION

- Alpska provinca (1a, 1b, 1c, 1d)
- Alpine province

EVROSIBIRSKO-SEVERNOAMERIŠKA REGIJA
EUROSIBERIAN-NORTH AMERICAN REGION

- Srednjeevropska provinca (2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 4d)
- Central European province
- Prenorjisko-slovenska provinca (3a)
- pre-Noric-Slovene province
- Ilirska provinca (3b, 3c, 4a, 4b, 4c, 5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f, 5g, 5h)
- Illyrian province 6a, 6b, 6c, 6d, 6e, 6f, 6g, 6h)
- Ilirsko-jadranska provinca (7a, 7b, 7c, 7d)
- Illyrian-Adriatic province



© ZRC SAZU Biološki inštitut Jovana Hadžija

Legend of districts – Legenda distriktov:

According to Zupančič & Vreš 2018, Map 1
(po Zupančič & Vreš 2018, Karta 1)

ALPSKO-VISOKONORDIJSKA REGIJA**ALPINE-HIGH NORDIC REGION****Alpska provinca – Alpine province**

- 1a Julijski distrikt – Julian (Alps)
- 1b Karavanški distrikt – Karavanke
- 1c Kamniško-savinjski distrikt – Kamnik-Savinja
- 1d Alpsko-pohorski distrikt – Alps-Pohorje

EVROSIBIRSKO-SEVERNOAMERIŠKA REGIJA**EUROSIBERIAN-NORTH AMERICAN REGION****Srednjeevropska provinca – Central European province**

- 2a Jugovzhodnoalpski distrikt – Southeast Alps
- 2b Subalpsko-pohorski distrikt – sub-Alpine-Pohorje
- 2c Gornjesavinjsko-koroški distrikt – Upper Savinja-Koroška
- 2d Primorsko-julijskoalpski distrikt – Primorje-Julian Alps
- 2e Zahodnokaravanško-kamniškoalpski distrikt – West Karavanke-Kamnik
- 2d Pohorsko-kobanski distrikt – Pohorje-Kozjak

Prenorijsko-slovenska provinca – pre-Noric-Slovene province

- 3a Ptujski (dravsko-murski) distrikt – Ptuj (Drava-Mura)

Ilirska provinca – Illyrian province

- 3b Haloški distrikt – Haloze
- 3c Bizeljsko-krški distrikt – Bizeljsko-Krško
- 4a Submediteransko-alpski distrikt – sub-Mediterranean-pre-Alpine
- 4b Kranjski distrikt – Kranjsko
- 4c Štajersko-koroški distrikt – Štajerska-Koroška
- 5a Trnovski distrikt – Trnova
- 5b Snežniško-risnjaški distrikt – Snežnik-Risnjak
- 5c Roški distrikt – Rog
- 5d Krimsko-mokriško-goteniški distrikt – Krim-Mokrica-Gotenica
- 6a Zahodnodolenjski distrikt – West Dolenjska
- 6b Kočevski distrikt – Kočevje
- 6c Belokranjski distrikt – Bela krajina
- 6d Notranjski distrikt – Notranjska
- 6e Polhograjski distrikt – Polhov Gradec
- 6f Iški distrikt – Ig
- 6g Bohorsko-kumski distrikt – Bohor-Kum
- 6h Osrednjedolenjski distrikt – Central Dolenjska

Ilirsko-jadranska provinca – Illyrian-Adriatic province

- 7a Briški distrikt – Briško
- 7b Kraško-vipavski distrikt – Karst-Vipava
- 7c Brkinski distrikt – Brkini
- 7d Kopersko-šavrinjski distrikt – Koper-Šavrinija

According to phytogeographic regions in M. Wraber 1969
(urejena po fitogeografskih območjih v M. Wraber 1969)

Alpine Region / alpsko območje (AL)

- 1a Julian (Alps) / julijski
- 1b Karavanke / karavanški
- 1c Kamnik-Savinja / kamniško-savinjski
- 1d Alps-Pohorje / alpsko-pohorski
- 2a Southeast Alps/jugovzhodnoalpski
- 2b Sub-Alpine-Pohorje / subalpsko-pohorski
- 2c Upper Savinja-Koroška / gornjesavinjsko-koroški
- 2d Primorje-Julian Alps/primorsko-julijskoalpski
- 2e West Karavanke-Kamnik / zahodnokaravanško-kamniški

pre-Pannonian Region / subpanonsko območje (SP)

- 3a Ptuj (Drava-Mura)/ptujski (dravsko-murski)
- 3b Haloze / haloški
- 3c Bizeljsko-Krško / bizeljsko-krški

pre-Alpine Region / predalpsko območje (PA)

- 4a Sub-Mediterranean-pre-Alpine / submediteransko-predalpski
- 4b Kranjsko / kranjski
- 4c Štajerska-Koroška / štajersko-koroški
- 4d Pohorje-Kozjak / pohorsko-kobanski

Dinaric Region / dinarsko območje (DN)

- 5a Trnova / trnovski
- 5b Snežnik-Risnjak / snežniško-risnjaški
- 5c Rog / roški
- 5d Krim-Mokrica-Gotenica / krimsko-mokriško-goteniški

pre-Dinaric Region / preddinarsko območje (PD)

- 6a West Dolenjska / zahodnodolenjski
- 6b Kočevje / kočevski
- 6c Bela krajina / belokranjski
- 6d Notranjska / notranjski
- 6e Polhov Gradec / polhograjski
- 6f Ig / iški
- 6g Bohor-Kum / bohorsko-kumski
- 6h Central Dolenjska / osrednjedolenjski

sub-Mediterranean Region / submediteransko območje (SM)

- 7a Briško / briški
- 7b Karst-Vipava / kraško-vipavski
- 7c Brkini / brkinski
- 7d Koper-Šavrinija / kopersko-šavrinjski

Map 1 (on the left page): Phytogeographic division of Slovenia(1:920.000).
Karta 1 (na levi strani): Fitogeografska delitev Slovenije(1:920.000).

and 5) shows the dominance of hemicryptophytes (25 or 56%), followed by chamaephytes (7 or 18%), followed by geophytes (5 or 13%), there are negligible therophytes (1 or 3%). Phanerophytes, s lat. helophytes and hydrophytes are not included among the exclusively or mostly present species (Table 22). In a comparison with other phytogeographical units, the proportion of hemicryptophytes with chamaefites is ranked third (Table 21). Table 24 shows the relationship between geoelements in the Alpine area, in which endemics (8 or 22%) and alpine endemics (5 or 14%) predominate. Other geoelements from the aforementioned units indicate the cold alpine conditions in the south-eastern Alps. In comparison with other phytogeographical areas of Slovenia (Table 23), alpine endemic species (5 or 62%) stand out in the Alpine area: *Jovibarba arenaria*, *Artemisia genipi*, *Minuartia rupestris*, *Primula villosa*, *Taraxacum cuculatum* and the Eastern Alpine-Illyrian endemic *Viola zoysii*, as well as other endemics characteristic of the south-eastern Appenine Alps: *Androsace helvetica*, *A. hausmanii*, *Papaver alpinum* subsp. *victoris*, *Festuca alpestris*, *Geranium argenteum*, *Poa cenisia* etc. In addition to the pre-Alpine and sub-Mediterranean areas, the Alpine area is rich in endemics. Table 23 shows the appearance of other geoelements, which are less numerous in comparison with other areas, in particular the pre-Alpine areas, but highlight the cold alpine conditions mentioned above.

The most floristically supported with exclusive or mainly growing species is the Southeast Alps district (2a), and with less exclusive species the Alps-Pohorje (1d) and the Primorje-Julian Alps districts (2d), but which does not mean that they do not have their own particularities in the narrower and wider circle of the phytogeographical division of Slovenia (Tables 3, 4 and 5). In particular, they differ from other districts due to the thermal influence of the Pannonian climate (Alps-Pohorje district (1d) and the Mediterranean climate (Primorje-Julian Alps (2d)), which allows the occurrence of some thermophilous plant species, which are widespread in the sub-Pannonian and sub-Mediterranean area and are not present exclusively or predominantly here.

Analysis of the exclusively or mainly present species of the pre-Alpine phytogeographical area (Tables 6, 7 and 8) shows the high prevalence of hemicryptophytes (65 or 49%). Terophytes (25 or 19%) and geophytes (19 or 14%) are also numerous. Unlike the Alpine area, phanerophytes (8 or 6%) and nano-phanerophytes (1 or 1%) occur among exclusively or mainly present species. There are also some chamaephytes (9 or 6%). There are also heliophytes and hydrophytes (each of 2 or 2-3%) (Table 22). The distribution of spe-

cies by biological form compared to other phytogeographical areas (Table 21) shows that the pre-Alpine area is rich in hemicryptophytes, similar to the sub-Mediterranean (65 or 33%); it also exceeds numerically in other biological forms, except in comparison with the sub-Mediterranean region, which is generally richer in the diversity of biological forms. The range of species in terms of biological form indicates more moderate living conditions, which are also reflected in the presence of terophytes and phanerophytes. Comparison of geoelements with the Alpine phytogeographical area shows a certain similarity and, at the same time, a certain diversity that is inherent due to the presence of rare individual species. Some geoelements are even represented in a minority in comparison with other areas, but they provide a specific phytogeographical character, such as Stenomediterranean and South East European geoelements. (Table 24). A particularity of the pre-Alpine area is the presence of endemics (7 or 6%) or Alpine endemics (2 or 2%) in valeys or in higher locations of the pre-Alpine area. These are: *Euphorbia kernerii*, *Leontodon berinii*, *L. hispidus* subsp. *brumatii*, *Polygala croatica*, *Gentianella aspera*, *Thesium rostratum* and *Jovibarba hirta*. Geoelements within the pre-Alpine region are shown comparatively in Table 24, whereby geoelements of the European-East European region prevail, with the insertion of Mediterranean and Eastern – (Asian) geoelements. All districts (4a to 4d) are well supported floristically.

An analysis of exclusively or mainly present species in the Dinaric phytogeographical area (Tables 9, 10 and 11) shows that it contains most hemicryptophytes (17 or 58%). Terophytes (5 or 14%), phanerophytes (5 or 17%) and chamaephytes (3 or 9%) are modestly represented (Table 22). Compared to other areas, there is modest representation of exclusive species in the Dinaric area, and so a modest representation of these species in individual categories of biological forms (Table 21) is also evident. Comparing biological forms with other areas does not provide a picture of living conditions in the Dinaric area (Diagram 1). This can only be done by comparison within an area, in which a predominance of hemicryptophytes provides an image of more difficult but not extreme site conditions.

The diversity of geoelements in the Dinaric area is modest, with only a few endemics: e.g. *Hladnikia pastinacifolia* in *Ranunculus wraberii*. Southeast European, European-Asian and Mediterranean geoelements are represented by two species each, others are represented by only one species (Table 24). In contrast with other areas, Southwest or Central European and Mediterranean-West Asian geoelements are represented here. A particularity is the presence of 16 Illyrian geoelements

(Table 23). The distribution of geoelements shows that the Dinaric area belongs to the European-South European region.

Districts 5a, b and d are supported by exclusively or mainly present species. Mokrica-Gotenica and Krim districts have very few exclusive species and are neither floristically nor vegetationally supported. It would be prudent to combine them together to the Krim-Mokrica-Gotenica district (5 d). According to DAKSKOBLER (2015), it is questionable to classify the Banjšice plateau into the Trnovo District (5a), since it is the transitional area between the sub-Mediterranean and the pre-Alpine phytogeographical area (KALIGARIČ & ŠKORNIK 2002).

There are even fewer exclusively or mostly present species in the pre-Dinaric phytogeographical area than in the Dinaric area (Tables 12, 13 in 14). Both areas are floristically characterised by southeastern European-Illyrian species, which in terms of number and mass are found similarly in both areas, and both exclusively or mostly present species in one or other area. As in the Dinaric area, predominantly hemicryptophytes appear in the pre-Dinaric area (4 or 44%). Phanerophytes and terophytes (with 2 species or 22%) are also notable. There are no exclusive species of heliophytes or hydrophytes here (Table 22). In comparison with other areas, this area is poorest in exclusive or predominant species, resulting in a modest proportion of biological forms (Table 21). It is difficult to evaluate living conditions based on biological forms. The percentage of geoelements in the pre-Dinaric area is uniform (Table 24). In comparison with other areas, only two geoelements stand out, which are not found in other areas, namely Southwest and Mediterranean-Asian geoelements. Other geoelements that are mostly present in the Dinaric area, give the warm imprint of South-Southeast Europe (Table 23). In view of the modesty of species in the categories of life forms and geoelements, we can infer with reservations favorable vegetation living conditions in the pre-Dinaric area.

Of the eight districts in the pre-Dinaric area, only in five districts are present some rare exclusively or predominantly present species. A division into 8 districts is justified on the basis of the floristic and vegetational analysis of ZUPANČIČ and ŽAGAR (1995).

The sub-Mediterranean phytogeographical area is the richest in exclusively or predominantly present species (Tables 15, 16 and 17). The analysis of biological forms is more or less balanced - with the exception that there are no heliophytes. Four categories are predominant: numerous terophytes (115 or 44%), followed by hemicryptophytes (67 or 26%), followed by geophytes (28 or 11%) and phanerophytes (28 or 11%).

Chamaephytes (13 or 5%) and hydrophytes (8 or 3%) are less represented (Table 22). The distribution or proportion of species according to biological forms compared to other areas shows the following image: terophytes are 66%, phanerophytes 61%, nanophanerophytes 56%, geophytes 45%, hydrophytes 44%, chamaephytes 35% and hemicryptophytes 34%. Comparison between areas shows that the sub-Mediterranean area is leading in all categories, except in the case of heliophytes. The high representation of terophytes and phanerophytes s. lat. highlights the warm dry sub-Mediterranean conditions. Geophytes occur only in spring and survive drought with underground plant organs. The numerous hemicryptophytes indicates the unfavourable seasonal conditions. (Tables 21 and 22).

The sub-Mediterranean phytogeographical area is rich in exclusively or mainly present geoelements, highlighting the warm climatic conditions and consistent with the distribution of biological forms. The phytogeographical position of the area can be synthesized as European-Mediterranean, with influences from the Atlantic in the west and the warm part of the continent in the east (Table 24).

All districts of the sub-Mediterranean area were floristically evaluated. Karst-Vipava (7 b) and Koper-Šavrinija districts (7 d) have most exclusively or mostly present species. Briška (7 a) and Brkini (7 c) districts have the least exclusively or mostly present species. Koper-Šavrinija district (7 d) is the warmest and driest Mediterranean, which is reflected in the many species of terophytes and Stenomediterranean, Euro-Mediterranean and fewer subtropical geoelements (Table 15). On the south-eastern side, however, on the basis of the moderate representation of Euro-Mediterranean-Turanian and Southeast-South-Siberian regions we can conclude similar but numerically fewer geoelements. The endemic *Moehringia tommasinii* is present among exclusive species (Tables 16 and 17).

It is interesting that there are 5 endemics among exclusive species in the Karst-Vipava District (7b): *Hieracium dragicola*, *Moehringia tommasinii*, *Sorbus istriaca*, *S. mayeri* and *S. slavnicensis*, which gives the district its own character; thus Slovenian and northern-Adriatic sub-Mediterranean (Tables 15 and 17).

An analysis of exclusively or mainly present species in the sub-Pannonian phytogeographical area (Tables 18, 19 and 20) shows that terophytes (26 or 41%) are most numerous, followed by hemicryptophytes (17 or 27%). In addition to terophytes, which mark the "steppe" area, there are also hydrophytes (7 or 11%), which inhabit wetlands, backwaters of the Mura River, or flooded abandoned gravel pits etc. (Table 22). In comparison with other areas in the sub-Pannonian area, hydro-

phytes (7 or 39%) stand out, similar to those in the sub-Mediterranean area (8 or 44%). The percentage participation of species of other biological forms is fairly similar to the pre-Alpine area; these are better represented here than in the Alpine, Dinaric or pre-Dinaric areas. (Table 21). It can be concluded on the basis of the proportion of biological forms in the sub-Pannonian phytogeographical area that growth conditions for the vegetation are relatively favorable, in view of the increased occurrence of terophytes and nanophanerophytes. They indicate a warm climate, which can be disadvantageous due to drought in excessively hot periods.

The occurrence of exclusive geoelements in the sub-Pannonian region is modest and individual (6 species, one recording or specimen each, Table 23). Other geoelements are consistent with the sub-Mediterranean region and are rarely classified as „mostly present“. Geoelements are most often represented with only one species. A protected species was recorded in the Haloze District (3b), the endemic *Sempervivum juvenii* (Donačka gora - quartz limestone sandstone and conglomerate). Analysis of geoelements gives a Southeast European-European-East European-Carpathian-Asian character. (Table 24). This definition can be deduced from Table 23, which shows the percentage of geoelements in comparison with other phytogeographical areas.

All three districts of the sub-Pannonian phytogeographical area are floristically supported (Tables 18-20), in particular the Drava-Mura district (3a), which we propose as the Ptuj District (Soó 1961), is in the pre-Noricum-Slovenian floral province (MEUSEL et al., 1965). In terms of number of species, this district is most Pannonian (‘‘steppe’’) with numerous terophytic and eastern geoelements. The selected (exclusively or mostly present) species of this district are classified primarily as terophytes in terms of biological forms (Table 19), of which there are 24 (46%) and hemicryptophytes with 10 (19%). Six (12%) hydrophytes occur, due to oxbowlakes, fishponds, ponds that have been created from abandoned gravel pits and occasional influxes of water, and other wetlands. There are as many geophytes 6 (12%). There are 3 chamaephytes (6%). Nanophanerophytes 2 (4%) and phanerophytes 2 (1%) are rare. The real image of the phytogeographical area or floristic province is given by terophytes, which are leading for the lowland, arable sub-Pannonian area or, more precisely, to the rim of the sub-Pannonian region of Slovenia. In addition to terophytes, hygrophytes that inhabit the numerous wetlands there are also typical of the area under consideration and, consequently, also for the Ptuj district of the pre-Pannonian-Slovenian floral province (Table 19).

The determination of exclusively or predominantly present species according to phytogeographical prevalence (Table 20) is the following. There are most Eurasian (8 or 15%), Sub-cosmopolitan (6 or 11%), Euro-Siberian (5 or 10%), South European-South Siberian (5 or 10%), Sub-tropical (4 or 8%) and South European (3 or 6%) geoelements. This is half of all exclusively or mostly present species, which are phytogeographically well defined by the Ptuj District of the Pre-Noricum-Slovenian province of our northeastern peripheral sub-Pannonian region. Even less represented geoelements should be added to these diagnostic species of the Ptuj district, such as: East European (2 or 4%), Pontian, Paleosubtropical, Circumboreal, Stenomediterranean, Northern Mediterranean-Montane, Euro-Mediterranean-Turanian, Southeast European, European-Caucasian, Eastern Mediterranean and Paleotemperate geoelements (each represented by 1 species or 2%). Other geoelements in Table 20 are also found in other districts.

We also made an analysis of the appearance of Southeast European-Illyrian elements in the Ptuj district in order to assess the influence of the neighbouring Illyrian province on the southern and south-western border, that is, with the Bizeljsko-Krško (3c) and Štajerska-Koroška districts (4c). Of Southeast European-Illyrian geoelements, only the species *Aposeris foetida* with a narrow distribution and the widespread species *Knautia drymeia* subsp. *drymea* and *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* occur. The following Southeast European-Illyrian species are rarely or very rarely found in the western tip: *Anemone trifolia*, *Cardamine trifolia*, *C. enneaphyllos*, *C. waldsteinii* and *Aremonia agrimonoides*, and in the southern area the species: *Hacquetia epipactis*, *Hieracium transsilvanicum* and *Festuca drymeia*; and the species *Lamium orvala*, *Polystichum setiferum*, *Erythronium dens-canis* and *Tamus communis* are scattered throughout the area. Most of these species thrive better on basal soils and on a carbonate geological base; exceptions are *Erythronium dens-canis* and *Hieracium transsilvanicum*, which grow on acid soils, and the species *Festuca drymeia* and *Polystichum setiferum*, which are adaptable and thrive on moderate acidic to basal soils.

Individual, rare occurrences of Southeast European-Illyrian species and the more frequent but not so diagnostically important Southeast European-Illyrian species, *Aposeris foetida* and *Knautia drymeia* subsp. *drymeia*, together indicate a certain differentiation of the Ptuj district within the pre-Noricum-Slovenian province. It is particularly well characterized by the species *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa*, which is present exclusively in the Slovenian sub-Pannonian rim.

The floristic analysis of the Ptuj area of the pre-Pannonian-Slovenian province is followed by a vegetation analysis of forest communities that are typical of it and are mostly or only distributed here. These are: *Vicio oroboidi-Fagetum* (Ht. 1938), Pocs & Borhidi in Borhidi 1960, *Polysticho setiferi-Fagetum* Zupančič et al. 2001 (non Ubaldi 1988 nom. inv.), *Festuco drymeiae-Abietetum* Vukelić & Baričević 2007, *Pruno padi-Carpinetum betuli* (Marinček & Zupančič 1982) Marinček 1994, *Hieracio rotundati-Fagetum* Ž. Košir 1994, *Galio rotundifolii-Pinetum* Zupančič & Čarni ex Čarni et al. 1992, *Pruno padi-Fraxinetum angustifoliae* Čarni et al. 2008 nom. nud., *Fraxino-Ulmetum effusae* Slavnić 1952 var. *Prunus padus* Vukelić et Baričević 2004, *Salicetum albae-fragilis* Soó (1930) 1940, *Quercu roboris-Carpinetum* M. Wraber 1969, *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae* Lohmayer (1953) 1957, *Lonic-*

ro caprifolii-Quercetum roboris (Rauš 1971) Marinček 1994 and *Quercu roboris-Ulmetum minoris* Issler 1924. Of grassland communities, characteristic species (described for the first time here) for the area would be *Dactylis glomerata-Festuca pratensis* comm. (A. Seliškar 1998) and later discovered dry or semidry grasslands *Hypochoerido-Festucetum rupicolae* Steinbuch 1995 and *Onobrychido viciifoliae-Brometum* Kaligarič et Škornik 2002 of Slovenian sub-Pannonean region (KALIGARIČ & ŠKORNIK 2002, ŠKORNIK 2003). As has already been noted, there are a number of wetlands in the area under consideration, which are covered by a number (nine) of wetland associations of the classes *Lemnetea*, *Isoeto-Nanojuncetea*, *Galio-Urticetea* and *Phragmiti-Magnocaricetea*, which give their own character to the province, and thus also the Ptuj district, and the pre-Noricum-Slovenian province.

3 COMPARISON BETWEEN ANALYSES OF SELECTED AND ALL TAXONS IN THE PHYTOGEOGRAPHIC AREAS OF SLOVENIA

For comparison, we analyzed the biological forms of taxons among the exclusively or mostly present (selected species) and all the growing species of Slovenia in individual phytogeographical areas according to M. WRABER (1969), in order to determine the coherence or diversity of the results of the relationships among biological forms. We used 3240 taxons for processing by FloVegSi (T. SELIŠKAR et al. 2003) (Diagrams 1 and 2).

In the Alpine phytogeographical area, the ratios of biological forms are for the most part more or less consistent. (Table 22, Diagram 1). There is a difference with phanerophytes, which are missing in the analysis of exclusive or mostly present species (Table 22). This is explained by the fact that tree species present here (e.g., larch, spruce, fir, beech, white maple etc.) also occur in other phytogeographical areas. We were surprised by the number of terophytes in the Alpine area (Diagram 1), in which we did not expect such a high proportion. This is attributed to the excessively wide Alpine area of M. WRABER (1969) towards the lower pre-Alpine area.

In the pre-Alpine phytogeographical area, the two analyses of biological forms are consistent, with negligible deviations.

Comparison of biological species in the **Dinaric phytogeographical area** is consistent. The difference is only in the occurrence of the number of phanerophytes, which is in a ratio of as much as 15:6 (Table 22, Diagrams 1 and 2). The Dinaric area is known for its diversity of tree (phanerophyte) and shrub (nanophan-

erophyte) species. The difference is interpreted as being due to imprecise methods, which in these cases are based on approximations and are therefore relative, although they give a satisfactory result.

In the **pre-Dinaric phytogeographical area**, the percentage of phanerophytes differs between the analyses of selected and that of all species in Slovenia, by almost double, the least deviation being found with chamaephytes (Table 22, Diagrams 1 and 2). With other biological forms relations are consistent. In the relation between phanerophytes and chamaephytes, of the two analyses the analysis covering all plants of Slovenia is to be believed. It should be noted that for selected species, an error may have arisen due to the small number of species. It is uncertain why chamaephytes drop out in the analysis of selected species.

In the **sub-Mediterranean phytogeographical area**, there are percentage differences in hemicryptophytes and terophytes. There are twice as many hemicryptophytes in the analysis of all species in Slovenia, and twice as many terophytes in the analysis of selected species. Other percentages of biological species are consistent. The cause is probably in the relativity of the two analyses, whereby we cannot precisely define the boundaries of the areas with either analysis. (Table 22, Diagram 1).

There are most differences in the **sub-Pannonian phytogeographical area**. In the analysis of all species in Slovenia, phanerophytes and hemicryptophytes predominate; and geophytes and terophytes in the analy-

sis of selected species (Table 22, Diagram 1). Because of completeness, the analysis of all species is more reliable and is also computer supported. Despite the differences between analyses, we believe that the relations between biological forms are very similar. In both analyses, hemicryptophytes and terophytes predominate, which is characteristic of the sub-Pannonian area. In comparison with other phytogeographical areas, hydrophytes have the highest percentages in the sub-Pannonian area in both analyses (Table 22, Diagram 1). In a similar comparison for phanerophytes, the percentages in all areas are balanced (Diagram 1).

The analysis of selected species by regions shows a below average percentage of phanerophytes in the sub-Pannonian area, which is not realistic. The reason is similar to other phytogeographical areas, since almost all phanerophytes are predominantly present in all phytogeographical areas.

We conclude that the analysis of biological forms of all species for the most part confirms the analysis of the selected (exclusively and mostly present) species, which faithfully reflects their living conditions, both for individual taxons and for mutual growth in different vegetational forms.

4 THE DIVISION OF SLOVENIA INTO FLORAL PROVINCES

Slovenia is divided into two phytogeographic regions: the superficially most widespread Eurosiberian-North American region and the superficially modestly represented Alpine-Nordic region in the northwest Alps. In the context of these two regions, there are five phytogeographic provinces. In the Eurosiberian-North American region there are four: Central European on a smaller area of northern Slovenia, the Illyrian in central Slovenia has a larger area and the Illyrian-Adriatic province on the smallest area of southwest Slovenia and in the northeast a newly distinguished pre-Noric-Slovene province with a minor extent. The Illyrian and Illyrian-Adriatic provinces are phytogeographically particular, distinguished from the Central European and pre-Noric-Slovene provinces by southeast European-Illyrian (Illyrian, Illyroidian) geoelements for the most part coming from the Balkan Peninsular, which are excluded here towards the east. In the Alpine-High Nordic region we have the Alpine province, which is settled by southeast-Alpine geoelements from the west and here they achieve their most easterly settlement.

In the description of new districts of Slovenia (ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995) we also considered the problem of the extent of the Illyrian floral province. The basic considerations derived from the research of earlier authors at the start of the twentieth century (ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995: 21). We relied on ADAMOVIČ's (1906) cartographic presentation of the Illyrian floral province and above all on the basic studies of BECK (1907, 1908, 1913) and HAYEK (1907, 1923). BECK (1907–1913) distinguished in his studies Mediterranean, Illyrian and Central European flora, which is a solid basis for delineating today's Illyrian-Adriatic, Illyrian and Central European provinces. HAYEK (1907) focused above all on the Alpine area – Kamnik Alps, which he divided into six zones: mountain (mon-

tane) zone, 340–700 m (900 m), lower pre-Alpine, ((700 m) 900–1200 m), upper pre-Alpine area (1300–1628 m), area of dwarf pine (1631–1802 m), Alpine (2020–2250m) and sub-nival area (2250–2569 m), which is a solid basis for delineating between the Eurosiberian-North American and Alpine-Nordic regions and the Alpine province. In the area under discussion, HAYEK (ibid.) additionally notes the presence of Pannonian flora but which today would not be placed there, perhaps only some species more widely understood as Pannonian species, *Dianthus barbatus*, *Helleborus odoratus*, *Silene viridifolia*, *Galium aristatum*, *Centaurea variegata*, *C. fritschii*, *Ophrys holosericea*, *Tunica saxifraga*, *Linum tenuifolium*, *L. flavum*.

In his study for Štajerska, HAYEK (1923) restricts the Slovene part of Štajerska to the area from Šentilj in the north to Brežica (Obrežja) in the south and from the northern slopes of the western Kamnik Alps (Ojstrica) and the southwestern Karavanke (Olševa) to Haloze in the east. He divides this area into two phytogeographic areas: European-Siberian forest and Alpine areas. He divides the first area into districts, namely, south German, sub-Alpine and Austrian districts, and this last into four sub-districts. Of interest to us are the northeast-Alpine and Illyrian sub-districts of the sub-Alpine district and the Pannonian sub-district of the Austrian district. He divides the second, alpine area into the districts North Calcareous and Central Alps and South Calcareous Alps with six sub-districts. Of these six sub-districts, of interest are the Julian Alps sub-district of the Southern Calcareous Alps district and partially the Noric Alps sub-district of the Northern Calcareous and Central Alps district. For defining phytogeographic areas, districts and sub-districts, especially Illyrian ones, the distribution of some thermophilous, though generally widespread, south-

east European-Illyrian species served him: *Ostrya carpinifolia* and *Fraxinus ornus* (its northern boundary is Dravograd–Velenje–Slov. Bistrica–Macelj–Ptuj) and *Castanea sativa* (northern boundary: to Graz), as well as the distribution of grapevine (northern boundary: Radlje, border with Austria–Ruše–Hoče–Slov. Bistrica and then along the boundary of distribution of the species *Ostrya carpinifolia* and *Fraxinus ornus* – Dravograd). His delineation between Illyrian and Central European phytogeographic provinces as we understand it today is surprisingly precise if we take into account the then less researched territories of Carniola and Carinthia and the modest literature. He mainly relied on BECK (1907–13).

BECK (1907–13) investigated the Slovene ethnic territory botanically and above all phytogeographically at the end of the 19th and beginning of the 20th century. He delineated Mediterranean, Illyrian and Central European flora and showed all this on maps. He classified today's western Slovenia into the Mediterranean region all the way to Kanal, Volče and Breginj (Breginjski kot). His delineation provided a solid basis for later phytogeographers. He was precise, sometimes even very precise: an example is the described habitat of Illyrian (southeast European-Illyrian) flora in the Završnica valley below the Karavanke, namely: *Aremonia agriminooides*, *Cardamine ennephyllus*, *C. trifolia*, *C. waldsteinii*, *Hacquetia epipactis*, *Lamium orvala*, *Omphalodes verna*, *Vicia oroboides* etc.

Since the Second World war, a number of botanists and phytocenologists have followed, who have researched the phytogeographic division of Slovenia and resolved this kind of problem in various ways. Among the first phytogeographers was the botanist MAYER (1946). In his dissertation he floristically analysed the Southeast Calcareous Alps and came to the conclusion that the Eastern Calcareous Alps should be classified in the Alpine Province. He confirms this classification by the appearance of Alpine-Northern European (e.g., *Nigritella nigra*, *Campanula barbata*, *Euphrasia minima*), Alpine-Central European (e.g., *Saxifraga caesia*, *Primula auricula*, *Soldanella alpina*, *Homogyne alpina*), Alpine (e.g., *Rumex nivalis*, *Androsace helvetica*, *Valeriana supina*), Alpine-Arctic-Altai (e.g., *Salix herbacea*, *S. reticulata*, *Polygonum viviparum*, *Androsace chamaejasme*), Alpine-Arctic (e.g., *Silene acaulis*, *Bartsia alpina*, *Gentiana nivalis*), Alpine-Altai (e.g., *Coeloglossum virde*, *Salix retusa*, *Veronica aphylla*, *Leontopodium alpinum*) flora and endemics (e.g., *Cerastium julicum*, *Campanula zoysii*, *Gentiana froelichii*, *Saxifraga hohenwartii*, *Leucanthemum lithopolitanicum*, *Nigritella lithopolitana*). MAYER (1950, 1951, 1952, 1953, 1960), in papers on flora later further reinforced the classifi-

cation of the Slovene Eastern Calcareous Alps in the Alpine province, or showed the extent of the Illyrian Province.

The botanist Nada PRAPROTNIK (1987), in her dissertation on Illyrian floral elements, disarticulated in detail the phytogeographic allegiance of more or less Illyrian species in Slovenia. She classified them into 13 phytogeographic units (categories) and showed their area of distribution in Slovenia. Her study well assisted recognition of the distribution of Illyrian and Illyrian-Adriatic floral provinces in Slovenia. For illustration, we state some species that are mostly referred to as Illyrian species:

Illyrian floral elements: *Helleborus atrorubens*, *Scabiosa hladnikiana*, *Scilla litardieri* etc.

Sub-Mediterranean-Illyrian elements: *Anthriscus fumaroides*, *Satureja subsipicata*, *Sesleria autumnalis* etc.

Northwest Illyrian elements: *Arabis scopoliiana*, *Hladnikia pastinacifolia*, *Potentilla carniolica* etc.

Sub-Illyrian elements: *Frangula rupestris*, *Gentiana tergestina*, *Potentilla tomasiniana* etc.

Alpine-Illyrian elements: *Homogyne sylvestris*, *Lamium orvala*, *Vicia oroboides* etc.

Apennine-Illyrian elements: *Corydalis ochroleuca* (*Pseudofumaria alba*), *Genista sylvestris*, *Sesleria junceifolia* etc.

Carpathian-Illyrian elements: *Daphne blagayana*, *Euphrasia liburnica*.

Taxons with wider areas of distribution: *Cardamine kitaibelli*, *Epimedium alpinum*, *Grafia golaka* etc.

Taxons with Alpine-Carpathian-Illyrian distribution: *Euphorbia carniolica*, *Hacquetia epipactis*, *Hypericum alpinum* etc.

Taxons with southern European, southeastern European and wider distribution: *Anemone trifolia*, *Aremonia agriminooides*, *Cardamine trifolia*, *Geranium nodosum*, *Omphalodes verna* etc.

Taxons that are most frequent in sub-Mediterranean associations: *Fraxinus ornus*, *Ostrya carpinifolia*, *Pinus nigra* etc.

Taxons that are most frequent in associations of the sub-Alpine and Alpine zones: *Centaurea triumfettii*, *Scorzonera rosea*, *Thymus balcanus* etc.

Taxons with unclear taxonomic position are today for the most part classified, e.g., the species *Arabis alpina* subsp. *alpina*, *Asperula aristata* etc. It has also been shown that the subspecies *Helleborus niger* subsp. *macranthus* does not thrive here. *Helleborus niger* subsp. *niger* grows on dolomite or a dolomitised geological base in the mountain (montane) zone.

BORHIDI (1963) made a similar analysis of Illyrian and related species, such as Alpine-Illyrian, Carpathi-

an-Illyrian, Pannonian-Illyrian, Italian-Illyrian, Dacian-Illyrian, sub-Mediterranean-Illyrian, Balkan etc. species, when he reasoned the Illyrian alliance of beech forests *Aremonio-Fagion* (= *Fagion illyricum*). On this floristic basis, he showed the distribution of the Illyrian alliance of beech forests (BORHIDI 1963: 260, 266), which would correspond to the area of distribution of the Illyrian floral province. As can be inferred from the picture, which is to a very small scale, the majority of Slovenia is covered by the alliance of Illyrian beech forests, which could be considered as the Illyrian floral province. Excluded are Primorje and pre-Pannonian zones of Slovenia. At this scale it is not possible to exclude the Alpine belt of Slovenia.

HORVAT (1954, 1962 a) provided a phytogeographic division of Southeast Europe in which he also included Slovenia. Phytogeographic analysis, with the presentation of a map of climatogenic vegetation of Southeast Europe disarticulates climatogenic vegetation according to horizontal distribution and vertical belts. On the basis of this division, he found that according to Braun-Blanquet, there are three vegetation regions in Southeast Europe: Mediterranean, Eurosiberian-North American and Irano-Turanian. The Mediterranean-sub-Mediterranean floral region he classifies into the Mediterranean and the Central European floral region into the Eurosiberian-North American region. In a paper (HORVAT 1962 b) confirms his decision from the previously mentioned publications and outlines on a map of potential vegetation the boundary between Mediterranean and Central European regions of the four phytogeographers, Adamović, Markgraf, Oberdorfer and Rikli, which are very varied. He himself sticks with the division on the basis of potential vegetation that he presented in his works (HORVAT 1954, 1962 a, b). His map of climatogenic vegetation only embraces a minor, south-eastern part of Slovenia, which he places in the sub-Mediterranean region of (climatogenic) vegetation *Carpinetum orientalis croaticum* and *Seslerio-Ostryetum*.

HORVAT (1957, 1963) found that Mediterranean and sub-Mediterranean zones in the area of the Central Balkan peninsular (former Yugoslavia) are more mutually interconnected than the sub-Mediterranean zone with the continental area of the Eurosiberian-North American region. He classifies Mediterranean and sub-Mediterranean areas into the Mediterranean region. He divides Primorje into three zones:

1. East Adriatic eumediterranean zone (*Quercion ilicis*),
2. East Adriatic submediterranean zone (*Carpinetum orientalis croaticum*),

3. East Adriatic Mediterranean-montane zone (*Seslerio autumnalis-Ostryetum*).

HORVAT (1967) later divided Yugoslavian Primorje into two provinces: Adriatic and Aegean, both later in the framework of the Mediterranean region. He divided the Eurosiberian-North American region into three or four provinces: Illyrian, Mezzian, Illyrian and the Mezzian into the zone of dwarf pine and the Central European province – Pannonian sector with lowland and montane zones. He classifies Slovenia into two provinces, namely Adriatic-sub-Mediterranean (Mediterranean region) and Illyrian province (Eurosiberian-North American region). He classifies the zone of mountain vegetation into the Alpine-High Nordic region. He classifies the belt of dwarf pine into the Illyrian province.

TRINAJSTIĆ (1976, 1986, 1995), after the period of earlier Croatian phytogeographic research, dealt most and most intensively with phytogeographic questions of Croatia, especially its Primorje. If we simplify his phytogeographic division of the Kvarner Bay, which is linked towards the west to Slovene Primorje, TRINAJSTIĆ (1976) classifies the narrower sub-Mediterranean area into the Mediterranean region. He classifies the para-Mediterranean zone, i.e., the littoral belt with thermophilous beech forests, into the Eurosiberian-North American region, together with Illyrian, Dinaric, sub-Illyrian-sub-Alpine (interesting!), boreal-subalpine, Illyrian-Balkan, subalpine-Illyrian-Balkan vegetation zones. We can in principle agree with his phytogeographic division for Slovene Istria. TRINAJSTIĆ (1995) later phytogeographically disarticulated forest vegetation of Croatia in more detail. He dealt in particular with the phytogeographic division of the Eurosiberian-North American region. His division of this region is interesting and acceptable (TRINAJSTIĆ 1995: 40–42). He does not change the Mediterranean region as shown in 1986 (TRINAJSTIĆ 1986) and it is phytogeographically suitably arranged into Mediterranean-littoral and Mediterranean-montane zones. The question is raised of whether it is correct that he ranks the sub-Mediterranean vegetation zone of the Mediterranean-littoral zone into the Mediterranean region.

Šugar thoroughly researched the area of Croatian Istria, which is the direct neighbour of Slovene Istria. His thesis is that the sub-Mediterranean area (in the wider sense) of Istria classifies into the Central European-North American and not into the Mediterranean region. The question is where to classify the zone in which is retained the occurrence of holm oak – *Quercus ilex* (ŠUGAR, 1984). ŠUGAR et al. (1995) divide the Istriian sub-Mediterranean into submediterranean (*Quercocarpinetum orientalis*), epimediterranean (*Ostryo-*

Quercetum pubescentis), histrian (*Molinio-Quercetum pubescentis*, *Potentillo albae-Quercetum pubescentis*) and paramediterranean zones (*Seslerio-Fagetum*), of the Eurosiberian-North American region, in which he classifies the Illyrian zone (*Fagetum* s. lat.), and he places the precoastal, eumediterranean zone (*Orno-Quercetum ilicis*) in the Mediterranean region. The zone of evergreen vegetation (*Quercetum ilicis*) is only on the Brioni islands. The mountainous part of Istria embraces the Illyrian zone (*Seslerion tenuifoliae*) of the oromediterranean (Mediterranean-montane) region.

The phytogeographic division of Slovenia of M. WRABER (1969) is important for determining the Illyrian floral province in Slovenia. This is the first cartographic presentation of the phytogeographic division of Slovenia on a floristic and vegetational basis. On the basis of his division, we can conclude the existence of various floristic provinces in Slovenia. M. WRABER (ibid.) finds that the Central European province extends into the north and west of Slovenia and the Illyrian province with Illyrian-Balkan plants into the southeast. The southern part of Slovenia is Mediterranean, Mediterranean-montane and sub-Mediterranean. According to his phytogeographic map and judging by his thinking, the Alpine area belongs in the Central European province but in the lowlands with Illyrian-Balkan and Illyrian-southern European elements. He defines the pre-Alpine and pre-Dinaric area as a mixture of Alpine-Central European and Illyrian-Dinaric geoelements. Illyrian-Balkan flora characterises the Dinaric area. The sub-Pannonian area has a Pannonian vegetational character (without explicit Pannonian species, author's note) where here and there Illyrian flora appears. In the neighbouring Hungarian Pannonian area, they are classified into the pre-Noric province with the districts *Castriferricum* and *Poetovicum*, in which our sub-Pannonian area would be included. He classifies the sub-Mediterranean area into the Adriatic province, which here is concluded or, as he says, »disappears« (ibid.)

Ž. KOŠIR (1975) divided Slovenia into five phytoclimatic territories: sub-Mediterranean, Dinaric, Alpine and pre-Alpine, pre-Dinaric and sub-Pannonian territories. It is not possible to infer the boundary between floristic provinces from the phytoclimatic territories. We find, however, that except for the pre-Dinaric phytoclimate, all other phytoclimates are identical to the phytogeographic areas of M. Wraber. From the distributional area of Košir's pre-Dinaric phytoclimate, we can conclude that, according to his Illyrian floral province, it reaches deeply into the north-eastern and partially eastern part of Slovenia, extending into neighbouring southern Austria, which already

belongs in the Noric floral province. Košir's decision for such an extensive Illyrian floral province derives from the Potential Phytocoenological Map of the Bureau of Forestry Planning to a scale of 1 : 100.000, which shows a considerable share of basal to moderately acidic beech forest *Hedero-Fagetum* (*Quercus-Fagetum*) and sub-Pannonian moderately basal to neutral (poorly acidic) beech forest (*Festuco drymeiae-Fagetum*). More recent research has established different thinking in terms of the share of area of one and the other. More recent research shows a different image of the forest vegetation, supplemented with non-forest associations and floristic studies.

MARINČEK (1994), on the basis of the vegetation and some Illyrian species, proposes a boundary of the Illyrian floral province in the central Balkan Peninsula or on the territory of former Yugoslavia. In view of the loose definition and on the basis of general phytogeographic maps of unknown scale, we can conclude that the Illyrian floral province extends from Slovenia to Macedonia, without a coastal belt, and in the north-east cuts into the Mežian floral province. Individual islands of the Illyrian floral province also extend into the Pannonian-Mežian area. The Illyrian floral province divides into four areas: a pre-Alpine area in the west, sub-Pannonian area from the northwest to northeast, Dinaric area from the southeast to southwest and pre-Dinaric area in an intermediate ragged zone between the sub-Pannonian and Dinaric areas. Marinček considerably generalised the mentioned phytogeographic areas and to a large extent copied MEUSEL et al. (1965). According to Marinček, all four areas are present in Slovenia.

MEUSEL et al. (1965) showed in a comparative horology for Central European flora that Slovenia lies in the area of the western Illyrian and pre-Noric-Slovene floristic provinces. The map is very generalised. The definition of the pre-Noric-Slovene floristic province is interesting, which more or less corresponds to Hungarian botany or phytocenology (Soó 1961, Pocs 1960, KARPATI 1966).

ZUPANČIČ et al. (1987) (ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995) supplemented the basic phytogeographic division of Slovenia of M. Wraber (1969). In both cases it was a supplement on the level of districts. Today we recognise 32 districts that are based on the particularities of the flora and vegetation. We classify the districts into four provinces (or five provinces) and two regions:

Alpine-High Nordic region:

Alpine province with four districts;

Eurosiberian-North American region:

Central European province with five districts,

Illyrian province with eighteen districts and

Illyrian-Adriatic province with four districts and pre-Noric-Slovene province with one district.

M. WRABER (1969), HORVAT (1954, 1962 a, b), HORVATIĆ (1957, 1963, 1967), TRINAJSTIĆ (1976, 1986, 1995), ZUPANČIČ et al. (1982), ZUPANČIČ & ŽAGAR (1995) classified the Slovene sub-Mediterranean area into the Mediterranean region. ŠUGAR (1984), in view of the mixed deciduous and evergreen forests and scrub, classified the Croatian and Slovene sub-Mediterranean area into the Eurosiberian-North American region. With certain doubts and reservations, the co-authors of a paper on forests of downy oak and moor-grass growing in the area of Croatian and Slovene Is-

tria (ŠUGAR et al. 1995) accepted these ideas. Further research of vegetation showed that the Slovene sub-Mediterranean area, which extends highest towards the northwest of Slovenia, towards the west Julian Alps, is classified in the Eurosiberian-North American region (ZUPANČIČ 1997). In the Slovene sub-Mediterranean area, there are for the most part deciduous and a small share of evergreen trees or shrubs in forest-shrub associations. Our sub-Mediterranean has a colder climate and is damper than in the southeast area of the Balkan peninsular. OGRIN (1995) says that the Slovene sub-Mediterranean area is moderately warm with a damp climate, where only summers are warm.

5 CONCLUSION

We wish to define and delineate the area of the Illyrian floral province in Slovenia on the basis of the occurrence of southeast European-Illyrian (Illyrian, Illyricoid, sub-Illyrian) species in individual phytogeographic units – districts, in entirety or their parts, and on the basis of the results of phytogeographic research of the scientists mentioned in the chapter that discusses the problems of division into floral provinces. We have taken into account more or less all the stated researchers but we have relied most on BECK (1907, 1908, 1913), HAYEK (1907, 1923), HORVAT (1954, 1962 A, B), HORVATIĆ (1957, 1963, 1967), KOŠIR (1975), MAYER (1946, 1950, 1951, 1952, 1953, 1960), ŠUGAR (1984), ŠUGAR et al. (1995), TRINAJSTIĆ (1976, 1986, 1995), WRABER (1969), ZUPANČIČ et al. (1987) and ZUPANČIČ & ŽAGAR (1995).

As a basis for a graphic depiction of the Illyrian floral province we have taken the phytogeographic maps of WRABER (1969) and ZUPANČIČ et al. (1987, ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995).

In relation to WRABER's (1969) phytogeographic map, the Illyrian province is limited to the northeast with the Central European floral province in the extreme area of the sub-Pannonian phytogeographic area and to the narrow northern edge of the Alpine phytogeographic area. From the Illyrian floral province is extracted the sub-Mediterranean phytogeographic area, which we classify into the related Illyrian-Adriatic province, with many thermophilous geoelements.

The more detailed phytogeographic map of ZUPANČIČ et al. (1987) (ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995) is divided into districts. On the basis of districts, we find that the Illyrian floral province extends into the majority of districts, except into districts 1a–1d, which

belong to the Alpine floral province, 2a–2c, 3a and the northern part of district 4c, which we classify into the Central European floral province, and districts 7a–7d, which belong to the Illyrian-Adriatic floral province.

In forming the Illyrian floral province, we have some hesitations. First, the division of district 4c. The northern part of the district embraces the silicate area of Pohorje, Strojna and Kozjak (Kobansko), which we classify into the Central European floral province. We should probably exclude this area from district 4c and create a special new district (4d). Second, perhaps district 3a should be classified into the pre-Noric province in the district *Poetovicum* (KARPATI 1966, POCS 1960, Soó 1961) or the pre-Noric-Slovene (MEUSEL et al. 1965) province. Third, is an independent Illyrian-Adriatic floristic province justified or should it be included in the Illyrian province, which extends into the continental area of Slovenia?

It is easiest to answer the third question. The Illyrian-Adriatic floristic province is determined by Illyrian-Mediterranean species (e.g. *Carpinus orientalis*, *Eryngium amethystinum*, *Paliurus spina-christi*, *Sesleria autumnalis*, *Scorzonera villosa* etc.), Illyrian-Adriatic species (e.g. *Dianthus tergestinus*, *Drypis spinosa*, *Genista sylvestris* etc.) and Illyrian-Apennine species (e.g. *Ruta graveolens* etc.), among which are endemic species and many sub-Mediterranean and Mediterranean species, such as Mediterranean-Pontic (e.g. *Ruscus aculeatus*, *Chrysopogon gryllus* idr.) or Mediterranean-Atlantic (e.g. *Euphorbia peplis*, *Oenanthe pimpinelloides*, *Avena barbarta* etc.) and many other species.

District 4c would indicate division into two parts: the current Štajerska-Koroška 4c and a new Pohorje-Kozjak district 4d. It is necessary to study in what the districts differ, what is the floristic and vegetational,

climatological and pedological difference between them. They certainly differ in geological base and also more or less in terms of soil. A brief review of plant species shows that 16 species thrive exclusively only in the Pohorje-Kozjak district (4 d). Of these we mention only the rarest or most interesting, namely: *Asplenium adulterinum*, *A. cuneifolium*, *Botrychium multifidum*, *Saxifraga paradoxa* and *Heliosperma veselskyi* subsp. *widderi*.

In the phytogeographic division of ZUPANČIČ et al. (1982) (ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995), the Ptuj (Drava-Mura) district (3a) is classified as an exception in the transalpine sector and a special pre-Pannonian subsector, whereby both belong to the Central European province. The name of the sector indicates that the

area is transalpine or on the other side of the Alps (Leksikon CZ 1988). The eastern edge of the Central Alps (Krka Alps, Svinška planina, Golica, Pohorje) climatically influences the lowland-hilly world of Slovenske gorice, which have the most expressed continental climate on the territory of Slovenia. It would probably be a better systemic solution to classify the Ptuj (Drava-Mura) district (3a) into the pre-Noric-Slovene province according to MEUSEL et al. (1965) with transalpine sector and pre-Pannonian subsector. There would thus be five provinces in Slovenia, so four provinces in the Eurosiberian-North American region.

The area of the floristic provinces is evident from the phytogeographic map of Slovenia to a scale of 1:920.000 (Map 1).

1 UVOD

Leta 1969 je M. WRABER (1969) na podlagi tedanjega poznavanja gozdne vegetacije zasnoval fitogeografsko delitev Slovenije na šest območij: alpsko, predalpsko, dinarsko, preddinarsko, submediteransko in subpanonsko fitogeografsko območje. Ob novih vednih o vegetaciji Slovenije in upoštevanju flore so bila fitogeografska območja razdeljena na nižje enote – distrikte, dopolnjene ali popravljene pa so bile meje oz. razmejitve med območji, zlasti med alpskim in predalpskim območjem. Hkrati je bila želja avtorjev, da te fitogeografske enote uvrstimo v ustrezne standardno veljavne rastlinske province, kar je bilo tudi narejeno (ZUPANČIČ et al. 1987).

V povezavi s pojavljanjem flore oz. posameznih vrst, ki so izključno ali večinoma prisotne v določenem fitogeografskem območju in v posameznem distriktu, smo želeli potrditi pravilnost omejitve ali zamejitve posameznega območja oziroma distrikta. Na podlagi kart razširjenosti vrst v Gradivu za Atlas flore Slovenije (JOGAN et al. 2001) ter horoloških podatkov iz podatkovne zbirke FloVegSi (T. SELIŠKAR et al. 2003) smo na poenostavljen način z rastrom fitogeografskih območij in distriktov s pomočjo izbranih/opredeljenih diagnostičnih vrst ugotavljali izključno ali večinoma prisotno floro za posamezno fitogeografsko območje oz. podrejeno fitogeografsko enoto (distrikt). Diagnostične vrste smo opredelili kot: (i) izključno prisotne vrste (take, ki se pojavljajo izključno samo v enem območju) in (ii) večinoma prisotne vrste (take, ki so večinoma razširjene le v enem območju in imajo v redkih drugih območjih le še nekaj posameznih nahajališč). Preprost način za ugotavljanje prisotnosti flore je relativen, z določenim odstopanjem, kot je glede na pogostnost taksona v karti razširjenosti vrste, podvrste, varietete, količinsko nedoločena: oznaka za prisotnost vrste v kvadrantu lahko pomeni obstoj/prisotnost enega ali več nahajališč vrste oz. pojavljanje več primerkov rastline ali pa le enega samega. Kljub temu je informacija dovolj povedna in uporabna. Poleg upoštevanja zdaj znane slovenske razširjenosti taksona smo pri analizi uporabili še njegovo širšo (zemeljsko) horološko pripadnost (geoelement, florni element) in biološko obliko. Ta elementa nam kažeta biološke in ekološke razmere glede življenjskih razmer, v katerih rastlina uspeva.

Razprava je razdeljena na dve poglavji. V prvem poglavju ugotavljamo pogostnost rastlinskih vrst v fitogeografskih območjih oziroma distriktih, kar je osnova za drugo poglavje o razdelitvi Slovenije na florne province. Poleg flore, vegetacije in obstoječe

fitogeografske razdelitve Slovenije smo upoštevali še objave najbolj relevantnih botanikov – fitogeografov iz starejšega obdobja, katerih dela so posredno ali neposredno vezana na Slovenijo, kot so: ADAMOVIČ (1906), BECK (1907, 1908, 1913), HAYEK (1907, 1923); HORVAT (1954, 1962), HORVATIĆ (1957, 1963), MAYER (1946, 1950, 1951, 1952, 1953, 1960), MEUSEL et al. (1965), M. WRABER (1969), Soó (1961), POCS (1960), KARPATI (1966). Upoštevali smo tudi dela botanikov in fitogeografov iz novejšega obdobja (zadnja desetletja) kot so Nada PRAPROTNIK (1987), TRINAJSTIĆ (1976, 1986, 1995), ŠUGAR (1984, 1995 s sodelavci), MARINČEK (1994), KOŠIR (1975) in ZUPANČIČ s sodelavci (1987, 1995).

Prva usklajevalna dela za opredelitev in povezavo fitogeografskih območij s standardnimi rastlinskimi provincami smo zastavili že v devetdesetih letih prejšnjega stoletja (ZUPANČIČ et al. 1987, 1995). Temeljiteje smo se problemu posvetili v pričujoči razpravi.

Prva uskladitev WRABROVIH (1969) fitogeografskih območij s standardnimi rastlinskimi provincami je bila utemeljena predvsem na gozdni oziroma potencialno naravni vegetaciji in skromnejši floristični osnovi (ZUPANČIČ et al. 1987). Pri tem usklajevanju smo se srečevali z velikimi težavami, zlasti pri opredelitvi in razmejitvi v transalpskem območju severovzhodne Slovenije (Prekmurje, Prlekija), kjer smo sicer predvideli poseben dravsko-murski distrikt. Poleg tega smo bili takrat prepričani, da so v Sloveniji zastopane štiri regije: poleg evrosibirsko-severnoameriške in alpsko-visokonordijske še mediteranska in panonsko-pontsko regija. Pri zadnji analizi (ŠUGAR et al. 1995) se je izkazalo, da zadnjih dveh regij v Sloveniji ni, saj za njiju ne moremo opredeliti ustreznih diagnostičnih vrst ali pa jih pri nas sploh ni (npr. za panonsko-pontsko regijo). Ugotavljamo pa, da je mediteranska zimzelena vegetacija oziroma flora le fragmentarno razvita na manjših površinah pri Ospu, Steni nad Dragonjo in na strunjanskem klifu.

V tej razpravi je upoštevan večji poudarek na floristični podlagi, to je razširjenosti vrst in izsledkih starejših avtorjev – fitogeografov (Adamovič, Beck, Hayek idr.). Naš namen je, da čim realneje, v povezavi z naravno geografskimi značilnostnimi, prikažemo fitogeografsko delitev Slovenije po rastlinskih provincah. Zlasti nas je zanimala razsežnost (obseg in zamejitev) ilirske florne province, ki je posebnost naše dežele: razteza se od jugovzhoda Balkanskega polotoka in se pri nas bolj ali manj končuje oziroma seže še nekoliko proti severovzhodu.

Zdaj poznamo v Sloveniji 32 distriktov v šestih fitogeografskih območjih in pet rastlinskih provinc v dveh flornih regijah. Pojavljanje pete province – pre-

norijsko-slovenske – predvidevamo za območje severovzhodne Slovenije in jo bomo izdvojili (razmejili) iz srednjeevropske province.

2 POGOSTOST IN ZASTOPANOST RASTLINSKIH VRST V FITO GEOGRAFSKIH OBMOČJIH SLOVENIJE

Slovenija je razdeljena na 6 fitogeografskih območij, in sicer na alpsko, predalpsko, dinarsko, preddinarsko, submediteransko in subpanonsko fitogeografsko območje (M. WRABER 1969). Nadgradnja fitogeografskih območij Slovenije je bila opredelitev nižjih fitogeografskih enot, kot so province, sektorji, podsektorji, in razdelitev na najnižje enote distrikte (ZUPANČIČ et al. 1987, ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995). Zanimalo nas, je koliko rastlinskih vrst (vključno s podvrstami) raste izključno samo v enem fitogeografskem območju oziroma v posameznih distriktih različnih fitogeografskih območij.

Zdaj v Sloveniji beležimo od 3192 (JOGAN et al. 2001) do okoli 3450 taksonov ali celo več (T. SELIŠKAR et al. 2003, MARTINČIČ et al. 2007). Tu so upoštevani vsi taksoni (vključno s tujerodnimi), ne le avtohtone vrste. Za našo raziskavo smo uporabili objavljeni seznam in prikaz razširjenosti rastlinskih vrst JOGANA in sodelavcev (2001), ki je že precej zastarel, tako po številu kot po poimenovanju taksonov. Glede aktualnega poimenovanja (in števila) taksonov smo uporabili rastlinski ključ (MARTINČIČ et al. 2007) in podatkovno bazo FloVegSi (T. SELIŠKAR et al. 2003, upoštevano je njeno stanje v letu 2018).

Vsako fitogeografsko območje ima nekaj posebnih rastlinskih vrst, ki uspevajo le v določenem fitogeografskem območju. Omenjeno naselitev določene rastline na le eno fitogeografsko območje pogojuje njena fitogeografska razširjenost skupaj s specifičnimi ekološkimi razmerami, kot so podnebje oziroma mezo- in mikroklima, geološka podlaga, relief, strani neba, nadmorska višina, morfologija terena, tla, kot tudi antropozogeni vplivi in še kaj. Raziskava je pokazala, da sta floristično najbogatejši submediteranski in alpski fitogeografski območji. Vzrok je verjetno v izrazitih klimatskih in geološko-morfoloških razmerah. V alpskem fitogeografskem območju je hladna, precej namočena, alpsko-kontinentalna klima s pestrimi orografsko-reliefnimi oblikami. Submediteransko fitogeografsko območje je toplo, manj namočeno, padavine so prisotne predvsem v jesenskem in deloma pomladanskem času, pogoste so poletne suše z redkimi ekstremno visokimi temperaturami. Svet je gričevnat, sicer reliefno bogato razčlenjen. Na obeh fitogeograf-

skih območjih se izmenjujeta karbonatna in silikatna geološka podlaga. Pričakovali bi številne rastlinske posebnosti v subpanonskem območju, vendar nam je iz florističnih raziskav že znano, da je območje osiromašeno s panonsko-pontskimi vrstami. Pri nas ni izrazitega subpanonskega, kaj šele panonskega celinskega podnebja. Smo le na obrobju subpanonskega fitogeografskega območja, ki ga ne naseljujejo izrazite panonsko-pontske vrste. Posebnosti v evropskem merilu sta naši dinarski in preddinarski območji. Potekata od jugovzhoda do severozahoda, od Kolpe do Soče ob submediteranskem območju. Dinarsko območje je orografsko pestro, večinoma karbonatno, padavinsko podobno atlantskemu podnebju. Preddinarsko območje je prav tako večinoma karbonatno, gričevnato, s kontinentalno klimo. Območji sta floristično bogati, polni dinarsko-balkanskih florističnih posebnosti. Obe območji imata malo vrst, ki rastejo (uspevajo) izključno v dinarskem ali preddinarskem fitogeografskem območju. Vzrok je tudi v medsebojnem dopolnjevanju areala dinarsko-balkanskih oziroma jugovzhodnoevropsko-ilirskih vrst med obema fitogeografskima območjima.

Veliko manj je rastlinskih vrst, ki bi uspevale izključno v distriktih. V nekaterih distriktih takih vrst sploh ni, npr. v nekaj distriktih preddinarskega fitogeografskega območja, kjer jih ni v treh od osmih distriktov, ali v alpskem območju, kjer jih je zelo malo v treh od devetih distriktov, ali v dinarskem območju, kjer jih ni v enem od štirih distriktov. Distrikti v drugih fitogeografskih območjih so bolj ali manj bogati s sebi lastnimi rastlinskimi vrstami. Floristično najbogatejši so koprsko-šavrinski (180), ptujski (dravsko-murski) (58), kraško-vipavski (57), kranjski (48) in štajersko-koroški (37) distrikt.

Kaj pomeni številčnost vrst na posameznih fitogeografskih območjih oziroma v njihovih distriktih?

Bogastvo flore na posameznih fitogeografskih območjih oziroma v njihovih distriktih zagotovo pomeni ali potrjuje, da so te fitogeografske enote upravičene in dobro izbrane, nakazuje njihovo floristično in ekolo-

ško posebnost. Te vrste bi lahko uvrstili med diagnostično pomembne vrste ali celo med značilnice ali razlikovalnice kot dopolnilo k že izbranim ali uveljavljenim značilnicam določenega fitogeografskega območja. Alpsko fitogeografsko območje prepoznamo po njegovih posebnih alpskih hladnoljubnih vrstah, kot so npr. absolutni endemiti *Campanula x vrtacensis*, *P. alpinum* subsp. *victoris*, *Nigritella kosutensis* in *N. ravniki* ali subendemiti oz. relativni endemiti npr. *A. tauricum* nsubsp. *hayekianum*, *A. tauricum* subsp. *tauricum*, *A. tauricum* subsp. *latemarense*, *Campanula zosyii*, *Cerastium julicum*, *Festuca calva*, *F. laxa*, *Gentiana froelichii*, *Heracleum austriacum* subsp. *siifolium*, *Leucanthemum lithopolitanicum*, *Nigritella lithopolitana*, *N. widderi*, *N. archiducis-joannis*, *Papaver alpinum* subsp. *ernesti-mayeri*, *Pedicularis elongata* subsp. *julica*, *Saxifraga hohenwartii*, *Scorzoneroides crocea* ipd.

Naš submediteran zaznamujejo toploljubne submediteranske in mediteranske vrste, ki jih ni v drugih fitogeografskih območjih, npr. *Asparagus acutifolius*, *Cistus salviifolius*, *Colutea arborescens*, *Coronilla cretica*, *Euphrasia marchesettii*, *Osyris alba*, *Rubia peregrina*, *Smilax aspera*, *Viburnum tinus*, ali pa so pri nas razmeroma redke, kot so: *Celtis australis*, *Pistacia terebinthus* in *Quercus ilex*. Poleg naštetih vrst se v našem submediteranskem območju pojavljajo še nekateri (sub)endemiti, in sicer: *Alyssum montanum* subsp. *montanum*, *Campunula marchesettii*, *Hieracium dragicola*, *Knautia drymeia* subsp. *tergestina*, *Moehringia tommasinii*, *Ranunculus pospichalii* idr.

Dinarsko fitogeografsko območje je floristično bogato, vendar skromno glede posebnosti oziroma izključno ali večinoma na tem območju rastočimi vrstami. Tu uspevajo nekateri naši endemiti, in sicer *Hladnikia pastinacifolia*, *Primula carniolica* s križancem *Primula x venusta* in *Ranunculus wraberi*. Z jugovzhoda pa k nam prihajajo dinarsko-balkanske vrste, ki se pojavljajo izključno le v dinarskem območju, in sicer: *Cerastium dinaricum*, *Edraianthus graminifolius*, *Festuca bosniaca*, *Helianthemum rupifragum*, *Polygala croatica*, *Thymus balcanus*, ki z endemiti odlično opredeljujejo naše dinarsko fitogeografsko območje.

Subpanonsko fitogeografsko območje v Sloveniji, ki je na skrajnem zahodnem subpanonskem obrobju, nima izrazitih panonsko-pontskih vrst. Večinoma so to splošno razširjene vrste panonskega območja, ki se večinoma ne pojavljajo v drugih fitogeografskih območjih, in sicer: *Daphne cneorum* subsp. *arbusculoides*, *Epipactis nordeniorum*, *Gagea spathacea*, *Moenchia mantica* subsp. *caerulea*, *Myosotis laxa*, *Papaver dubium*, *Potentilla supina*, *Pulmonaria mollis*, *Pulsatilla grandis*, *Veronica triphyllus*, *Viscum laxum* idr. V su-

spanonskem fitogeografskem območju se nekatere splošno razširjene vrste pogosteje in bolj množično pojavljajo kot v drugih fitogeografskih območjih Slovenije, s čimer dajejo določen pečat našemu predpanonskem območju, in sicer: *Chenopodium rubrum*, *Cynosurus echinatus*, *Epipactis voethii*, *Omphalodes scorpioides*, *Scirpus radicans*, *Trifolium pannonicum* idr.

Reka Mura in njeni pritoki so ustvarili mrtve rokave, mrtvice, stoječo vodo, ponekod so nastala umešana jezera zaradi opuščanja peskokopov ali pa so ustvarili ribnike, od katerih so posamezni sedaj opuščeni. Na teh vodnih površinah se pojavlja posebna brežinska, močvirna ali vodna flora, tipična za naše subpanonsko fitogeografsko območje. Naj navedemo nekaj rastlin: *Carex bohémica*, *Cyperus michelianus*, *Montia fontana*, *Marsilea quadrifolia*, *Nymphoides peltata*, *Potamogeton obtusifolius*, *Typha minima*, *Wolffia arrhiza*. Nekateri vrste se na ekološko podobnih vodnih rastiščih pojavljajo tudi drugod, v drugih fitogeografskih območjih, vendar so v subpanonskem območju pogostejše in stalnejše: *Cyperus glomeratus*, *Lemna trisulca*, *Scirpus radicans*, *Typha laxmanii* idr. Navedene vrste lahko štejemo kot bolj ali manj diagnostične vrste našega subpanonskega fitogeografskega območja.

Predalpsko fitogeografsko območje ni tako bogato kot alpsko z rastlinskimi vrstami, ki bi uspevale izključno v njem. Prisotnih je le nekaj zanimivih rastlin, med njimi so endemiti *Leontodon berinii*, *Moehringia villosa*, *Ranunculus thora* f. *pseudoscutatus*, *R. aesotinus*, *Saxifraga paradoxa*, ali zavarovane vrste, *Gladiolus imbricatus*, *Daphne cneorum* subsp. *cneorum*, *Liparis loeselii*, *Lycopodiella inundata* idr. Poleg naštetih so zanimive še vrste *Cirsium waldsteinii*, *Diphasiastrum alpinum*, *Euphorbia triflora* subsp. *kernerii*, *Poa carniolica*, *Primula veris* subsp. *canescens*, *Woodsia ilvensis*, ki jih lahko bolj ali manj zanesljivo uvrščamo med diagnostično pomembne vrste našega predalpskega fitogeografskega območja. Večina naštetih vrst prihaja k nam z zahoda.

Preddinarsko fitogeografsko območje je najrevnejše z izključnimi rastlinskimi vrstami, čeprav je floristično bogato. Manjši izbor flore vendarle zaznamuje to fitogeografsko območje, kljub temu, da nekatere od navedenih vrst posamično uspevajo v dinarskem, submediteranskem ali celo predalpskem fitogeografskem območju. Stalne, izključno ali večinoma na preddinarskem fitogeografskem območju rastoče vrste so: *Acer obtusatum*, *Aconitum variegatum* subsp. *nasutum*, *A. vitosanum*, *Asplenium trichomanes* subsp. *pachyrhachis*, *Dianthus giganteus* subsp. *croaticus*, *Erysimum carniolicum*, *Fumaria officinalis* subsp. *wirtgenii* in *Rosa blandaana*.

Večina distriktov fitogeografskih območij ima svoje sebi lastne rastoče vrste, kar je razvidno iz Tabel 1 in 2. Vendar jih nekateri distrikti nimajo ali jih imajo zelo malo: takšni so jugovzhodnoalpski in primorsko-julijskoalpski distrikt v alpskem fitogeografskem območju, krmsko-mokriško-goteniški distrikt v dinarskem fitogeografskem območju ter zahodnodolenjski, notranjski, polhograjski, iški, bohorsko-kumski in osrednjedolenjski distrikt v preddinarskem fitogeografskem območju. V te distrikte pa prihajajo vrste iz drugih fitogeografskih območij, ki bi jih tu ne pričakovali. Tako dajejo tem distriktom določen floristični in ekološki pečat oziroma drugačnost, kar opravičuje njihov obstoj. Očiten primer je iški distrikt, v katerem so nekatere alpske in številne dinarske vrste. Alpske vrste označujejo posebnost distrikta. Zaradi prisotnosti dinarskih vrst pa ni jasno, ali ga naj uvrstimo v preddinarsko (ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995) ali kar v dinarsko fitogeografsko območje, kamor ga uvršča ACCETTO (2010).

Za fitogeografska območja in distrikte smo izdelali analizo rastlinskih vrst, ki izključno ali večinoma uspevajo v določenem fitogeografskem območju, in jih opredelili glede na biološke oblike in njihove fitogeografske razširjenosti (po geoelementih) ter to prikazali v tabelah 3–20. Tako izbrane rastlinske vrste odražajo določeno floristično in ekološko podobo posameznega distrikta, skupek rastlinstva distriktov v določenem fitogeografskem območju pa posledično prikazuje njegovo floristično in ekološko podobo (Tabele 21–24). Za opredelitev bioloških oblik in geoelementov smo uporabljali literaturo PIGNATTIJA (2005), deloma AESCHIMANNA et al. (2004) in v manjši meri POLDINIJA (1991).

Analiza izključno ali večinoma prisotnih vrst alpskega fitogeografskega območja (Tabele 3, 4 in 5) kaže na prevlado hemikriptofitov (25 oz. 56 %), njim sledijo hamefiti (7 oz. 18 %) in nato geofiti (5 oz. 13 %), terofitov je zanemarljivo malo (1 oz. 3 %). Med izključne ali večinoma prisotne vrste se niso uvrstili fanerofiti s. lat., helofiti in hidrofiti (Tabela 22). V primerjavi z drugimi fitogeografskimi enotami po deležu udeležbe hemokriptofitov s hamefiti zasedajo tretje mesto (Tabela 21). Tabela 24 prikazuje razmerja med geoelementi alpskega območja, kjer prevladujejo endemiti (8 oz. 22 %) in alpski endemiti (5 oz. 14 %). Drugi geoelementi s prej omenjenimi enotami kažejo na hladne alpske razmere v jugovzhodnem območju Alp. V primerjavi z drugimi fitogeografskimi območji Slovenije (Tabela 23) izstopajo v alpskem območju alpski endemiti (5 oz. 62 %): *Jovibarba arenaria*, *Artemisia genipi*, *Minuartia rupestris*, *Primula villosa*, *Taraxacum cuculatum* in vzhodnoalpsko-ilirski endemit *Viola zoysii*, ter ostali

endemiti značilni za jugovzhodne Apneniške Alpe: *Androsace helvetica*, *A. hausmanii*, *Papaver alpinum* subsp. *victoris*, *Festuca alpestris*, *Geranium argenteum*, *Poa cenisia* idr. Alpsko območje je poleg predalpskega in submediteranskega območja bogato z endemiti. Iz Tabele 23 je razvidno pojavljanje drugih geoelementov, ki so v primerjavi z drugimi območji, zlasti predalpskim območjem, številčno manj prisotni, kažejo pa na prej omenjene hladne alpske razmere.

Najbolj floristično podprt z izključno ali večinoma rastočimi vrstami je jugovzhodnoalpski distrikt (2 a), slabo pa alpsko-pohorski (1d) in primorsko-julijskoalpski distrikt (2d), kar pa ne pomeni, da nimata svojih posebnosti v ožjem in širšem krogu fitogeografske delitve Slovenije (Tabele 3, 4 in 5). Predvsem se od drugih distriktov razlikujeta zaradi toplotnega vpliva panonskega podnebja (alpsko-pohorski distrikt (1 d), oziroma sredozemskega podnebja (primorsko-julijskoalpski distrikt (2 d)), ki omogoča pojavljanje nekaterih toploljubnih rastlinskih vrst, ki so sicer splošno razširjene v subpanonskem in submediteranskem območju in tu niso izključno ali večinoma prisotne.

Analiza izključno ali večinoma prisotnih vrst predalpskega fitogeografskega območja (Tabele 6, 7 in 8) kaže na visoko prevlado hemikriptofitov (65 oz. 49 %). Številčni so tudi terofiti (25 oz. 19 %) in geofiti (19 oz. 14 %). Za razliko od alpskega območja se med izključno ali večinoma prisotnimi vrstami pojavljajo fanerofiti (8 oz. 6 %) in nanofanerofit (1 oz. 1 %). Nekaj je tudi hamefitov (9 oz. 6 %). Prisotna sta še helofita in hidrofita (vsak po 2 oz. 2–3 %) (Tabela 22). Razpored vrst po biološki obliki v primerjavi z drugimi fitogeografskimi območji (Tabela 21) kaže, da je predalpsko območje bogato s hemikriptofiti podobno kot submediteransko (65 oz. 33 %); številčno ga presega tudi v drugih bioloških oblikah, razen v primerjavi s submediteranskem območjem, ki je na splošno bogatejša po raznovrstnosti bioloških oblik. Razpored vrst po bioloških oblikah kaže na zmernejše življenjske razmere, ki se odražajo tudi v prisotnosti terofitov in fanerofitov. Primerjava geoelementov z alpskim fitogeografskim območjem kaže na določeno podobnost in hkrati določeno raznolikost, ki je svojska zaradi prisotnosti redkih posamičnih vrst. Nekateri geoelementi so celo manjšinsko zastopani v primerjavi z drugimi območji, vendar dajo določen fitogeografski pečat, kot sta stenomediteranski in jugovzhodnoevropski geoelement. (Tabela 24). Posebnost predalpskega območja je prisotnost endemitov (7 oz. 6 %) oz. alpskih endemitov (2 oz. 2 %) v dolinah ali v višjih legah predalpskega območja. Ti so: *Euphorbia kernerii*, *Leontodon berinii*, *L. hispidus* subsp. *brumatii*, *Polygala croatica*, *Gentianella aspera*, *Thesium ro-*

stratum in *Jovibarba hirta*. Primerjavo geoelementov znotraj predalpskega območja prikazuje Tabela 24, kjer prevladujejo geoelementi evropsko-vzhodnoevropskega območja z vdorom sredozemskih in vzhodnih – (azijskih) geoelementov. Vsi distrikti (4a do 4d) so dobro floristično podprti.

Analiza izključno ali večinoma prisotnih vrst dinarskega fitogeografskega območja (Tabele 9, 10 in 11) kaže, da v njem prevladujejo hemikriptofiti (17 oz. 58 %). Skromno so zastopani terofiti (5 oz. 14 %), fanerofiti (5 oz. 17 %) ter hamefiti (3 oz. 9 %) (Tabela 22). V primerjavi z drugimi območji vidimo skromno zastopanost izključnih vrst v dinarskem območju in zato je tudi skromna zastopanost teh vrst v posameznih kategorijah bioloških oblik (Tabela 21). Primerjava bioloških oblik z drugimi območji nam ne daje podobe življenjskih razmer v dinarskem območju. Opremo se lahko le na primerjavo znotraj območja, kjer prevlada hemikriptofitov daje podobo težjih, a ne pretežkih rastiščnih razmer.

Pestrost geoelementov v dinarskem območju je skromna, endemitov je malo, kot sta npr. *Hladnikia pustinacifolia* in *Ranunculus wraberii*. Z dvema vrstama so zastopani orof. jugovzhodnoevropski, evropsko-azijski in mediteranski geoelement, drugi so zastopani le z eno vrsto (Tabela 24). V primerjavi z drugimi območji so tu zastopani jugozahodni, orof. centralnoevropski in mediteransko-zahodnoazijski geoelementi. Posebnost je prisotnost 16 vrst ilirskega geoelementa (Tabela 23). Razpored po geoelementih kaže, da dinarsko območje pripada evropsko-južnoevropskemu prostoru.

Z izključno ali večinoma prisotnimi vrstami so podprti distrikti 5a, b in d. Zelo malo izključnih vrst imata mokrško-goteniški in krimski distrikt in nista floristično niti vegetacijsko podprta. Smiselno ju je bilo združiti in preimenovali v krimsko-mokrško-goteniški distrikt (5d).

Po mnenju DAKSKOBLERJA (2015) je uvrščanje Banjšic v trnovski distrikt (5a) vprašljivo, saj je območje prehodno med submediteranskim in predalpskim fitogeografskim območjem (KALIGARIČ & ŠKORNIK 2002).

Izključno ali večinoma prisotnih vrst v preddinarskem fitogeografskem območju je še manj kot v dinarskem območju (Tabele 12, 13 in 14). Obe območji sta floristično skladni z jugovzhodnoevropsko-ilirskimi vrstami, ki se po številu in množičnosti pojavljajo v obeh območjih in se tako izključujejo kot izključne ali večinoma prisotne vrste v prvem ali drugem območju. Kot v dinarskem območju se tudi v preddinarskem območju pojavljajo predvsem hemikriptofiti (4 oz. 44 %). Opazni so tudi fanerofiti in terofiti (z 2 vrstama oz. 22

%). Tu ni izključnih vrst helofitov in hidrofifitov (Tabela 22). V primerjavi z drugimi območji je to območje najrevnejše z izključno ali večinoma prisotnimi vrstami, kar ima za posledico skromen delež bioloških oblik (Tabela 21). Težko bi ovrednotili življenjske razmere na podlagi bioloških oblik. Odstotni delež geoelementov je v preddinarskem območju enakomeren (Tabela 24). V primerjavi z drugimi območji izstopata le dva geoelementa, ki jih v drugih območjih ni, in sicer jugozahodnoevropski in mediteransko-azijski geoelement. Drugi geoelementi, ki so večinoma prisotni v dinarskem območju, dajejo toplotni pečat južne-jugovzhodne Evrope (Tabela 23). Glede na skromnost vrst v kategorijah življenjskih oblik in geoelementov lahko z zadržkom sklepamo o ugodnih vegetacijskih življenjskih razmerah preddinarskega območja.

Od 8 distriktov v preddinarskem območju so le v petih distriktih prisotne, a maloštevilne izključne ali večinoma prisotne vrste (Tabele 12, 13 in 14). Iz floristične in vegetacijske analize ZUPANČIČA in ŽAGARJA (1995) pa je upravičena delitev na 8 distriktov.

Submediteransko fitogeografsko območje je najbogatejše z izključno ali večinoma prisotnimi vrstami (Tabele 15, 16 in 17). Analiza bioloških oblik je bolj ali manj uravnotežena – z izjemo, da ni helofitov. Prevladujoče so štiri kategorije: številni terofiti (115 oz. 44 %), nato hemikriptofiti (67 oz. 26 %), sledijo geofiti (28 oz. 11 %) in fanerofiti (28 oz. 11 %). Manj so zastopani hamefiti (13 oz. 5 %) in hidrofifiti (8 oz. 3 %) (Tabela 22). Razpored oz. delež vrst po bioloških oblikah v primerjavi z drugimi območji kaže naslednjo podobo: terofitov je 66 %, fanerofitov 61 %, nanofanerofitov 56 %, geofitov 45 %, hidrofifitov 44 %, hamefitov 35 % in hemikriptofitov 34 %. Primerjava med območji kaže, da je submediteransko območje v vseh kategorijah, razen pri helofitih, vodilno. Velika zastopanost terofitov in fanerofitov s. lat. poudarjajo tople sušne submediteranske razmere. Geofiti se pojavljajo le spomladi, sušo pa prežive s podzemnimi rastlinskimi organi. Na neugodne sezonske razmere nakazujejo številni hemikriptofiti. (Tabeli 21 in 22).

Submediteransko fitogeografsko območje je bogato z izključnimi ali večinoma prisotnimi geoelementi, ki izkazujejo tople klimatske razmere in so skladni z razporedom bioloških oblik. Fitogeografski položaj območja lahko sintezno predstavimo kot evropsko-mediteranski z vplivi iz Atlantika na zahodu in toplega dela celine na vzhodu (Tabela 24).

Vsi distrikti submediteranskega območja so floristično ovrednoteni. Največ izključnih ali večinoma prisotnih vrst imata kraško-vipavski (7 b) in koprsko-šavrinski distrikt (7 d). Najmanj izključnih ali večinoma prisotnih vrst je v briškem (7 a) in brkinskem (7 c)

distriktu. Najbolj topel in sušen mediteranski je koprsko-šavrinski distrikt (7 d), kar se odraža v številnih vrstah terofitov ter stenomediteranskih, evromediteranskih in manj številnih subtropskih geoelementov (Tabela 15). Na jugovzhodni vpliv pa lahko sklepamo po zmerni zastopanosti evromediteranskih-turanskih in jugovzhodnih-južnosibirskih ter podobnih številčno manj prisotnih geoelementov. Med izključnimi vrstami je prisoten endemit *Moehringia tommasinii* (Tabela 16 in 17).

Zanimivo je, da je v kraško-vipavskem distriktu (7 b) med izključnimi vrstami 5 endemitov: *Hieracium dragicola*, *Moehringia tommasinii*, *Sorbus istriaca*, *S. mayeri* in *S. slavnicensis*, kar daje distriktu svojski pečat, s tem pa tudi slovenskemu in severnojadranskem submediteranu (Tabela 15 in 17).

Analiza izključno ali večinoma prisotnih vrst v subpanonskem fitogeografskem območju (Tabele 18, 19 in 20) kaže, da so v njem najštevilčnejši terofiti (26 oz. 41 %) in nato hemikriptofiti (17 oz. 27 %). Poleg terofitov, ki označujejo »stepsko« območje, so za naše obrobje subpanonije značilni še hidrofiti (7 oz. 11 %), ki so naselili mokrišča, mrtve rokave reke Mure ali poplavljenе opuščene peskokope ipd. (Tabela 22). V primerjavi z drugimi območji v subpanonskem območju izstopajo hidrofiti (7 oz. 39 %), podobno kot v submediteranskem območju (8 oz. 44 %). Odstotne udeležbe vrst drugih bioloških oblik so nekoliko podobne predalpskemu območju; te so tu bolje zastopane kot v alpskem, dinarskem in preddinarskem območju. (Tabela 21). Skladno z deležem bioloških oblik v subpanonskem fitogeografskem območju ugotavljamo, da so rastne razmere vegetacije relativno ugodne glede večjega pojavljanja terofitov in nanofanerotitov. Ti kažejo na toplo podnebje, kar pa je lahko ob pretirano vročih obdobjih tudi neugodno zaradi suše.

Pojavljanje izključnih geoelementov v subpanonskem območju je skromno in posamično (6 vrst, po en podatek oz. primerek, Tabela 23). Drugi geoelementi so skladni s submediteranskim območjem in redke uvrščamo med »večinoma prisotne«. Najpogosteje so geoelementi zastopani le z eno vrsto. V haloškem distriktu (3b) je zabeležena zavarovana vrsta – endemit *Sempervivum juvanii* (Donačka gora – kremenčevo-apnenčev peščenjak in konglomerat). Analiza geoelementov kaže jugovzhodnoevropski-evropski-vzhodnoevropsko-karpatško-azijski značaj. (Tabela 24). Na to opredelitev lahko sklepamo iz Tabele 23, ki kaže odstotni delež geoelementov v primerjavi z drugimi fitogeografskimi območji.

Vsi trije distrikti subpanonskega fitogeografskega območja so floristično podprti (Tabele 18 – 20), zlasti še ptujski (dravsko-murski) (3a), ki ga predlagamo v

prenorijsko-slovensko floristično provinco (MEUSEL et al. 1965) kot ptujski distrikt (Soó 1961). Po številu vrst je ta distrikt najbolj panonski (»stepski«) s številnimi terofiti in vzhodnimi geoelementi. Izbrane (izključne ali večinoma prisotne) vrste tega distrikta glede na biološke oblike (Tabela 19) uvrščamo predvsem v terofite, ki jih je 24 (46 %), in hemikriptofite, ki jih je 10 (19 %). Zaradi mrtvic, bajerjev (ribnikov), ki so nastali iz opuščениh peskokopov in jih je sčasoma zalila voda, ter drugih mokrišč se pojavlja 6 (12 %) hidrofitev. Prav toliko je geofitov 6 (12 %). Hamefiti so 3 (6 %). Redki so nanofanerotiti 2 (4 %) in fanerotiti 2 (1 %). Pravo podobno fitogeografskega območja oziroma floristične province dajo terofiti, ki so vodilni za nižinsko, poljedeljsko subpanonsko območje ali – natančneje – za obrobje subpanonskega območja Slovenije. Poleg terofitov so za obravnavano območje in posledično tudi za ptujski distrikt prenorijsko-slovenske floristične province značilni hidrofiti, ki naseljujejo številna tamkajšnja mokrišča (Tabela 19).

Opredelitev izključnih ali večinoma prisotnih vrst po fitogeografski razširjenosti (Tabela 20) je naslednja. Največ je evroazijskih (8 oz. 15 %), subkozmozopolitskih (6 oz. 11 %), evrosibirskih (5 oz. 10 %), južnoevropsko-južnosibirskih (5 oz. 10 %), subtropskih (4 oz. 8 %) in južnoevropskih (3 oz. 6 %) geoelementov. To je polovica vseh izključnih ali večinoma prisotnih vrst, ki fitogeografsko dobro opredeljujejo ptujski distrikt prenorijsko-slovenske province našega severovzhodnega obrobnege subpanonskega območja. K tem diagnostičnim vrstam ptujskega distrikta bi dodali še manj zastopane geoelemente, kot so: vzhodnoevropski (2 oz. 4 %), pontski, paleosubtropski, cirkumborealni, stenomediteranski, severnomediteransko-montanski, evromediteransko-turanski, jugovzhodnocentralno-evropski, evropsko-kavkaški, vzhodnomediteranski in paleotemperatni geoelement (vsi zastopani z 1 vrsto oz. 2 %). Drugi geoelementi v Tabeli 20 so prisotni še v drugih distriktih.

Naredili smo še analizo pojavljanja jugovzhodnoevropsko-ilirskih elementov v ptujskem distriktu, da bi spoznali vpliv sosednje ilirske province na južni in jugozahodni meji, to je z bizeljsko-krškimi (3c) in štajersko-koroškimi distriktom (4c). Od jugovzhodnoevropsko-ilirskih geoelementov je z ožjo razširjenostjo večinoma prisotna le vrsta *Aposeris foetida* in s širšo razširjenostjo vrsti *Knautia drymeia* subsp. *drymeia* in *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa*. Od ožje razširjenih jugovzhodnoevropsko-ilirskih vrst so na zahodnem stičnem območju redko ali zelo redko prisotne naslednje vrste: *Anemone trifolia*, *Cardamine trifolia*, *C. enneaphyllos*, *C. waldsteinii* in *Aremonia agrimonoides*, na južnem stičnem območju pa vrste: *Hacquetia*

epipactis, *Hieracium transsilvanicum* in *Festuca drymeia*; po vsem območju pa so raztresene vrste *Lamium orvala*, *Polystichum setiferum*, *Erythronium dens-canis* in *Tamus communis*. Večina naštetih vrst bolje uspeva na bazičnih tleh in karbonatni geološki podlagi, izjemi sta vrsti *Erhythronium dens-canis* in *Hieracium transsilvanicum*, ki uspevata na kisljih tleh, ter vrsti *Festuca drymeia* in *Polystichum setiferum*, ki sta prilagodljivi in uspevata tudi na zmerno kisljih do bazičnih tleh.

Posamično, redko pojavljanje jugovzhodnoevropsko-ilirskih vrst in bolj pogosti, ne tako diagnostično pomembni jugovzhodnoevropsko-ilirski vrsti *Aposeris foetida* in *Knautia drymeia* subsp. *drymeia* skupaj kažeta na določeno diferenciacijo ptujskega distrikta znotraj prenorijško-slovenske province. Posebej dobro jo označuje vrsta *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa*, ki je prisotna izključno v slovenskem subpanonskem obrobju.

Floristični analizi ptujskega distrikta prenorijško-slovenske province sledi vegetacijska analiza gozdnih združb, ki so značilne zanjo in večinoma ali povsem razširjene zgolj tu. Te so: *Vicio oroboidi-Fagetum* (Ht. 1938), Pocs & Borhidi in Borhidi 1960, *Polysticho setiferi-Fagetum* Zupančič et al. 2001 (non Ubaldi 1988 nom. inv.), *Festuco drymeiae-Abietetum*

Vukelić & Baričević 2007, *Pruno padi-Carpinetum betuli* (Marinček & Zupančič 1982), Marinček 1994, *Hieracio rotundati-Fagetum* Ž. Košir 1994, *Galio rotundifolii-Pinetum* Zupančič & Čarni ex Čarni et al. 1992, *Pruno padi-Fraxinetum angustifoliae* Čarni et al. 2008 nom. nud., *Fraxino-Ulmetum effusae* Slavnić 1952 var. *Prunus padus* Vukelić et Baričević 2004, *Salicetum albae-fragilis* Soó (1930) 1940, *Querco roboris-Carpinetum* M. Wraber 1969, *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae* Lohmayer (1953) 1957, *Lonicero caprifolii-Quercetum roboris* (Rauš 1971) Marinček 1994 in *Querco roboris-Ulmetum minoris* Issler 1924. Od travniških združb bi bila za to območje značilna (tu prvokrat opisana) združba *Dactylis glomerata-Festuca pratensis* comm. (A. Seliškar 1998) ter pozneje spoznana suha ali polsuha travniška subpanonskega sveta Slovenije *Hypochoerido-Festucetum rupicola* Steinbuch 1995 in *Onobrychido viciifoliae-Brometum* Kaligarič et Škornik 2002 (KALIGARIČ & ŠKORNIK 2002, ŠKORNIK 2003). Kot smo že zapisali, so na obravnavanem območju številna mokrišča, ki jih porašča več (devet) mokriščnih združb razredov *Lemnetea*, *Isoeto-Nanojuncetea*, *Galio-Urticetea* in *Phragmiti-Magnocaricetea*, ki dajejo svojski pečat pokrajini in s tem tudi ptujskem distriktu ter prenorijško-slovenski provinci.

3 PRIMERJAVA MED ANALIZAMA IZBRANIH IN VSEH TAKSONOV V FITOGEOGRAFSKIH OBMOČJIH SLOVENIJE

Za primerjavo smo naredili analizo bioloških oblik taksonov med izključno ali večinoma prisotnimi (izbranimi) in vsemi rastočimi vrstami Slovenije v posameznih fitogeografskih območjih po M. WRABRU (1969) v želji, da bi ugotovili skladnost ali različnost rezultatov razmerij med biološkimi oblikami. V obdelavo po programu FloVegSi (T. SELIŠKAR et al. 2003) je bilo zajetih 3240 taksonov (Diagrama 1 in 2).

V alpskem fitogeografskem območju so razmerja bioloških oblik večinoma bolj ali manj skladna. (Tabela 22, Diagram 1). Razlika je pri fanerofitih, ki pri analizi izključnih ali večinoma prisotnih vrst umanjajo (Tabela 22). To si razlagamo tako, da se tu prisotne drevesne vrste (npr. macesen, smreka, jelka, bukev, beli javor idr.) pojavljajo tudi v drugih fitogeografskih območjih. Preseneča pa nas številčnost terofitov za alpsko območje (Diagram 1), kjer nismo pričakovali tako visokega deleža. Razlago za tak rezultat pripisujemo preširoko oblikovanemu alpskemu območju M. WRABRA (1969) v smeri proti nižjemu predalpskemu območju.

V predalpskem fitogeografskem območju sta obe analizi razporeda bioloških oblik skladni z zane-marljivimi odstopanji.

Primerjava bioloških vrst **v dinarskem fitogeografskem območju** je skladna. Razlika je le v pojavljanju števila fanerofitov, kjer je kar 15 : 6 (Tabela 22, Diagrama 1 in 2). Dinarsko območje je poznano po različnosti drevesnih (fanerofitov) in grmovnih vrst (nanofanerofitov). Razliko si razlagamo z nenatančnimi metodama, ki sta v danih primerih zastavljeni na približkih in zato relativni, vendar dajeta zadovoljiv rezultat.

V preddinarskem fitogeografskem območju se med analizama izbranih in vseh vrst v Sloveniji razlikuje odstotek fanerofitov za skoraj enkrat več, minimalno je odstopanje pri hamefitih (Tabela 22, Diagrama 1 in 2). Razmerja pri drugih bioloških oblikah so skladna. V razmerjih fanerofitov in hamefitov med obema analizama gre verjeti analizi, ki zajema vse rastlinstvo Slovenije. Ugotavljamo, da se pri izbranih vrstah lahko pojavi napaka zaradi obravnave manjšega

števila vrst, ki pridejo v poštev. Vprašanje je, zakaj so pri analizi izbranih vrst izpadli hamefiti.

Pri **submediteranskem fitogeografskem območju** so odstotna razhajanja pri hemikriptofitih in terofitih. Enkrat več je hemikriptofitov v analizi vseh vrst v Sloveniji in enkrat več je terofitov v analizi izbranih vrst. Drugi odstotki bioloških vrst so skladni. Vzrok je verjetno v relativnosti obeh analiz, kjer ne moremo natančno opredeliti meje območij pri eni ali drugi analizi. (Tabela 22, Diagram 1).

V **subpanonskem fitogeografskem območju** je največ razlik. V analizi vseh vrst v Sloveniji prevladujejo fanerofiti in hemikriptofiti; geofiti in terofiti pa v analizi izbranih vrst (Tabela 22, Diagram 1). Analiza vseh vrst je zaradi popolnosti bolj zanesljiva in tudi računalniško podprta. Kljub razlikam med analizama ugotavljamo, da so razmerja med biološkimi oblikami

zelo podobna. V obeh analizah prevladujejo hemikriptofiti in terofiti, kar je značilno za subpanonsko območje. V primerjavi z drugimi fitogeografskimi območji so v subpanonskem območju v obeh analizah odstotno najvišje zastopani hidrofiti (Tabela 22, Diagram 1). V podobni primerjavi za fanerofite ugotavljamo, da so odstotki na vseh območjih uravnoteženi (Diagram 1). Analiza izbranih vrst po območjih kaže podpovprečno odstotnost fanerofitov v subpanonskem območju, kar ni realno. Razlog je podoben kot v drugih fitogeografskih območjih, saj so skoraj vsi fanerofiti večinoma prisotni v vseh fitogeografskih območjih.

Ugotavljamo, da analiza bioloških oblik vseh vrst večinoma potrjuje analizo izbranih (izključnih in večinoma prisotnih) vrst, ki zvesto odseva njihove življenjske razmere, tako za posamezne taksone kot za vzajemno rast v različnih vegetacijskih oblikah.

4 DELITEV SLOVENIJE NA FLORNE PROVINCE

Slovenija je razdeljena na dve fitogeografski regiji: na površinsko najbolj razširjeno evrosibirsko-severnoameriško regijo in po površini skromno zastopano alpsko-nordijsko regijo v severozahodnem alpskem svetu. V sklopu teh dveh regij imamo pet fitogeografskih provinc. V evrosibirsko-severnoameriški regiji so štiri: srednjeevropska na manjšem območju severne Slovenije, ilirska v osrednji Sloveniji ima največjo površino in ilirskojadranska provinca na manjšem območju jugozahodne Slovenije in na severovzhodu na novo izločena prenorijsko-slovenska provinca z manjšo razširjenostjo. Fitogeografsko posebni sta ilirska in ilirskojadranska provinca, ki se razlikujeta od srednjeevropske in prenorijsko-slovenske province z jugovzhodnoevropskoilirskimi (ilirskimi, ilirikoidnimi) geoelementi, večinoma prihajajočimi z Balkanskega polotoka, ki pri nas proti zahodu dosežejo skrajno mejo svojega areala. V alpsko-nordijski regiji imamo alpsko provinco, ki jo naseljujejo jugovzhodnoalpski geoelementi z zahoda, pri nas pa dosejajo najvzhodnejšo poselitev.

Pri opisu novih distriktov Slovenije (ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995) smo razmišljali tudi o problemu razširjenosti ilirske florne province. Osnovna razmišljanja so izhajala iz temeljnih raziskav starejših avtorjev v začetku dvajsetega stoletja (ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995: 21). Opirali smo se na ADAMOVIČEV (1906) kartografski prikaz ilirske florne province, predvsem pa na temeljne študije BECKA (1907, 1908, 1913) in HAYEKA (1907, 1923). BECK (1907–1913) loči v svoji študiji mediteransko, ilirsko in srednjeevropsko floro, kar je solidna

osnova za razmejitev današnje ilirskojadranske, ilirske in srednjeevropske province. HAYEK (1907) se je osredotočil predvsem na alpsko območje – Kamniške planine, ki jih deli na šest pasov: gorsko (montanski) pas, 340–700 m (900 m), spodnje predalpsko, ((700 m) 900–1200 m), zgornje predalpsko območje (1300–1628 m), območje ruševja (1631–1802 m), alpsko (2020–2250m) in subnivalno območje (2250–2569 m), kar je solidna podlaga za razmejitev med evrosibirsko-severnoameriško in alpsko-nordijsko regijo ter alpsko provinco. V obravnavanem območju HAYEK (ibid.) piše še o prisotnosti panonske flore, ki pa je danes ne bi tako uvrščali, morda le nekatere vrste, širše razumljene kot panonske vrste, *Dianthus barbatus*, *Helleborus odoratus*, *Silene viridiflora*, *Galium aristatum*, *Centaurea variegata*, *C. fritschii*, *Ophrys holosericea*, *Tunica saxifraga*, *Linum tenuifolium*, *L. flavum*.

V svoji študiji za Štajersko HAYEK (1923) slovenski del Štajerske omejuje od Šentilja na severu do Brežic (Obrežja) na jugu ter od severnih pobočij zahodnih Kamniških planin (Ojstrica) in južnih zahodnih Karavank (Olševa) do Haloz na vzhodu. To območje deli na dve fitogeografski območji: evropsko-sibirsko gozdno in alpsko območje. Prvo območje deli na okrožja in sicer na južnonemško, subalpinsko in avstrijsko okrožje, ta pa še na štiri podokrožja. Za naše razmišljanje o delitvi fitogeografskih provinc Slovenije so zanimiva severovzhodnoalpsko in ilirsko podokrožje subalpinskega okrožja ter panonsko podokrožje avstrijskega okrožja. Drugo, alpsko območje deli na okrožji Severnih apeniških in Centralnih Alp ter Južnih apenin-

ških Alp s šestimi podokrožji. Od teh šestih podokrožij je za nas zanimivo julijskoalpsko podokrožje okrožja Južnih apneniških Alp ter deloma norijskoalpsko podokrožje okrožja Severnih apneniških in Centralnih Alp. Za opredelitev fitogeografskih območij, okrožij in podokrožij, zlasti ilirskih, so mu služile razširjenosti nekaterih toploljubnih sicer splošno razširjenih jugovzhodnoevropsko-ilirskih vrst: *Ostrya carpinifolia* in *Fraxinus ornus* (njuna severna meja je Dravograd–Velenje–Slov. Bistrica–Macelj–Ptuj) ter *Castanea sativa* (severna meja: do Gradca), pa tudi razširjenost vinske trte (severna meja: Radlje, meja z Avstrijo–Ruše–Hoče–Slov. Bistrica in nato po njegovi meji razširjenosti vrst *Ostrya carpinifolia* in *Fraxinus ornus* – Dravograd). Njegova razmejitev med ilirsko in srednjeevropsko fitogeografsko provinco, kot ju razumemo danes, je presenetljivo točna, če upoštevamo tedanja manj raziskana ozemlja Kranjske in Koroške ter skromno literaturo. Opiral se je predvsem na BECKA (1907–13).

BECK (1907–13) je naše etnično ozemlje botanično in še posebej fitogeografsko raziskoval ob koncu 19. in v začetku 20. stoletja. Zamejil je mediteransko, ilirsko in srednjeevropsko floro ter vse to prikazal na karti. Današnje zahodno Slovenijo je uvrstil v mediteransko regijo vse do Kanala, Volč in Breginja (Breginjanskega kota). Njegova razmejitev je solidna podlaga za poznejše fitogeografe. Bil je natančen, včasih celo zelo natančen: kot primer navajamo opisana nahajlišča ilirske (jugovzhodnoevropsko-ilirske) flore v dolini Završnice pod Karavankami, in sicer: *Aremonia agrimonioides*, *Cardamine enneaphyllos*, *C. trifolia*, *C. waldsteinii*, *Hacquetia epipactis*, *Lamium orvala*, *Omphalodes verna*, *Vicia oroboides* idr.

Po drugi svetovni vojni do danes se je pri nas zvrstilo kar nekaj botanikov in fitocenologov, ki so raziskovali fitogeografsko razdelitev Slovenije in na različne načine reševali tovrstne probleme. Med prvimi fitogeografi je bil botanik MAYER (1946). V svoji disertaciji je floristično analiziral Jugovzhodne apneniške Alpe in prišel do sklepa o uvrstitvi Vzhodnih apneniških Alp v alpsko provinco. To uvrstitev potrjuje s pojavljanjem alpsko-severnoevropske (npr. *Nigritella »nigra«* (=rheľicani), *Campanula barbata*, *Euphrasia minima*), alpsko-srednjeevropske (npr. *Saxifraga caesia*, *Primula auricula*, *Soldanella alpina*, *Homogyne alpina*), alpske (npr. *Rumex nivalis*, *Androsace helvetica*, *Valeriana supina*), alpsko-arktično-altajske (npr. *Salix herbacea*, *S. reticulata*, *Polygonum viviparum*, *Androsace chamaejasme*), alpsko-arktične (npr. *Silene acaulis*, *Bartsia alpina*, *Gentiana nivalis*), alpsko-altajske flore (npr.: *Coeloglossum viride*, *Salix retusa*, *Veronica aphylla*, *Leontopodium alpinum*) in endemitov (npr.: *Cerastium julicum*, *Campanula zoysii*, *Gentiana froelichii*,

Saxifraga hohenwartii, *Leucanthemum lithopolitanicum*, *Nigritella lithopolitanica*). Pozneje je MAYER (1950, 1951, 1952, 1953, 1960) v prispevkih o flori še utrdil uvrstitev naših Vzhodnih apneniških Alp v alpsko provinco oziroma nakazal razširjenost ilirske province.

Botaničarka Nada PRAPROTNİK (1987) je v svoji disertaciji o ilirskih flornih elementih podrobno razčlenila fitogeografsko pripadnost bolj ali manj ilirskih vrst v Sloveniji. Razvrstila jih je v 13 fitogeografskih enot (kategorij) in prikazala njihovo razširjenost (areale) v Sloveniji. Njena študija je dobro pomagala k poznavanju razširjenosti ilirske in ilirsko-jadranske florne province v Sloveniji. Za ponazoritev navajamo nekaj vrst, na katere smo se najbolj sklicevali kot na ilirske vrste:

Ilirski florni elementi: *Helleborus atrorubens*, *Scabiosa hladnikiana*, *Scilla litardieri* idr.

Submediteransko-ilirski elementi: *Anthriscus fumaroides*, *Satureja subspicata*, *Sesleria autumnalis* idr.

Severozahodno-ilirski elementi: *Arabis scopoliana*, *Hladnikia pastinacifolia*, *Potentilla carniolica* idr.

Subilirski elementi: *Frangula rupestris*, *Gentiana tergestina*, *Potentilla tommasiniana* idr.

Alpsko-ilirski elementi: *Homogyne sylvestris*, *Lamium orvala*, *Vicia oroboides* idr.

Apeninsko-ilirski elementi: *Corydalis ochroleuca* (=Pseudofumaria alba), *Genista sylvestris*, *Sesleria jun-cifolia* idr.

Karpatsko-ilirski elementi: *Daphne blagayana*, *Euphrasia liburnica*.

Taksoni s širšim arealom: *Cardamine kitaibelli*, *Epimedium alpinum*, *Grafia golaka* idr.

Taksoni z alpsko-karpatsko-ilirsko razširjenostjo: *Euphorbia carniolica*, *Hacquetia epipactis*, *Hypericum alpinum* idr.

Taksoni z južnoevropsko, jugovzhodnoevropsko in širšo razširjenostjo: *Anemone trifolia*, *Aremonia agrimonioides*, *Cardamine trifolia*, *Geranium nodosum*, *Omphalodes verna* idr.

Taksoni, ki so najbolj pogosti v submediteranski združbah: *Fraxinus ornus*, *Ostrya carpinifolia*, *Pinus nigra* idr.

Taksoni, ki so najbolj pogosti v združbah subalpinskega in alpinskega pasu: *Centaurea triumfettii*, *Scorzonera rosea*, *Thymus balcanus* idr.

Taksoni z nejasnim taksonomskim položajem so danes večinoma uvrščeni v (1) arktično-alpske oz. med jugovzhodnoalpske in (2) med evromediteranske vrste, npr. vrsti *Arabis alpina* subsp. *alpina* (1) in *Asperula aristata* (2) idr. Dokazano je tudi, da pri nas ne uspeva podvrsta *Helleborus niger* subsp. *macranthus*. Na dolomitni ali dolomitizirani geološki podlagi v gorskem (montanskem) pasu raste *Helleborus niger* subsp. *niger*.

Podobno analizo ilirskih in njim sorodnih vrst, kot so alpsko-ilirske, karpatsko-ilirske, panonsko-ilirske, italsko-ilirske, dacijsko-ilirske, submediteransko-ilirske, balkanske idr. vrste, je naredil BORHIDI (1963), ko je utemeljeval ilirsko zvezo bukovih gozdov *Aremonio-Fagion* (= *Fagion illyricum*). Na tej floristični osnovi je prikazal razširjenost ilirske zveze bukovih gozdov (BORHIDI 1963: 260, 266), ki bi ustrezala arealu ilirske florne province. Kot lahko razberemo iz slike, ki je v zelo majhnem merilu, večino Slovenije pokriva zveza ilirskih bukovih gozdov, kar bi šteli za ilirsko florno provinco. Izvzeta sta primorski in predpanonski pas Slovenije. V tem merilu ni mogel izločiti alpskega pasu Slovenije.

HORVAT (1954, 1962 a) je podal fitogeografsko delitev jugovzhodne Evrope, v kateri je zajeta tudi Slovenija. Fitogeografska analiza s predstavitvijo karte klimatogene vegetacije Jugovzhodne Evrope razčlenjuje klimatogeno vegetacijo po horizontalni razširjenosti in vertikalnih pasovih. Na osnovi te delitve je ugotovil, da so v jugovzhodni Evropi po Braun-Blanquetu zastopane tri vegetacijske regije: mediteranska, evrosibirsko-severnoameriška in iransko-turanska. Mediteransko-submediteransko florno območje uvršča v mediteransko, srednjeevropsko florno območje pa v evrosibirsko-severnoameriško regijo. V razpravi (HORVAT 1962 b) potrjuje svojo odločitev iz prej navedenih publikacij s tem, da v karto potencialne vegetacije izriše meje med mediteranskim in srednjeevropskim območjem štirih fitogeografov Adamovića, Markgrafa, Oberdorferja in Riklija, ki so zelo različne. Sam ostaja pri delitvi na osnovi potencialne vegetacije, kot jo predstavlja v svojih delih (HORVAT 1954, 1962 a, b). Njegova karta klimatogene vegetacije zajema le manjši, jugovzhodni del Slovenije, ki ga uvršča v submediteransko območje (klimatogene) vegetacije *Carpinetum orientalis croaticum* in *Seslerio-Ostryetum*.

HORVAT (1957, 1963) ugotavlja, da sta mediteranska in submediteranska cona na območju osrednjega Balkanskega polotoka (nekdanja Jugoslavija) medsebojno bolje povezani kot submediteranska cona s kontinentalnim območjem evrosibirsko-severnoameriške regije. Mediteransko in submediteransko območje uvršča v mediteransko regijo. Primorje deli v tri cone:

1. vzhodnojadransko eumediteransko cono (*Quercion ilicis*),
2. vzhodnojadransko submediteransko cono (*Carpinetum orientalis croaticum*),
3. vzhodnojadranski mediteransko-montanski pas (*Seslerio autumnalis-Ostryetum*).

HORVAT (1967) je pozneje delil jugoslovansko Primorje na dve provinci: jadransko in egejsko, obe pozneje v sklopu mediteranske regije. Evrosibirsko-se-

vernoameriško regijo pa je delil na tri oziroma štiri province: ilirsko, mezijsko, ilirsko in mezijsko v pasu ruševja ter srednjeevropsko provinco – panonski sektor z nižinskim in gorskim pasom. Slovenijo uvršča v dve provinci, in sicer v jadransko – submediteransko (mediteransko regijo) in ilirsko provinco (evrosibirsko-severnoameriško regijo). Pas planinske vegetacije uvršča v alpsko-visokonordijsko regijo. Pas ruševja uvršča v ilirsko provinco.

TRINAJSTIĆ (1976, 1986, 1995) se je po obdobju starejših hrvaških fitogeografskih raziskav največ in najintenzivneje ukvarjal s fitogeografsko problematiko Hrvaške, zlasti njenega Primorja. Če poenostavimo njegovo fitogeografsko delitev Kvarnerskega zaliva, ki se proti zahodu navezuje na Slovensko primorje, TRINAJSTIĆ (1976) ožje submediteransko območje uvršča v mediteransko regijo. Paramediteransko cono, to je litoralni pas s toploljubnimi bukovimi gozdovi, pa uvršča v evrosibirsko-severnoameriško regijo skupaj z ilirsko, dinarsko, subilirsko-subalpinsko (zanimivo!), borealno-subalpinsko, ilirsko-balkansko, subalpinsko- ilirsko-balkansko vegetacijsko cono. Z njegovo fitogeografsko delitvijo bi se lahko načeloma strinjali za našo Istro. Pozneje je TRINAJSTIĆ (1995) še podrobneje fitogeografsko razčlenil gozdno vegetacijo Hrvaške. Podrobneje obravnava fitogeografsko delitev evrosibirsko-severnoameriške regije. Njegova delitev te regije je zanimiva in sprejemljiva (TRINAJSTIĆ 1995: 40–42). Mediteranske regije ne spreminja, kot je nakažal leta 1986 (TRINAJSTIĆ 1986), in je fitogeografsko ustrezno urejena na cone v mediteransko-litoralni in mediteransko-montanski pas. Pojavlja se vprašanje, ali je pravilno, da uvršča submediteransko vegetacijsko cono mediteransko-litoralnega pasu v mediteransko regijo.

Šugar je temeljito raziskoval območje hrvaške Istre, ki je neposredna soseda slovenske. Njegova teza je, da submediteransko območje (v najširšem pomenu) Istre uvršča v srednjeevropsko-severnoameriško in ne v mediteransko regijo. Vprašanje je, kam uvrščati cono, v kateri se vzdržema pojavlja črničevje – *Quercus ilex* (ŠUGAR, 1984). Istrski submediteran kot zaokroženo celoto (s. lat.) ŠUGAR et al. (1995) delijo v submediteransko s. str. (*Quercio-Carpinetum orientalis*), epimediteransko (*Ostryo-Quercetum pubescentis*), histrijsko (*Molinio-Quercetum pubescentis*, *Potentillo albae-Quercetum pubescentis*) in paramediteransko cono (*Seslerio-Fagetum*) evrosibirsko-severnoameriške regije, kamor je uvrščena nadstojna ilirska cona (*Fagetum* s. lat.). Malopovršinsko priobalno, eumediteransko cono (*Orno-Quercetum ilicis*) pa uvrščajo v mediteransko regijo. Cona zimzelene vegetacije (*Quercetum ilicis*) je le na Brionskih otokih. Gorati del Istre zavzema

ilirska cona (*Seslerion tenuifoliae*) oromediteranske (sredozemsko-planinske) regije.

Za določitev ilirske florne province v Sloveniji je pomembna fitogeografska delitev Slovenije M. WRABERJA (1969). To je prva kartografsko predstavljena fitogeografska delitev Slovenije na floristični in vegetacijski osnovi, vendar še pod precejšnim vplivom geografske delitve Slovenije. Na osnovi njegove delitve lahko sklepamo na pojavljanje različnih florističnih provinc v Sloveniji. M. WRABER (ibid.) ugotavlja, da je na severu in zahodu Slovenije razširjena srednjeevropska provinca, na jugovzhodu pa ilirska provinca z ilirsko-balkanskim rastlinstvom. Južni del Slovenije je sredozemski, mediteransko-montanski in submediteranski. Po njegovi fitogeografski karti in razmišljanju sodeč pripada alpsko območje v srednjeevropsko provinco, toda v nižinah z ilirsko-balkanskimi in ilirsko-južnoevropskimi elementi. Predalpsko in preddinarsko območje opredeljuje kot mešanico alpsko-srednjeevropskih in ilirsko-dinarskih geoelementov. Dinarsko območje označuje ilirsko-balkanska flora. Subpanonsko območje ima panonski vegetacijski karakter (brez izrazitih panonskih vrst, op. piscev), kjer se tu in tam pojavlja ilirska flora. V sosednji Madžarski panonsko območje uvrščajo (Soó 1961, Pocs 1960, KARPATI 1966) v prenorijško provinco z distriktoma *Castri-ferricum* in *Poetovicum*, v katerega bi bilo vključeno naše subpanonsko območje. Submediteransko območje WRABER (1969) uvršča v jadransko provinco, ki se pri nas končuje oziroma, kot pravi, se „izklinja“ ali „iz-zveni“. (ibid.)

Ž. KOŠIR (1975) je razdelil Slovenijo na pet fitoklimatskih teritorijev: submediteranski, dinarski, alpski in predalpski, preddinarski ter subpanonski teritorij. Iz fitoklimatskih teritorijev ni mogoče razbrati meje med florističnimi provincami. Ugotavljamo pa, da so, razen preddinarskega fitoklimata, vsi drugi fitoklimati identični s fitogeografskimi območji M. Wraberja. Iz razširjenosti Koširjevega preddinarskega fitoklimata lahko sklepamo, da po njegovem ilirska florna provinca sega globoko v severovzhodni in deloma vzhodni del Slovenije, ki sega v sosednjo južno Avstrijo, ki že spada v norijsko florno provinco. Koširjeva odločitev za tako razsežno ilirsko florno provinco izhaja iz Potencialne fitocenološke karte Biroja za gozdarsko načrtovanje v merilu 1 : 100.000, ki prikazuje precejšen delež bazičnega do zmerno zakisanega bukovega gozda *Hedero-Fagetum* (*Quercus-Fagetum*) in subpanonskega zmerno bazičnega do nevtralnega (slabo kislega) bukovega gozda (*Festuco drymeiae-Fagetum*). Kakšen je površinski delež enega in drugega, je v novejših raziskavah obveljalo drugačno mišljenje. Novejše raziskave kažejo drugačno podobo gozdne vegetacije, dopolnje-

ne z negozdnimi združbami in florističnimi preučevanji.

MARINČEK (1994) na podlagi vegetacije in nekaterih ilirskih vrst predlaga mejo ilirske florne province na osrednjem Balkanskem polotoku oziroma na ozemlju nekdanje Jugoslavije. Glede na ohlapno pojmovanje (definiranje) in na podlagi splošnih fitogeografskih kart v neznanem merilu lahko sklepamo, da je ilirska florna provinca razširjena od Slovenije do Makedonije brez obalnega pasu, na severovzhodu pa se zajeda v mezijško florno provinco. Posamezni otoki ilirske florne province so razširjeni tudi v panonsko-mezij-skem območju. Ilirsko florno provinco deli na štiri območja, in sicer na predalpsko-alpsko območje na zahodu, subpanonsko območje od severozahoda do severovzhoda, dinarsko območje od jugovzhoda do jugozahoda in preddinarsko območje v vmesnem raztrganem pasu med subpanonskim in dinarskim območjem. Marinček je precej generaliziral omenjena fitogeografska območja in v precejšnji meri posnemal MEUSLA s sodelavci (1965). Po Marinčku so v Sloveniji prisotna vsa štiri območja.

MEUSEL s sodelavci (1965) je v primerjalni horologiji za srednjeevropsko floro prikazal, da Slovenija leži v območju zahodnoilirsko in prenorijško-slovenske floristične province. Karta je zelo generalizirana. Zanimiva je definicija prenorijško-slovenske floristične province, ki je bolj ali manj usklajena z madžarskimi botaniki oziroma fitocenologi (Soó 1961, Pocs 1960, KARPATI 1966).

Osnovno fitogeografsko delitev Slovenije M. Wraberja (1969) je dopolnil ZUPANČIČ s sodelavci (1987) (ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995). V obeh primerih gre za dopolnila na ravneh distriktov. Zdaj poznamo 32 distriktov, ki so utemeljeni na posebnostih flore in vegetacije. Distrikte uvrščamo v štiri province (oziroma pet provinc) in dve regiji:

alpsko-visokonordijska regija:

alpska provinca s štirimi distrikti;

evrosibirsko-severnoameriška regija:

srednjeevropska provinca s petimi distrikti,

ilirsko provinca z osemnajstimi distrikti in

ilirsko-jadranska provinca s štirimi distrikti

ter prenorijško-slovenska provinca z enim distriktom.

Slovensko submediteransko območje so M. WRABER (1969), HORVAT (1954, 1962 a, b), HORVATIĆ (1957, 1963, 1967), TRINAJSTIĆ (1976, 1986, 1995), ZUPANČIČ et al. (1982), ZUPANČIČ & ŽAGAR (1995) uvrščali v mediteransko regijo. ŠUGAR (1984) je glede na mešane listopadne in zimzelene gozdove in grmišča hrvaško in slovensko submediteransko območje uvrstil v evrosibirsko-severnoameriško regijo. To njegovo

misel so z določenimi pomisleki in zadržki sprejeli soavtorji razprave o gozdu puhastega hrasta in stožke rastočih na območju hrvaške in slovenske Istre (ŠUGAR et al. 1995). Nadaljnje raziskave vegetacije so pokazale, da slovensko submediteransko območje, ki sega najvišje proti severozahodu Slovenije, proti zahodnim Julijskim Alpam, uvrstimo v evrosibirsko-severnoameriško regijo (ZUPANČIČ 1997). V sloven-

skem submediteranskem območju je v gozdno-grmiščnih združbah večina listopadnega in majhen delež zimzelenega drevja ali grmičevja. Naš submediteran ima hladnejše podnebje in je bolj namočen kot na jugovzhodnem območju Balkanskega polotoka. OGRIN (1995) pravi, da je naše submediteransko območje zmerno toplo z vlažnim podnebjem, kjer so topla le poletja.

5. SKLEP

Območje ilirske florne province v Sloveniji želimo definirati in zamejiti na podlagi pogostnosti pojavljanja jugovzhodnoevropsko-ilirskih (ilirskih, ilirikoidnih, subilirskih) vrst v posameznih fitogeografskih enotah – distriktih v celoti ali njihovih delih ter na podlagi rezultatov fitogeografskih raziskovanj preučevalcev, navedenih v poglavju, ki govori o problemih delitev na florne province. Upoštevali smo bolj ali manj vse navedene raziskovalce, najbolj pa smo se naslanjali na BECKA (1907, 1908, 1913), HAYEKA (1907, 1923), HORVATA (1954, 1962 A, B), HORVATIĆA (1957, 1963, 1967), KOŠIRJA (1975), MAYERJA (1946, 1950, 1951, 1952, 1953, 1960), ŠUGARJA (1984), ŠUGARJA et al. (1995), TRINAJSTIĆA (1976, 1986, 1995), WRABERJA (1969), ZUPANČIČA et al. (1987) in ZUPANČIČA & ŽAGARJA (1995).

Kot osnovo za grafični prikaz ilirske florne province smo vzeli fitogeografsko karto WRABERJA (1969) in ZUPANČIČA s sodelavci (1987, ZUPANČIČA & ŽAGARJA 1995).

Glede na WRABERJEVO (1969) fitogeografsko karto je ilirska provinca omejena na severovzhodu s srednjeevropsko florno provinco v skrajnem območju subpanonskega fitogeografskega območja in na ozkem severnem obrobju alpskega fitogeografskega območja. Iz ilirske florne province je izvzeto submediteransko fitogeografsko območje, ki ga uvrščamo v sorodno ilirsko-jadransko provinco z mnogimi toploljubnimi geoelementi.

Podrobnejša fitogeografska karta ZUPANČIČA s sodelavci (1987) (ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995) je razdeljena po distriktih. Na osnovi distriktov ugotavljamo, da je ilirska florna provinca razširjena v večini distriktov, razen v distriktih 1a–1d, ki pripadajo alpski florni provinci, 2a–2c, 3a in severni del distrikta 4c, ki jih uvrščamo v srednjeevropsko florno provinco, in distrikte 7a–7d, ki spadajo v ilirsko-jadransko florno provinco.

Pri oblikovanju ilirske florne province imamo nekaj zadreg. Prvič, delitev distrikta 4c. Severni del distrikta zajema silikatna območja Pohorja, Strojne in

Dravskega Kozjaka (Kobansko), ki jih uvrščamo k srednjeevropski florni provinci. Verjetno bi morali ti območja izločiti iz distrikta 4c in utemeljiti nov distrikt (4d). Drugič, morda bi morali distrikt 3a uvrstiti v prenorijsko provinco v distrikt *Poetovicum* (KARPATI 1966, POCŠ 1960, SOÓ 1961) ali prenorijsko-slovensko (MEUSEL et al. 1965) provinco. Tretjič, ali je upravičena samostojna ilirsko-jadranska floristična provinca, ali pa bi jo morali priključiti k ilirski provinci, ki je razširjena v kontinentalnem območju Slovenije?

Najlažji je odgovor na tretje vprašanje. Ilirsko-jadransko floristično provinco določajo ilirsko-mediteranske vrste (npr. *Carpinus orientalis*, *Eryngium amethystinum*, *Paliurus spina-christi*, *Sesleria autumnalis*, *Scorzonera villosa* idr.), ilirsko-jadranske vrste (npr. *Dianthus tergestinus*, *Drypis spinosa*, *Genista sylvestris* idr.) in ilirsko-apeinske vrste (npr. *Ruta graveolens* idr.), med njimi so endemične vrste ter mnoge submediteranske in mediteranske vrste, kot so mediteransko-pontske (npr. *Ruscus aculeatus*, *Chrysopogon gryllus* idr.) ali mediteransko-atlantske (npr. *Euphorbia peplis*, *Oenanthe pimpinelloides*, *Avena barbata* idr.) in še mnoge druge vrste.

Distrikt 4c bi kazalo razdeliti v dva dela: v sedanji štajersko-koroški 4c in novi pohorsko-kobanski distrikt 4d. Preučiti je treba, v čem se distrikta razlikujeta, kakšna je floristična in vegetacijska, klimatološka in pedološka razlika med njima. Vsekakor pa se razlikujeta v geološki podlagi in tudi bolj ali manj glede tal. Bežni pregled rastlinskih vrst kaže, da 16 vrst uspeva izključno le v pohorsko-kobanskem distriktu (4d). Od teh naj navedemo le najbolj redke ali zanimive, in sicer: *Asplenium adulterinum*, *A. cuneifolium*, *Botrychium multifidum*, *Saxifraga paradoxa* in *Heliosperma veselskyi* subsp. *widderi*.

V fitogeografski razdelitvi ZUPANČIČA in sodelavcev (1982) (ZUPANČIČ & ŽAGAR 1995) je dravsko-murski distrikt 3a kot izjema uvrščen v transalpinski sektor in v poseben predpanonski podsektor, pri čemer oba spadata v srednjeevropsko provinco. Sektorsko

ime pove, da je območje čezalpsko oziroma onkraj Alp (Leksikon CZ 1988). Vzhodno obrobje Centralnih Alp (Krške Alpe, Svinška planina, Golica, Pohorje) klimatsko vpliva na ravninsko-gričevnati svet Slovenskih goric, ki so v območju pri nas najbolj izrazite kontinentalne klime. Zato predlagamo naslednjo sistemsko rešitev, da ptujski (dravsko-murski) distrikt 3a uvrstimo

v prenorijsko-slovensko provinco po MEUSLU in sodelavcih (1965) s transalpskim sektorjem in predpanski podsektorjem. Tako bomo imeli v Sloveniji pet provinc, torej štiri province v evrosibirsko-severnoameriški regiji.

Območje florističnih provinc je razvidno iz fitogeografske karte Slovenije v merilu 1:920.000 (Karta 1).

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors owe special thanks to Dr. Igor Dakskobler for his valuable comments and improvement of the manuscript. We also acknowledge the financial sup-

port from the Slovenian Research Agency (research core funding No. P1-0236). Iztok Sajko prepared the Map 1. English translation by Martin Cregeen.

7 LITERATURA – LITERATURE

- ACCETTO, M., 2010: *Rastlinstvo Iškega vintgarja. Praprotnice in semenke*. Folia biologica et geologica (Ljubljana) 51(4): 5–149.
- ADAMOVIĆ, L., 1906: *Die Pflanzengeographische Stellung und Gliederung der Balkanhalbinsel*. Wien.
- BECK-MANNAGETTA, G., 1907: *Vegetationsstudien in den Ostalpen, I.*–S. B. Akad. Wiss. 116: 1–96. Wien.
- BECK-MANNAGETTA, G., 1908: *Vegetationsstudien in den Ostalpen, II.* – S. B. akad. Wiss. 122: 157–367. Wien.
- BECK-MANNAGETTA, G., 1913: *Vegetationsstudien in den Ostalpen, III.* – S. B. akad. Wiss. 122: 157–367. Wien.
- BORHIDI, A., 1963: *Die Zönologie des Verbandes Fagion illyricum*. Acta Botanica Academiae scientiarum Hungaricae (Budapest) 9: 259–297.
- DAKSKOBLER, I. & B. ČUŠIN, 2003: *Rastlinstvo in rastje Dolenje Trebuše in njene okolice*. Trebuški zbornik, Tolminski muzej (Tolmin): 99–132.
- DAKSKOBLER, I., A. SELIŠKAR & B. VREŠ 2011: *Rastlinstvo ob reki Idrijci – floristično-fitogeografska analiza obrečnega prostora v sredogorju zahodne Slovenije. / Flora along the Idrijca river – floristic and phytogeographical analysis of the riparian area in the highlands of western Slovenia*. Folia biologica et geologica (Ljubljana) 52(1-2): 27–86.
- DAKSKOBLER, I., 2015: *Nekatere posebnosti flore in vegetacije severozahodnega dela Banjšic (zahodna Slovenija). / Some curiosities of the flora and vegetation of the northwestern Banjšice mountains (Western Slovenia)*. Folia biologica et geologica (Ljubljana) 56 (3): 25-36.
- HAYEK, A., 1907. *Vorarbeiten zu einer pflanzengeographischen Karte Oesterreichs. IV. Die Sanntaler Alpen*. Abhandlungen der K. K. Zool. - Botan. Gesellschaft in Wien (Jena) IV (2): 1–73 + Karte.
- HAYEK, A., 1923: *Pflanzengeographie von Steiermark*. Mitteilungen der Naturwiss. Ver. f. Steiermark. B Wiss. Abhands (Graz) 59: 1–208.
- HORVAT, I., 1954: *Pflanzengeographische Gliederung Südosteuropas*. (Den Haag). 5–6: 434–447.
- HORVAT, I. 1962 a : *Die Grenze der mediterranen und mitteleuropäischen Vegetation in Südosteuropa in Lichte neuer pflanzensoziologische Forschungen*. Sonderdruck a. d. Berich. d. Deutsch. Bot. Gesell, (Halle/Saale) 75 (3): 91–104.
- HORVAT, I. 1962 b: *Die Vegetation Südosteuropas in klimatischen und bodenkundlichen Zusammenhang*. Mitt. d. Österreich. Geograph. Gesell. (Wien) 104 (1–2): 136–161.
- HORVATIĆ, S., 1957: *Pflanzengeographische Gliederung des Karstes Kroatiens und der angrenzenden Gebiete Jugoslawiens*. Acta botanica Croatica (Zagreb) 16: 33–61.
- HORVATIĆ, S., 1963: *Biljnogeografski položaj i raščlanjenje našeg Primorja u svjetlu suvremenih fitocenoških istraživanja*. Acta botanica Croatica (Zagreb) 22: 27–81.
- HORVATIĆ, S., 1967: *Fitogeografske značajke i raščlanjanje Jugoslavije*. Institut za botaniku sveučilišta u Zagrebu (Zagreb) Posebni otisak iz Analitičke flore Jugoslavije I/1: 23–61.

- 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 = Materials for the Atlas of flora of Slovenia*. Center za kartografijo favne in flore. Miklavž na Dravskem polju.
- KARPATI, Z., 1966: *Einige pflanzengeographische und taxonomische Probleme in ungarischen ostalpenvorland Angewandte Pflanzensoz.* (Wien): 18–19.
- KOŠIR, Ž. 1975: *Rastlinstvo*. (v V. GREGORIČ, J. KALAN & Ž. KOŠIR: *Geološka in gozdnovegetacijska podoba*). Gozdovi na Slovenskem (Ljubljana): 30–62.
- MARINČEK, L., 1994: *Contribution to demarcation and phytogeographic division of the illyrian floral province, based on vegetation and flora*. Gortania (Udine) 16: 99–124.
- MARTINČIČ, A., T. WRABER, N. JOGAN, A. PODOBNIK, B. TURK & B. VREŠ, 2007: *Mala flora Slovenije*. Ljubljana.
- MAYER, E. 1946: *Die floristische Gliederung der Hochgebirgstufe in den südöstlichen Kalkalpen und ihre Stellung innerhalb der Ostalpen*. Disertacija. Universität Wien.
- MAYER, E. 1950: *Prispevek k flori slovenskega ozemlja*. I. Univerza v Ljubljani.
- MAYER, E. 1951: *Kritični prispevki k flori slovenskega ozemlja*. Razprave IV. razreda SAZU (Ljubljana) 1: 25–80.
- MAYER, E. 1952: *Prispevek k flori slovenskega ozemlja*. III. Biol. vestnik (Ljubljana) 1: 66–79.
- MAYER, E. 1953: *Prispevek k flori slovenskega ozemlja*. IV. Biol. vestnik (Ljubljana) 1: 66–72.
- MAYER, E. 1960: *Endemične cvetnice območja Jugovzhodnih apneniških Alp, njihovega predgorja in ilirskega prehodnega ozemlja*. Ad annum Horti botanici Labacensis solemnem (Ljubljana): 25–48.
- MEUSEL, H., E. JÄGER & E. WEINERT, 1965: *Vergleichende Chorologie der zentraluropäischen Flora*. Jena.
- POCS, T., 1960: *Die zonalen Waldgesellschaften Südwestungarns*. Acta bot. Acad. Sci. Hung. (Budapest) 6.
- PRAPROTNIK, N., 1987: *Ilirski florni elementi v Sloveniji*. Disertacija. Univ. E. Kardelja v Ljubljani, Ljubljana.
- SELIŠKAR, T., B. VREŠ & A. SELIŠKAR, 2003: *FloVegSi 2.0 Računalniški program za urejanje in analizo bioloških podatkov*. Biološki inštitut ZRC SAZU. Ljubljana.
- Soó, R., 1961: *Grundzüge zu einer neuen floristisch-zöologischen Pflanzengeographie Ungarns*. Acta bot. Acad. Sci. Hung. (Budapest) 7.
- KALIGARIČ, M., & S. ŠKORNIK, 2002: Variety of dry and semi-dry secondary grasslands (*Festuco-Brometea*) in Slovenia - contact area of different geoelements. / Raznolikost suhih in polsuhih sekundarnih travišč (*Festuco-Brometea*) v Sloveniji - stičnem območju različnih geoelementov. Razprave 4. razr. SAZU (Ljubljana) 43 (3): 227–246.
- ŠKORNIK, S., 2003: Suha travišča reda *Brometalia erecti* Koch 1926 na Goričkem (SV Slovenija). Hacquetia (Ljubljana) 2 (1): 71–90.
- ŠUGAR, I., 1984: *Sul limite settentrionale della distribuzione zonale del leccio nel litorale Croato*. Not.Fitosoc. 19 (1): 67–76.
- ŠUGAR, I., M. ZUPANČIČ, I. TRINAJSTIĆ & I. PUNCER, 1995: *Forêts thermophiles de chène pubescent et de molinie (Molinio-Quercetum pubescentis Šugar 1981) dans la zone limitrophe de Croatie et de Slovenie*. Biološki vestnik (Ljubljana) 40 (3–4): 112–124.
- TRINAJSTIĆ, I., 1976: *Pflanzengeographische Gliederung der Vegetation des Quarnerischen Küstenlandes Kroatiens, Jugoslawien*. Lokal wind bora. University of Tokyo (Tokyo): 257–265.
- TRINAJSTIĆ, I., 1986: *Fitogeografsko razčlanjenje šumske vegetacije istočnojadrnskog sredozemnog područja – polazna osnovica u organizaciji gospodarenja mediteranskim šumama*. Glas. šum. pokuse. (Zagreb) posebno izd. 2: 53–67.
- TRINAJSTIĆ, I., 1995: *Plantgeographical division of forest vegetation of Croatia*. Annales forestales. Anali za za šumarstvo (Zagreb) 20 (2): 37–66.
- WRABER, M., 1969: *Pflanzengeographische Stellung und Gliederung Sloweniens*, Vegetatio (The Hague) 17 (1–6): 176–199.
- ZUPANČIČ, M., L. MARINČEK, A. SELIŠKAR & I. PUNCER, 1987: *Considerations on the phytogeographic division of Slovenia*. Biogeographia 13. Biogeografia 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.

Table 3: List of plant species that thrive exclusively or predominantly in districts of the Alpine phytogeographic area.
Tabela 3: Seznam rastlinskih vrst, ki izključno ali večinoma uspevajo v distriktih alpskega fitogeografskega območja

	1				2					OPOMBE NOTES
	a	b	c	d	a	b	c	d	e	
<i>Androsace helvetica</i>	x									
<i>Artemisia atrata</i>	x									
<i>Cerastium uniflorum</i>	x									
<i>Festuca alpestris</i>	x				x					
<i>Festuca vivipara</i>	x									
<i>Geum reptans</i>	x									
<i>Helictotrichon versicolor</i>	x	x								
<i>Hieracium alpinum</i>	x	x			x					
<i>Papaver alpinum</i> subsp. <i>victoris</i>	x									
<i>Rumex nivalis</i>	x									
<i>Saxifraga exarata</i> subsp. <i>atropurpurea</i>	x							x		
<i>Helictotrichon petzense</i>		x								
<i>Nigritella kossutensis</i>		x								x
<i>Nigritella ravnikii</i>		x								x
<i>Primula minima</i>		x					x			
<i>Senecio carniolicus</i>		x								
<i>Viola zoysii</i>		x								x
<i>Androsace hausmannii</i>			x							
<i>Cerastium julicum</i>			x							
<i>Carex pauciflora</i>				x		x				
<i>Trichophorum cespitosum</i>				x		x				
<i>Artemisia genipi</i>					x					
<i>Botrychium simplex</i>					x					
<i>Festuca alpestris</i>					x					
<i>Geranium argenteum</i>					x			x		
<i>Helictotrichon pubescens</i> subsp. <i>laevigatum</i>					x					
<i>Hieracium glabratum</i>					x					
<i>Horminum pyrenaicum</i>					x					
<i>Leontodon montanus</i>					x					
<i>Luzula nivea</i>					x			x		tudi v 4a in 4b
<i>Minuartia rupestris</i>					x					
<i>Pritzelago alpina</i> subsp. <i>austroalpina</i>					x					
<i>Pulsatilla alpina</i> subsp. <i>apiifolia</i>					x					
<i>Scorzoneroides crocea</i>					x					
<i>Trifolium thalii</i>					x					
<i>Trisetum spicatum</i>					x					
<i>Nigritella archiducis-joannis</i>					x					x
<i>Nigritella widderi</i>					x					
<i>Senecio fontanicola</i>					x					
<i>Swertia perennis</i>						x				Ex - izumrla
<i>Campanula alpina</i>							x			
<i>Cardamine resedifolia</i>							x			
<i>Jovibarba arenaria</i>							x			
<i>Nigritella austriaca</i>							x			
<i>Poa cenisia</i>							x			
<i>Primula villosa</i>							x			
<i>Taraxacum cucullatum</i>							x			
<i>Woodsia alpina</i>							x			
<i>Spiraea decumbens</i>								x		
<i>Aconitum tauricum</i>										x
<i>Cardamine glauca</i>										x
<i>Silene rupestris</i>										x

Table 4: Biological forms of species of districts of the Alpine phytogeographic area.**Tabela 4: Biološke oblike vrst distriktov alpskega fitogeografskega območja.**

	1				2				
	a	b	c	d	a	b	c	d	e
Hamefit	1	1	1		4				
Geofit	1				1	1			2
Hemikriptofit	2	1			14	1	6		1
Terofit					1				

Table 5: Geoelements of districts of the Alpine phytogeographic area.**Tabela 5: Geoelementi distriktov alpskega fitogeografskega območja.**

	1				2				
	a	b	c	d	a	b	c	d	e
Endemit / Endem.	2		1		4		1		
Vzh. Alp. - Karp. / E Alp.-Carp.	1								
Jugovzh. med. - mont. / SE Medit.-Mont.	1				1				
Vzh. Alp. - Ilir. Endemit / E Alp.-Ilyr. Endem.		1							
Alpski endemit / Alp. Endem.		1			2		2		
Orof. Južnoevropski / Orof. S Eur.					2				
Cirkum-arktično alpski / Circum.-Arct.-Alp.					2				
Orof. Jugovzh. evrop. / Orof. SE Eur.					4				
Orof. Jugozahod. evrop. / Orof. SW Eur.					1				
Cent. Evrop. - Vzh. Alp. / Cent. Eur. - E Alp.					1				
Centralno evropski / Centr. Eur.					1				1
Arktično-alpsko Evropski / Arct.-Alp.-Eur.					1				
Subkosmopolitski / Subcosmopol.					1				
Cirkumborealni / Circumboreal.						2	1		
Jugovzhodevrop. - montan. / SE Eur.-Mont.									1
Vzhodnoalpski / E Alp.							1		
Centralnoevrop. (atlantski) / Centr. Eur. (Atlant.)							1		
Arktično-alpski Evroameriški / Art.-Alp. Eur.-Am.									1

Table 6: List of plant species that thrive exclusively in districts of the pre-Alpine phytogeographic area.**Tabela 6: Seznam rastlinskih vrst, ki izključno uspevajo v distriktih predalpskega fitogeografskega območja.**

	4				OPOMBE
	a	b	c	d	
<i>Amaranthus blitoides</i>	x				
<i>Asperula taurina</i>	x				tudi v SM
<i>Astragalus depressus</i>	x				
<i>Eragrostis frankii</i>	x				
<i>Euphorbia kernerii</i>	x				tudi v 2d
<i>Geranium macrorrhizum</i>	x				tudi v 2d, 5a
<i>Gladiolus imbricatus</i>	x				
<i>Hieracium thesioides</i>	x				
<i>Leontodon berinii</i>	x				tudi v 2a
<i>Leontodon hispidus</i> subsp. <i>brumatii</i>	x				tudi v 6g in 7a
<i>Melilotus italicus</i>	x				
<i>Paradisea liliastrum</i>	x				
<i>Pimpinella alpina</i>	x				tudi v 2d
<i>Pimpinella major</i> subsp. <i>rubra</i>	x				
<i>Ranunculus aesontinus</i>	x				tudi v 7b
<i>Ranunculus cassubicus</i>	x	x			tudi v DN
<i>Thesium rostratum</i>	x				
<i>Moehringia villosa</i>	x	x			tudi v 2d
<i>Adonis aestivalis</i> subsp. <i>aestivalis</i>		x			
<i>Allium suaveolens</i>		x			
<i>Artemisia annua</i>		x			
<i>Asperula tinctoria</i>		x			
<i>Barbarea vulgaris</i> var. <i>arcuata</i>		x			
<i>Bromus lepidus</i>		x			
<i>Calla palustris</i>		x			
<i>Carex randalpina</i>		x			
<i>Carex pallidula</i>		x			
<i>Crepis alpestris</i>		x			
<i>Dianthus superbus</i>		x			
<i>Diphasiastrum issleri</i>		x			
<i>Diphasiastrum tristachyum</i>		x			
<i>Doronicum orientale</i>		x			
<i>Erigeron alpinus</i>		x			
<i>Festuca brevipila</i>		x			
<i>Fritillaria meleagris</i>		x			tudi v 3a, 6c
<i>Geranium thunbergii</i>		x			
<i>Glyceria declinata</i>		x			
<i>Hammarbya paludosa</i>		x			
<i>Hypericum elodes</i>		x			
<i>Hypericum maculatum</i> subsp. <i>obtusiusculum</i>		x			
<i>Lepidium perfoliatum</i>		x			
<i>Melampyrum nemorosum</i> subsp. <i>moravicum</i>		x			
<i>Miscanthus sinensis</i>		x			
<i>Orchis palustris</i>		x			v 3a, 5b
<i>Orlaya daucooides</i>		x			
<i>Orobancha alsatica</i>		x			
<i>Poa carniolica</i>		x			
<i>Poa chaixii</i>		x			
<i>Polygala vulgaris</i> subsp. <i>oxyptera</i>		x			
<i>Rhinanthus alectorolophus</i> subsp. <i>buccalis</i>		x			
<i>Sagittaria latifolia</i>		x			
<i>Silaum silaus</i>		x			
<i>Spiraea tomentosa</i>		x			
<i>Thladiantha dubia</i>		x			
<i>Trifolium squamosum</i>		x			
<i>Urtica galeopsifolia</i>		x			
<i>Utricularia bremii</i>		x			
<i>Valeriana pratensis</i>		x			
<i>Veronica peregrina</i> subsp. <i>xalapensis</i>		x			
<i>Veronica serpyllifolia</i> subsp. <i>humifusa</i>		x			
<i>Vicia serratifolia</i>		x			
<i>Viola uliginosa</i>		x			v 6b

	4				OPOMBE
	a	b	c	d	
Waldsteinia trifolia		x			
Asperugo procumbens			x		
Asplenium septentrionale			x		
Aster laevis			x		
Carex disticha			x		
Carex pallens			x		
Chimaphila umbellata			x		v 3a, 3b
Cynoglossum germanicum			x		
Festuca pallens			x		
Gentiana acaulis			x		tudi v DN
Gentianella aspera			x		
Hesperis sylvestris			x		
Iberis pinnata			x		
Jovibarba hirta			x		
Lamium hybridum			x		
Lotus borbasii			x		
Lupinus polyphyllus			x		tujerodna
Lycopsis arvensis			x		
Mimulus guttatus			x		tujerodna
Mimulus moschatus			x		tujerodna
Myosotis discolor			x		
Nasturtium microphyllum			x		
Orchis provincialis			x		tudi v SM
Peltaria alliacea			x		tudi v SM
Physocarpus opulifolius			x		tujerodna
Pisum arvense			x		
Plantago arenaria			x		
Primula veris subsp. canescens			x		
Pyrus nivalis			x		
Ranunculus thora f. pseudoscutatus			x		
Rhus radicans			x		
Romulea bulbocodium			x		
Rubus styriacus			x		
Rubus thyrsoiflorus			x		
Sedum villosum			x		
Senecio alpinus			x		
Stipa capillata			x		
Valeriana sambucifolia			x		v 3a, 3b
Asplenium adulterinum				x	
Asplenium cuneifolium				x	
Botrychium multifidum				x	
Carex diandra		x		x	
Epilobium obscurum				x	
Rubus solvensis				x	endemit
Rubus venosus				x	endemit
Saxifraga paradoxa				x	endemit
Scleranthus polycarpus				x	
Senecio subalpinus				x	
Heliosperma veselskyi subsp. widderi				x	endemit
Sparganium oocarpum				x	
Stellaria pallida				x	
Swertia perennis				x	Ex - izumrla
Woodsia ilvensis				x	
Botrychium matricariifolium				x	v 4c
Carex ericetorum				x	v 3a
Cortusa matthioli				x	tudi v AL (Peca, Uršlja gora)
Epilobium nutans				x	v 2a
Hypericum barbatum				x	v 3a
Luzula divulgata				x	v 3a
Lysimachia thyrsoiflora				x	v 6c, Ex - izumrla
Ranunculus aconitifolius				x	tudi v 2b
Rhinanthus pulcher				x	v 4c, b
Rubus gremlii				x	v 4c
Sorbus latifolia s. lat.				x	v 4b
Vicia pisiformis				x	v 4b

Table 7: Biological forms of species of districts of the pre-Alpine phytogeographic area.
Tabela 7: Biološke oblike vrst distriktov predalpskega fitogeografskega območja.

	4			
	a	b	c	d
Hemikriptofiti	11	16	20	18
Terofiti	3	10	9	3
Geofiti	6	6	4	3
Hamefiti	2	5	2	
Fanerofiti		1	4	3
Helofit		2		
Nanofanerofit				1

Table 8: Geoelements of districts of the pre-Alpine phytogeographic area.
Tabela 8: Geoelementi distriktov predalpskega fitogeografskega območja.

	4			
	a	b	c	d
Adv. Naturalizirani / Adv. Natural.	1	2	3	
Orof. Jugovzh. Evrop. / Orof. SE Eur.	3		1	
Jugovzhod evropski. - juž. Sibir. / SE Eur.-S Sib.	1			
Evropski / Eur.	2	6	2	4
Južno Ameriški / S Am.	1			
Endemit / Endem.	6	1	2	
Jugovzhod. Evrop. / SE Eur.	1	3		1
Orof. Jugozahod. Evrop. / Orof. SW Eur.	1			1
Stenomedit. Stenomedit.	1		2	
Vzhod. Alpski E Alp.	1			1
Jugovzh. Evrop. - montan. / SE Eur.-Mont.	1		1	1
Evroazijski / Eurasiat.	1	6	2	
Južno evrimedit. / S Eurimedit.		1		
Kozmopolit. / Cosmopol.		1		
Vzhodno Azijski / E Asiat.		2		
Subatlantski / Subatl.		2		
Evrosibir. - Severno Amer. / Eurosib.-N Am.		1	1	1
Zahodno Azijski / W Asiat.		1		
Evropsko - Severno Amer. / Eur.-N Am.		2	1	
Arktično Alpski / Arct.-Alp.		1		
Orof. Evroazijski / Orof. Eurasiat.		1		
Južno Evropski / S Eur.		1		
Centralno Evropski / Centr. Eur.		2	3	2
Južno Evrop. - Južno Sibir. / S Eur.-S Sib.		1		1
Evromedit. / Eur.-Medit.		3		
Evropsko - Kavkaški / Eur-Cauc.		1	1	1
Evrosibirski / Eurosib.			2	2
Orof. Južno Evropski / Orof. S Eur.		1	3	1
Paleotemperat. / Paleotemp.			1	1
Cirkumborealni / Circumbor.			1	3
Severno ameriški / N Am.			5	
Jugovzhod. Evrop. - Jugozahod. Azijski / SE Eur.-SW Asiat.			1	
Severnomediter. / N Medit.			1	
Eumedit. - Subatlantski / Eumedit.-Subatl.			1	
Mediterranski / Medit.			1	
Alpsko - Apeninski / Alp.-Apen.			1	
Arktično - Alpski / Arct.-Alp.				4
Submediter. - Subatlant. / Submedit.-Subatl.				1
Vzhodnoalpsko - ilirski / E Alp.-Illyr.				1
Vzhodno Evrop. / E Eur.				1

Table 9: List of plant species that thrive exclusively or mostly in districts of the Dinaric phytogeographic area.**Tabela 9: Seznam rastlinskih vrst, ki izključno ali večinoma uspevajo v distriktih dinarskega fitogeografskega območja.**

	5				OPOMBE
	a	b	c	d	
<i>Cerastium decalvans</i>	x				
<i>Euphorbia triflora</i> s.str.	x				
<i>Festuca carniolica</i>	x				
<i>Genista holopetala</i>	x				
<i>Helianthemum rupifragum</i>	x				
<i>Hladnikia pastinacifolia</i>	x				
<i>Pedicularis comosa</i>	x				tudi v 2d
<i>Ranunculus wraberi</i>	x				
<i>Thlaspi sylvestre</i>	x				
<i>Scrophularia laciniata</i>	x	x			
<i>Carex kitaibeliana</i>		x			
<i>Festuca bosniaca</i>		x			
<i>Hypericum richeri</i> subsp. <i>grisebachii</i>		x			tudi v 2e (Kamniške Alpe)
<i>Myosotis suaveolens</i>		x			
<i>Polygala croatica</i>		x			
<i>Scabiosa silenifolia</i>		x		x	
<i>Schoenus ferrugineus</i>		x			tudi v 2a, 4b, 6d
<i>Seseli malyi</i>		x			
<i>Myosotis refracta</i>		x			
<i>Sorbus carpatica</i>		x			
<i>Thalictrum minus</i> subsp. <i>saxatile</i>		x			
<i>Thymus balcanus</i>		x			
<i>Trifolium velebiticum</i>		x			
<i>Veronica triloba</i>		x			
<i>Vicia articulata</i>		x			
<i>Viola elatior</i>		x			
<i>Cerastium dinaricum</i>		x			
<i>Adenophora liliifolia</i>				x	tudi v 6g

Table 10: Biological forms of species of districts of the Dinaric phytogeographic area.**Tabela 10: Biološke oblike vrst distriktov dinarskega fitogeografskega območja.**

	5			
	a	b	c	d
Hemikriptofiti	7	13		2
Terofiti		3		
Fanerofiti		1		
Hamefiti	3	1		

Table 11: Geoelements of districts of the Dinaric phytogeographic area.**Tabela 11: Geoelementi distriktov dinarskega fitogeografskega območja.**

	5			
	a	b	c	d
Ilirski / Illyr.	7	9		
Evropsko-montanski / Eur.-Mont.	1			
Juž. Evrop. - Mont. / S Eur.-Mont.	1	1		
Jugovzhod. Evrop. - Mont. / SE Eur.-Mont.			3	
Severovzh. mediter.-mont. / NE Medit.-Mont.			1	1
Mediterranski / Medit.		2		
Evropski / Eur.		1		
Evro-Azijski / Eur.-Asiat.		1		1

Table 12: List of plant species that thrive exclusively in districts of the pre-Dinaric phytogeographic area.**Tabela 12: Seznam rastlinskih vrst, ki izključno uspevajo v distriktih preddinarskega fitogeografskega območja.**

	6								OPOMBE	
	a	b	c	d	e	f	g	h		
<i>Acer obtusatum</i>			x							tudi v 7a, 7b
<i>Aconitum variegatum</i> subsp. <i>nasutum</i>			x							
<i>Aconitum vitosanum</i>			x							
<i>Asplenium trichomanes</i> subsp. <i>pachyrachys</i>			x							
<i>Euphorbia acuminata</i>			x							
<i>Fumaria officinalis</i> subsp. <i>wirtgenii</i>			x							
<i>Rosa blanda</i>			x				x			
<i>Carex depauperata</i>			x				x			
<i>Euphorbia lucida</i>				x						
<i>Ranunculus mediocompositus</i>				x						
<i>Scilla litardierei</i>				x						
<i>Heliosperma veselskyi</i> subsp. <i>iskense</i>						x				
<i>Ranunculus thora</i> f. <i>pseudoscutatus</i>								x		
<i>Erysimum carniolicum</i>							x	x		
<i>Dianthus giganteus</i> subsp. <i>croaticus</i>									x	

Table 13: Biological forms of species of districts of the pre-Dinaric phytogeographic area.**Tabela 13: Biološke oblike vrst distriktov preddinarskega fitogeografskega območja.**

	6							
	a	b	c	d	e	f	g	h
Hamefiti			1			1		
Hemikriptofiti			2	2			3	2
Fanerofiti			2				1	
Geofiti			1	1				
Terofiti			2					

Table 14: Geoelements of districts of the pre-Dinaric phytogeographic area.**Tabela 14: Geoelementi distriktov preddinarskega fitogeografskega območja.**

	6							
	a	b	c	d	e	f	g	h
Ilirski / Illyr.			2	2		1	1	2
Južno Evrop. / S Eur.			4	1			2	
Mediterr. - Zahod. Azijski / Medit.-W Asiat.			1					
Evrop. - Azijski / Eur.-Asiat.			1				1	

Table 15: List of plant species that thrive exclusively or mostly in districts of the sub-Mediterranean phytogeographic area.
Tabela 15: Seznam rastlinskih vrst, ki izključno ali večinoma uspevajo v distriktih submediteranskega fitogeografskega območja.

	7				OPOMBE
	a	b	c	d	
<i>Aristida longespica</i>	x				
<i>Bidens vulgata</i>	x				
<i>Cuscuta cesatiana</i>	x				
<i>Fimbristylis annua</i>	x				Ex-izumrla
<i>Galium rubioides</i>	x				
<i>Helianthemum nitidum</i>	x				
<i>Quercus virgiliana</i>	x				
<i>Xeranthemum annuum</i>	x				
<i>Aconitum anthora</i>		x			
<i>Adonis microcarpa</i>		x			
<i>Agrostis castellana</i> var. <i>mutica</i>		x			
<i>Anthriscus fumarioides</i>		x			
<i>Asplenium trichomanes</i> subsp. <i>quadri-valens</i>		x			
<i>Bromus intermedius</i>		x			
<i>Bunium bulbocastanum</i>		x			
<i>Bupleurum exaltatum</i>		x			
<i>Bupleurum ranunculoides</i> subsp. <i>ranunculoides</i>		x			
<i>Calystegia sylvatica</i>		x			
<i>Carduus collinus</i>		x			
<i>Centaurea alpina</i>		x			
<i>Corylus maxima</i>		x			
<i>Sorbus mayeri</i>		x			
<i>Festuca apennina</i>		x			
<i>Festuca spectabilis</i>		x			
<i>Festuca trichophylla</i>		x			
<i>Fritillaria orientalis</i>		x			
<i>Genista sericea</i>		x			tudi v 5a in 5 b
<i>Genista sylvestris</i>		x			tudi v 5a in 5 b
<i>Hieracium dragicola</i>		x			
<i>Hieracium lasiophyllum</i>		x			
<i>Hieracium scorzonerifolium</i>		x			
<i>Hieracium wilczekianum</i>		x			
<i>Iris pallida</i> subsp. <i>illyrica</i>		x			v 4a
<i>Juncus atratus</i>		x			
<i>Jurinea mollis</i>		x			
<i>Lactuca virosa</i>		x			
<i>Melampyrum velebiticum</i> subsp. <i>meridionale</i>		x			
<i>Melica picta</i>		x			
<i>Onobrychis tommasinii</i>		x			
<i>Onosma visianii</i>		x			
<i>Oplismenus undulatifolius</i>		x			
<i>Ornithogalum nutans</i>		x			
<i>Orobanche crenata</i>		x			
<i>Orobanche nana</i>		x			
<i>Paeonia mascula</i>		x			
<i>Osyris alba</i>		x			
<i>Poa sylvicola</i>		x			
<i>Polycnemum majus</i>		x			
<i>Prunus laurocerasus</i>		x			
<i>Quercus crenata</i>		x			
<i>Radiola linoides</i>		x			
<i>Ranunculus illyricus</i>		x			
<i>Ranunculus peltatus</i>		x			
<i>Ranunculus pospichalii</i>		x			
<i>Rhinanthus pampaninii</i>		x			
<i>Sorbus mayeri</i>		x			
<i>Smyrniium perfoliatum</i>		x			
<i>Sorbus istriaca</i>		x			
<i>Sorbus slavnicensis</i>		x			
<i>Stachys lanata</i>		x			
<i>Stipa eriocaulis</i> subsp. <i>carniolica</i>		x			

	7				OPOMBE
	a	b	c	d	
Thymus carstiensis		x			
Tordylium officinale		x			
Trigonella gladiata		x			
Atriplex sagittata			x		
Echinops exaltatus			x		tudi drugje
Festuca stricta			x		
Lilium bulbiferum subsp. croceum			x		
Viola kitaibeliana			x		v 6c
Adiantum capillus-veneris	x			x	tudi v 4a
Adonis annua				x	
Adonis flammea subsp. cortiana				x	
Aegilops neglecta				x	
Aegilops triuncialis				x	
Allium neapolitanum				x	
Anemone hortensis				x	
Anisantha diandra subsp. rigida				x	
Anthemis altissima				x	
Anthemis segetalis				x	
Anthyllis vulneraria subsp. praepropera				x	
Arbutus unedo				x	
Artemisia caerulea				x	
Arthrocnemum macrostachyum				x	
Arundo plinii				x	
Asparagus maritimus				x	
Asplenium lepidum				x	
Aster squamatus				x	
Aster tripolium				x	
Astragalus hamosus				x	
Astragalus illyricus				x	
Atriplex portulacoides				x	
Atriplex tatarica				x	
Avena barbata				x	
Avena sterilis				x	
Baldellia ranunculoides				x	
Ballota rupestris				x	
Bellevalia romana				x	
Beta vulgaris subsp. maritima				x	
Bifora radians				x	
Bifora testiculata				x	
Briza maxima				x	
Bromus commutatus subsp. neglectus				x	
Bromus hordeaceus subsp. molliformis				x	
Bromus japonicus subsp. anatolicus				x	
Bupleurum tenuissimum				x	
Cakile maritima				x	
Calendula arvensis				x	
Carlina acanthifolia				x	
Carpinus orientalis		x		x	tudi v 5d in 6c
Catapodium maritimum				x	
Catapodium rigidum subsp. majus				x	
Centaurium spicatum				x	
Centaurium tenuiflorum				x	
Cephalaria leucantha				x	
Cercis siliquastrum				x	
Chenopodium hircinum				x	
Coronilla cretica				x	
Coronilla scorpioides				x	
Crepis zacintha				x	
Crithmum maritimum				x	
Crupina vulgaris				x	
Crypsis aculeata				x	
Crypsis schoenoides				x	
Cymodocea nodosa				x	
Dasypyrum villosum				x	

	7				OPOMBE
	a	b	c	d	
<i>Dittrichia viscosa</i>				x	
<i>Dracunculus vulgaris</i>				x	
<i>Ecballium elaterium</i>				x	
<i>Echium italicum</i>				x	
<i>Erodium malacoides</i>				x	
<i>Eryngium maritimum</i>				x	Ex-izumrla
<i>Fumaria capreolata</i>				x	
<i>Hainardia cylindrica</i>				x	
<i>Hedypnois cretica</i>				x	
<i>Hippocrepis unisiliquosa</i>				x	
<i>Hordeum marinum</i>				x	
<i>Hyoscyamus albus</i>				x	
<i>Inula crithmoides</i>				x	
<i>Juncus acutus</i>				x	
<i>Juncus littoralis</i>				x	
<i>Juncus longicornis</i>				x	
<i>Juncus maritimus</i>				x	
<i>Kickxia elatine</i> subsp. <i>crinita</i>				x	
<i>Lathyrus annuus</i>				x	
<i>Lathyrus sativus</i>				x	
<i>Lavandula angustifolia</i>				x	
<i>Lavatera arborea</i>				x	
<i>Legousia hybrida</i>				x	
<i>Lens nigricans</i>				x	
<i>Limonium angustifolium</i>				x	
<i>Linaria angustissima</i>				x	
<i>Linum liburnicum</i>				x	
<i>Linum maritimum</i>				x	
<i>Linum tommasinii</i>				x	
<i>Linum trigynum</i>				x	
<i>Lotus ornithopodioides</i>				x	
<i>Lycopsis variegata</i>				x	
<i>Malva mauritiana</i>				x	
<i>Medicago arabica</i>				x	
<i>Medicago truncatula</i>				x	
<i>Melampyrum fimbriatum</i>				x	
<i>Melilotus indica</i>				x	v 3a
<i>Mentha longifolia</i> subsp. <i>longifolia</i>				x	
<i>Mentha microphylla</i>				x	
<i>Mentha pubescens</i>				x	
<i>Mentha x dumetorum</i>				x	v 3a
<i>Mentha x gentilis</i>				x	v 4c
<i>Moehringia tommasinii</i>				x	
<i>Myrtus communis</i>				x	
<i>Ononis procurrens</i>				x	
<i>Ononis pusilla</i>				x	
<i>Ononis reclinata</i>				x	
<i>Ophrys fusca</i>				x	
<i>Orchis fragrans</i>				x	
<i>Origanum vulgare</i> subsp. <i>viride</i>				x	
<i>Ornithogalum refractum</i>				x	
<i>Orobanche mutelii</i>				x	
<i>Pallenis spinosa</i>				x	
<i>Papaver argemone</i>				x	
<i>Parapholis incurva</i>				x	
<i>Parapholis strigosa</i>				x	
<i>Paspalum distichum</i>				x	
<i>Phalaris brachystachys</i>				x	
<i>Phalaris minor</i>				x	
<i>Phalaris paradoxa</i>				x	
<i>Phillyrea latifolia</i>				x	
<i>Phleum subulatum</i>				x	
<i>Picnomon acarna</i>				x	
<i>Puccinellia fasciculata</i>				x	

	7				OPOMBE
	a	b	c	d	
<i>Pisum elatius</i>				x	
<i>Plantago cornuti</i>				x	
<i>Plantago coronopus</i>				x	
<i>Polypogon monspeliensis</i>				x	
<i>Posidonia oceanica</i>				x	
<i>Potamogeton coloratus</i>				x	
<i>Prospero elisae</i>				x	v 4b
<i>Puccinellia palustris</i>				x	
<i>Pyrus amygdaliformis</i>				x	
<i>Ranunculus chius</i>				x	
<i>Ranunculus ficaria</i> subsp. <i>ficariiformis</i>				x	
<i>Ranunculus muricatus</i>				x	
<i>Ranunculus neapolitanus</i>				x	v 4c
<i>Ranunculus parviflorus</i>				x	
<i>Reichardia picroides</i>				x	
<i>Rhagadiolus stellatus</i>				x	
<i>Rosa obtusifolia</i>				x	
<i>Rubia peregrina</i>				x	
<i>Rubia tinctorium</i>				x	
<i>Ruppia maritima</i>				x	
<i>Salicornia emerici</i>				x	
<i>Salicornia patula</i>				x	
<i>Salsola kali</i>				x	
<i>Salsola soda</i>				x	
<i>Salvia clandestina</i>				x	
<i>Sarcocornia fruticosa</i>				x	
<i>Scandix grandiflora</i>				x	
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>				x	v 3a
<i>Seseli tortuosum</i>				x	
<i>Sonchus maritimus</i>				x	
<i>Spergularia marina</i>				x	
<i>Spergularia media</i>				x	
<i>Sternbergia lutea</i>				x	
<i>Suaeda maritima</i>				x	
<i>Tagetes minuta</i>				x	
<i>Tamarix gallica</i>				x	podivjana
<i>Teucrium polium</i>				x	
<i>Tordylium apulum</i>				x	
<i>Torilis nodosa</i>				x	
<i>Tragus racemosus</i>				x	
<i>Tribulus terrestris</i>				x	
<i>Trifolium angustifolium</i>				x	
<i>Trifolium cherleri</i>				x	
<i>Trifolium dalmaticum</i>				x	
<i>Trifolium lappaceum</i>				x	
<i>Trifolium pratense</i> subsp. <i>expansum</i>				x	
<i>Trifolium squarrosum</i>				x	
<i>Trifolium subterraneum</i>				x	
<i>Trifolium squamosum</i>				x	
<i>Turgenia latifolia</i>				x	v 4b
<i>Valerianella eriocarpa</i>				x	
<i>Verbascum sinuatum</i>				x	
<i>Viburnum tinus</i>				x	
<i>Vicia hybrida</i>				x	
<i>Vicia loiseleurii</i>				x	
<i>Vicia onobrychioides</i>				x	
<i>Vitex agnus-castus</i>				x	
<i>Ziziphus jujuba</i>				x	
<i>Zostera marina</i>				x	
<i>Zostera noltii</i>				x	

Table 16: Biological forms of species of districts of the sub-Mediterranean phytogeographic area.
Tabela 16: Biološke oblike vrst distriktov submediteranskega fitogeografskega območja.

	7			
	a	b	c	d
Geofit	1	8	1	18
Terofit	5	14	2	94
Fanerofit	4	5	0	14
Hemokriptofit	3	24	2	38
Hamefit	1	2	0	10
Nanofanerofit	0	2	0	3
Hydrofit	0	1	0	7

Table 17: Geoelements of districts of the sub-Mediterranean phytogeographic area.
Tabela 17: Geoelementi distriktov submediteranskega fitogeografskega območja.

	7			
	a	b	c	d
Eurimediterski - Macron. / Eurimedit.-Macaron.	1			
Adv. sinatrop. / Adv. Sinantr.	2			
Adv. naturaliziran / Adv. Natural.	4	1		6
Cosmopolit - Subtrop. / Cosmopol.-Subtrop.	1			
Vzh. Evropski / E Eur.	1	1		
Južno Evropski / S Eur.	2	1		
Pontski / Pont.	1			1
Orof. Južno Evrop. / Orof. S Eur.	1	2		1
Jugovzhod. Evrop. / SE Eur.	1	9		4
Južno Stenomedit. / S Stenomedit.		1		
Zahod. Mediteran. / W Medit.		1		
Mediteransko - Mont. / Medit.-Mont.		2		4
Evroazijski - Sev. Am. - Avstral. / Eurasiat.-N Am.-Austr.		1		
Evrimedit. / Eurimedit.		5		46
Zahodnoevropski / W Eur.		2		2
Južnoevrop. - mont. / S Eur.-Mont.		3	1	
Južnoevrop. - Južno Sibir. / S Eur.-S Sibir.		1		6
Endemit / Endem.		6		1
Severno Evropsko montan. / N Eur.-Mont.		1		
Evropski / Eur.		2		5
Vzhodno alpski - Kavkaški / E Alp.-Cauc.		1		
Evrosibirski / Eurosib.		1		2
Centralno Evropski / CE Eur.		1		
Stenomediterski - Atlantski / Stenomedit.-Atl.		1		4
Severovzhodno Mediter. - Mont. / NE Medit.-Mont.		1		2
Juž. Evrop. - Zahod. Azijski / S Eur.-W Asiat.		2		1
Evrimedit. - Turanski / Eurimedit.-Turan.		2		9
Mediteranski / Medit.		2		2
Evropski - Kavkaški / Eur.-Cauc.		1	1	
Orof. Evropski / Orof. Eur.		1		
Evroazijski / Eurasiat.		1		4
Paleotemperatni / Paleotemp.		1		4
Kozmopolit / Cosmop.		1		4
Azijski / Asiat.		1		
Severovzhod. Evrimedit. / NE Eurimedit.		1		
Stenomediterski / Stenomedit.		1		39
Vzh. Evrop. - Azijski / E Eur.-Asiat.			1	
Pantropski / Pantrop.				1
Evropsko - Subatlant. / Eur.-Subatl.				2
Subtropski / Subtrop.				7
Azijsko - Severnomedit. / Asiat.-N Medit.				1
Južnolirski / S Illyr.				1
Cirkumborealni / Circumbor.				2
Centralno Eurimediterski / Centr. Eurimedit.				1
Evrimedit. - Subatlantski / Eurimedit.-Subatl.				4
Jugozahod. Evrop. - Montanski / SW Eur.-Mont.				1
Vzhodno mediter. - Turanski / E Medit.-Turan.				1
Vzhodno mediter. - Atlantski / E Medit.-Atl.				1
Subkozmpolitski / Subcosmopol.				4
Zahodno Stenomedit. / W Stenomedit.				1
Severovzhodno mediter. - mont. / NE Medit.-Mont.				1
Vzhodnoevropsko - mont. / E Eur.-Mont.				1
Termokozmopolit / Termocosmopol.				1

Table 18: List of plant species that thrive exclusively or mostly in districts of the sub-Pannonic phytogeographic area.

Tabela 18: Seznam rastlinskih vrst, ki izključno ali večinoma uspevajo v distriktih subpanonskega fitogeografskega območja.

	3			OPOMBE
	a	b	c	
<i>Anemone sylvestris</i>	x			Ex-izumrla
<i>Apera spica-venti</i>	x			
<i>Aphanes arvensis</i>	x			tudi v PA, PD
<i>Arnoseris minima</i>	x			
<i>Arum alpinum</i>	x			
<i>Atriplex oblongifolia</i>	x			
<i>Berteroa incana</i>	x			tudi v PA
<i>Bryonia alba</i>	x			tudi v PA, PD
<i>Butomus umbellatus</i>	x			
<i>Caldesia parnassifolia</i>	x			
<i>Ceratophyllum submersum</i>	x			
<i>Chenopodium botrys</i>	x			
<i>Chenopodium foliosum</i>	x			
<i>Chenopodium murale</i>	x			
<i>Chenopodium pedunculare</i>	x			v 4b
<i>Chenopodium rubrum</i>	x			v 7a
<i>Cyperus michelianus</i>	x			v 4c, 7c
<i>Daphne cneorum</i> var. <i>arborea</i>	x			
<i>Elatine hexandra</i>	x			
<i>Elatine triandra</i>	x			
<i>Epipactis nordeniorum</i>	x		x	
<i>Epipactis voethii</i>	x			
<i>Euphorbia palustris</i>	x			drugod izumrla
<i>Euphorbia segetalis</i>	x			
<i>Gagea pratensis</i>	x			
<i>Gagea spathacea</i>	x		x	tudi v PD
<i>Cerastium dubium</i>	x			
<i>Gnaphalium luteoalbum</i>	x			
<i>Hieracium leptophyton</i>	x			
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	x			v 4b
<i>Lemna trisulca</i>	x			v 4b
<i>Leonurus marrubiastrum</i>	x			
<i>Lindernia dubia</i>	x			v 4c in 7c, tujerodna
<i>Luzula divulgata</i>	x			v 4c
<i>Moenchia mantica</i> subsp. <i>caerulea</i>	x			
<i>Myosurus minimus</i>	x			
<i>Nymphoides peltata</i>	x			
<i>Omphalodes scorpioides</i>	x			
<i>Papaver dubium</i>	x			
<i>Potamogeton acutifolius</i>	x			v 4b izumrla
<i>Potentilla supina</i>	x			
<i>Pulmonaria mollissima</i>	x			
<i>Rubus graecensis</i>	x			subendemit
<i>Rubus weizensis</i>	x			subendemit
<i>Rumex kernerii</i>	x			tudi v 4b, 6c
<i>Rumex longifolius</i>	x			
<i>Rumex maritimus</i>	x			v 7b
<i>Rumex palustris</i>	x			
<i>Rumex stenophyllus</i>	x			
<i>Saxifraga bulbifera</i>	x			
<i>Spergularia rubra</i>	x			tudi v PA
<i>Scirpus radicans</i>	x			
<i>Stratiotes aloides</i>	x			
<i>Typha laxmannii</i>	x			v 7a
<i>Typha minima</i>	x			v 2a, Ex
<i>Veronica triphyllos</i>	x			tudi v PA
<i>Viscum laxum</i>	x			
<i>Vulpia bromoides</i>	x			v 4b

	3			OPOMBE
	a	b	c	
Apium repens		x		
Dianthus plumarius subsp. hoppei		x		
Montia fontana		x		
Potamogeton obtusifolius		x		
Pulsatilla grandis		x		
Scorzonera cana		x		
Sempervivum juvenii		x		endemit
Sicyos angulatus		x		v 4a, tujerodna
Artemisia abrotanum			x	
Cyperus longus			x	v 7b
Moehringia bavarica			x	
Scutellaria altissima			x	Ex-izumrla

Table 19: Biological forms of species of districts of the sub-Pannonic phytogeographic area.
Tabela 19: Biološke oblike vrst distriktov subpanonskega fitogeografskega območja.

	3		
	a	b	c
Hemikriptofit	10	5	2
Terofit	24	2	
Geofit	6		
Hidrofit	6	1	
Hamefit	4		1
Nanofanerofit	2		
Fanerofit	1		

Table 20: Geoelements of districts of the sub-Pannonic phytogeographic area.
Tabela 20: Geoelementi distriktov subpanonskega fitogeografskega območja.

	3		
	a	b	c
Eurosibirski / Eurosib.	5		
Subkozmpolitski / Subcosmopol.	6		
Evropski / Eur.	2	1	
Južnoevropski / S Eur.	2		
Pontski / Pont.	1		
Južnoevrop.-južno Sibir. / S Eur.-S Sib.	5		
Evroazijatski / Eurasiat.	8		
Subtropski / Subtrop.	4		
Paleosubtropski / Paleosubtrop.	1		
Orof. Južnoevropski / Orof. S Eur.	1		1
Cirkumborealni / Circumbor.	1		
Severnoameriški / N Am.	2		
Stenomediterski / Stenomedit.	1		
Kozmpolitski / Cosmopol.	1		
Adv. Naturaliziran / Adv. Natural.	1	1	
Vzhodnoevropski / E Eur.	2	1	
Severnomediter.-montan. / N Medit.-Mont.	1		
Evrimediter.-Turanski / Eurimedit.-Tur.	1		
Centralnoevropski / CE Eur.	1	1	
Jugovzhod. centr. Evrop. / SE-CE Eur.	1		
Jugovzhodnoevropski / SE Eur.	1	1	1
Evropsko-Kavkaški / Eur.-Cauc.	1		
Vzhodnomediterski / E Medit.	1		
Paleotemperatni / Paleotemp.	1		
Vzhodnoevrop.-Karpatski / E Eur.-Carp.		1	
Arktično-Alpski / Arct.-Alp.		1	
Endemit / Endem.		1	
Vzhodnoalpsko-dinarski / E Alp.-Din.			1

Table 21: Percentage share of biological forms in the phytogeographic areas of Slovenia.**Tabela 21: Odstotni delež bioloških oblik v fitogeografskih območjih Slovenije.**

	ALP		PALP		DIN		PDIN		SUBM		SUBP		SKUPNO
	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.	
Fanerofiti	0	0	19	9	11	5	4	2	60	28	6	3	47
Hemikriptofiti	13	25	33	65	9	17	2	4	34	67	9	17	195
Hamefiti	20	7	26	9	9	3	0	0	35	13	14	5	37
Geofiti	8	5	30	19	5	3	2	1	45	28	10	6	62
Terofiti	1	1	14	25	3	5	1	2	66	115	15	26	174
Hidrofiti	0	0	36	5	7	1	0	0	57	8	39	7	21
SKUPNO	42	38	158	132	44	34	9	9	297	259	93	64	536

Oznake območij / Area abbreviations:

ALP - alpsko / Alpine

PALP - predalpsko pre-Alpine

DIN - dinarsko / Dinaric

PDIN - preddinarsko / pre-Dinaric

SUBM - submediteransko / sub-Mediterranean

SUBP - subpanonsko / sub-Pannonian

Table 22: Percentage share of biological forms in specific phytogeographic areas of Slovenia.**Tabela 22: Odstotni delež bioloških oblik v določenem fitogeografskem območju Slovenije.**

	ALP		PALP		DIN		PDIN		SUBM		SUBP	
	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.
Fanerofiti	0	0	6	8	12	4	22	2	9	23	1	1
Nanofanerofiti	0	0	1	1	3	1	0	0	2	5	3	2
Hemikriptofiti	66	25	49	65	50	17	44	4	26	67	27	17
Hamefiti	18	7	6	9	9	3	0	0	5	13	8	5
Geofiti	13	5	14	19	9	3	12	1	11	28	9	6
Terofiti	3	1	19	25	14	5	22	2	44	115	41	26
Helofiti	0	0	2	2	3	1	0	0	0	0	0	0
Hidrofiti	0	0	2	3	0	0	0	0	3	8	11	7
SKUPNO	100	38	92	123	85	29	78	7	89	231	96	61

Oznake območij / Area abbreviations:

ALP - alpsko / Alpine

PALP - predalpsko pre-Alpine

DIN - dinarsko / Dinaric

PDIN - preddinarsko / pre-Dinaric

SUBM - submediteransko / sub-Mediterranean

SUBP - subpanonsko / sub-Pannonian

Table 23: Percentage share of geoelements of exclusive or mainly present species in the phytogeographic areas of Slovenia.
Tabela 23: Odstotni delež geoelementov izključno ali večinoma prisotnih vrst v fitocenoloških območjih Slovenije.

	ALP		PALP		DIN		PDIN		SUBM		SUBP	
	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.
Vzhodnoalp.-ilirski endemiti / E Alp.-Illyr. Endem.	100	1										
Alpski endemiti / Alp. Endem.	62	5	25	2	13	1						
Orof. jugozahodno evropski / Orof. SW Eur.	50	1	50	1								
Vzhodnoalpsko-karpatški / E Alp.-Carp.	50	1									50	1
Vzhodnoalpski / E Alp.	40	2	40	2							20	1
Jugovzhodnoevropski - montanski / SE Europ.-Mont.	38	3	38	3					25	2		
Cirkumborealni-arktično-alpski / Circumboreal.-Arct.-Alp.	40	2	60	3								
Endemiti / Endem.	29	8	25	7	11	3			32	9	3	1
Arktično alpski / Arct.-Alp.	25	1	50	2							25	1
Jugovzhodnoevropski / SE Eur.	9	3	30	10	9	3	3	1	43	14	6	2
Orof. južnoevropski / Orof. S Eur.	23	3	46	6					31	4		
Centralnoalpski / Centr. Alp.	22	3	50	7	7	1			7	1	14	2
Cirkumborealni / Circumbor.	17	2	50	6	8	1			17	2	8	1
Eurimediteranski / Eurimedit.			50	2	25	1			25	1		
Evropsko-kavkaški / Eur.-Cauc.			50	3					33	2	17	1
Vzhodnoazijski / E Asiat.			67	2							33	1
Severnoameriški / N Am.			80	4							20	1
Naturalizirani / Nat.			86	6					14	1		
Alpsko-apeninski / Alp.-Apen.			100	1								
Jugovzhodno centralnoevropski / SE Centr. Eur.			50	1							50	1
Evrosibirsko-severnoameriški / Eurosib.-N Amer.			100	2								
Jugovzhodnoevropski-jugozahod. azijski / SE Eur.-SW Asiat.			100	1								
Orof. evropsko-azijski / Orof. Eurasiat.			100	1								
Subatlantski / Subatl.			100	2								
Južnoameriški / S Am.			100	1								
Južnoevropsko-mediteranski / S Eur.-Medit.			100	1								
Centralnoevropsko-severnoameriški / Centr. Eur.-N Am.			100	1								
Severnoevropski / N Eur.			100	1								
Vzhodno evrimediteranski / E Eurimedit.			100	1								
Centralno evrosibirski / Centr. Eurosib.			100	1								
Evropski montanski / Eur.-Mont.					100	1						
Mediteransko-turanski / Medit.-Turan.					100	1						
Ilirski / Illyr.					67	2	33	1				
Evropski / Eur.					54	15	3	1	25	7	18	5
Evropsko-azijski / Eurasiat.					44	11	8	2	20	5	28	7
Jugozahodno evropski / SW Eur.							100	1				
Orof. Centralnoevropski / Orof. Centr. Eur.							100	1				
Mediteransko-zahodnoazijski / Medit.-W Asiat.							100	1				
Evrimediteranski / Eurimedit.									100	49		
Severovzhod. mediter.-montanski / NE Medit.-Mont.									100	5		
Stenomediterski-montanski / Stenomedit.-Mont.									100	5		
Zahodnoevropski / W Eur.									100	3		
Južnoevropski-montanski / S Eur.-Mont.									100	3		
Adv. sinantropski / Adv. Sinantrop.									100	2		
Jugozahodnoazijski / SW Asiat.									100	2		
Kozmopolit - subtropski / Cosmopol.-Subtrop.									100	2		
Vzhodnomediterski-montanski / E Medit.-Mont.									100	4		
Zahodno eumediterski / W Eumedit.									100	2		
Južnoilirski / S Illyr.									100	1		
Neotropski / Neotrop.									100	1		
Orof. Evropski / Orof. Eur.									100	1		
Severno stenomediterski / N Stenomedit.									100	1		
Vzhodno stenomediterski / E Stenomedit.									100	1		
Zahodno stenomediterski / W Stenomedit.									100	1		
Eurimediteransko-makaronski / Eurimedit.-Macaron.									100	1		
Južno stenomediterski / S Stenomedit.									100	1		
Severovzhodnoevropski - montanski / NE Eur.-Mont.									100	1		
Centralnoazijski / Centr. Asiat.									100	1		
Jugozahodnoevropski-montanski / SE Eur.-Mont.									100	1		

	ALP		PALP		DIN		PDIN		SUBM		SUBP	
	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.
Termokozmopolit / Termocosmopol.									100	1		
Centralnoevmediteranski / Centr. Eurimedit.									100	1		
Evrimediteranski-atlantski / Eurimedit.-Atl.									100	1		
Evrimediteranski-turanski / Eurimedit.-Tur.									92	11	8	1
Stenomediterski / Stenomedit.									90	37	3	1
Subtropski / Subtrop.									88	7	12	1
Adv. naturalizirani / Adv. Natur.									83	10	17	2
Mediterski / Medit.			20	1					80	4		
Evrimediteranski-subatlantski / Eurimedit.-Subatl.			25	2					75	6		
Meditersko-montanski / Medit.-Mont.									75	3	25	1
Pontski / Pont.									67	2	33	1
Kozmopoliti / Cosmopol.			17	1					66	4	17	1
Paleotemperatni / Paleotemp.			25	2					63	5	12	1
Vzhodnoevropski / E Eur.			20	1					60	3	20	1
Južnoevropski / S Eur.					9	1	9	1	55	6	27	3
Južnoevropski-južnosibirski / S Eur.-S Sib.			19	3	6	1			44	7	31	5
Evropski-sibirski / Eur.-Sib.			28	5	6	1			22	4	44	8
Subkozmpoliti / Subcosmopol.	10	1							30	3	60	6
Ameriški / Am.											100	1
Paleotropski / Paleotrop.											100	1
Pantropski / Pantrop.											100	1
Severozahodno evrimediteranski / NW Eurimedit.											100	1
Vzhodnomediteranski / E Medit.											100	1
Vzhodnoalpski-ilirski / E Alp.-Illyr.											100	1

Oznake območij / Area abbreviations:

ALP - alpsko / Alpine

PALP - predalpsko pre-Alpine

DIN - dinarsko / Dinaric

PDIN - preddinarsko / pre-Dinaric

SUBM - submediteransko / sub-Mediterranean

SUBP - subpanonsko / sub-Pannonian

Table 24: Percentage share of geoelements of exclusive or mainly present species in specific phytogeographic areas of Slovenia.
Tabela 24: Odstotni delež geoelementov izključno ali večinoma prisotnih vrst v določenem fitogeografskem območju Slovenije.

	ALP		PALP		DIN		PDIN		SUBM		SUBP	
	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.
Endemiti / Endem.	22	8	6	7	15	33			4	9	2	1
Alpski endemiti / Alp. Endem.	14	5	2	2	5	1						
Orof. južnoevropski / Orof. S Europ.	8	3	5	6					2	4		
Centralnoevropski / Centr. Europ.	8	3	6	7	5	1			0	1	3	2
Jugovzhodnoevropski-montanski / SE Europ.-Mont.	8	3	2	3					0	2		
Orof. Jugovzhodno evropski / Orof. SE Europ.	8	3	5	6	10	2			0	2		
Cirkumborealni / Circumboreal.	5	2	5	6	5	1			0	2	2	1
Cirkumborealni-arktično-alpski / Circumboreal.-Arct.-Alp.	5	2	2	3								
Vzhodnoalpski / E Alp.	5	2	2	2					0	1		
Arktično alpski / Arct.-Alp.	3	1	2	2							2	1
Arktično-alpsko-evropski / Arct.-Alp.-Europ.	3	1										
Vzhodnoalpsko-ilirski endemiti / E Alp.-Illyr. Endem.	3	1										
Orof. jugozahodno evropski / Orof. SW Europ.	3	1	0	1								
Subkozmpoliti / Subcosmop.	3	1							1	3	10	6
Vzhodnoalpsko-karpatiski / E Alp.-Carp.	3	1									2	1
Alpsko-apeninški / Alp. Apen.			0	1								
Centralnovzhodnoalpsko-ilirski / Centr.-E Alp.-Illyr.			0	1								
Jugovzhodnoevropski-jugozahod.azijski / SE Europ.-SW Asiat.			0	1								
Kozmpoliti / Cosmop.			0	1					2	4	2	1
Mediterski / Medit.			0	1					2	4		
Orof. evropsko-azijski / Orof. Europ.-Asiat.			0	1								
Vzhodnoevropski / E Europ.			0	1					1	3		
Južnoameriški / S Amer.			0	1								
Južnoevrimediterski / S Eurimedit.			0	1								
Centralnoevropski-severnoameriški / Centr. Europ.-N Amer.			0	1								
Severnoevropski / N Europ.			0	1								
Vzhodno evrimediterski / E Eurimedit.			0	1								
Centralnosibirski / Centr. Sib.			0	1								
Severnoevrimediterski / N Eurimedit.			0	1					0	1		
Evropsko-mediterski / Europ. Medit.			2	2	5	1			0	1		
Evrimeditersko-subatlantski / Eurimedit.-Subatlant.			2	2					2	6		
Evrosibirsko-severnoameriški / Eurosib.-N Amer.			2	2								
Paleotemperatni / Paleotemp.			2	2					2	5	2	1
Subatlantski / Subatlant.			2	2								
Vzhodnoazijski / E Asiat.			2	2							2	1
Evropsko-kavkaški / Erop.-Caucas.			2	3					0	2	2	1
Južnoevropski-južnosibirski / S Europ.-S Sibir.			2	3	5	1			3	7	9	5
Stenomediterski / Stenomedit.			2	3					14	37	2	1
Severnoameriški / N Amer.			3	4							2	1
Jugovzhodnoevropski / SE Europ.			3	4	5	1	17	1	5	12	3	2
Evropsko-sibirski / Europ.-Sib.			4	5	5	1			2	4	7	4
Naturalizirani / Naturaliz.			5	6					0	1		
Evropsko-azijski / Europ.-Asiat.			9	11	10	2			2	5	12	7
Evropski / Europ.			12	15	5	1			3	7	9	5
Ilirski / Illyr.					10	2	17	1				
Evropski-montanski / Europ.-Mont.					5	1						
Južnoevropski / S Europ.					5	1	17	1	2	6	5	3
Meditersko-turanski / Medit.-Turan.					5	1						
Jugozahodno evropski / SW Europ.							17	1				
Meditersko-zahodnoazijski / Medit.-W Asiat.							17	1				
Orof. Centralnoevropski / Orof. Centr. Europ.							17	1				
Evrimediterski / Eurimedit.									19	49		
Evrimediterski-turanski / Eurimedit.-Turan.									4	11	2	1
Adv. naturalizirani / Adv. Natural.									4	10	3	2
Subtropski / Subtrop.									3	7	2	1
Stenomediterski-atlantski / Stenomedit.-Atlant.									2	5		
Severovzhod. mediter.-montanski / NE Medit.-Mont.									2	5		
Južnoevropsko-montanski / SE Europ.-Mont.									1	3		
Meditersko-montanski / Medit.-Mont.									1	3	2	1

	ALP		PALP		DIN		PDIN		SUBM		SUBP	
	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.	%	št.
Zahodnoevropski / W Europ.									1	3		
Vzhodnomediterranski-montanski / E Medit.-Mont.									0	2		
Zahodno eurimediterranski / W Eurimedit.									0	2		
Jugozahodnoazijski / SW Asiat.									0	2		
Pontski / Pont.									0	2	2	1
Kozmopoliti-subtropski / Cosmop.-Subtrop.									0	2		
Adv. subtropski / Adv. Subtrop.									0	2		
Južno stenomediterranski / S Stenomedit.									0	1		
Zahodno stenomediterranski / W Stenomedit.									0	1		
Vzhodno stenomediterranski / E Stenomedit.									0	1		
Severno stenomediterranski / N Stenomedit.									0	1		
Eurimediterransko-makaronski / Eurimedit.-Macaron.									0	1		
Evrimediterransko-atlantski / Eurimedit.-Atlant.									0	1		
Centralnoevromediterranski / Centr. Euromedit.									0	1		
Severovzhodnoevropski - mediteranski / NE Eur.-Medit.									0	1		
Jugovzhodnoevropski - montanski / SE Europ.-Mont.									0	1		
Južnoilirski / S Illyr.									0	1		
Centralnoazijski / Centr. Asiat.									0	1		
Pantropski / Pantrop.									0	1		
Orof. Evropski / Orof. Europ.									0	1		
Termokozmopolit / Termocosmop.									0	1		
Neotropski / Neotrop.									0	1		
Vzhodnomediterranski / E Medit.											2	1
Jugovzhodno centralnoevropski / SE Cenr. Europ.											2	1
Vzhodnoalpsko-ilirski / E Alp.-Illyr.											2	1
Paleosubtropski / Paleosubtr.											2	1
Severozahodno evrimediterranski / NE Eurimedit.											2	1
Ameriški / Amer.											2	1

Oznake območij / Area abbreviations:

ALP - alpsko / Alpine

PALP - predalpsko pre-Alpine

DIN - dinarsko / Dinaric

PDIN - preddinarsko / pre-Dinaric

SUBM - submediteransko / sub-Mediterranean

SUBP - subpanonsko / sub-Pannonian

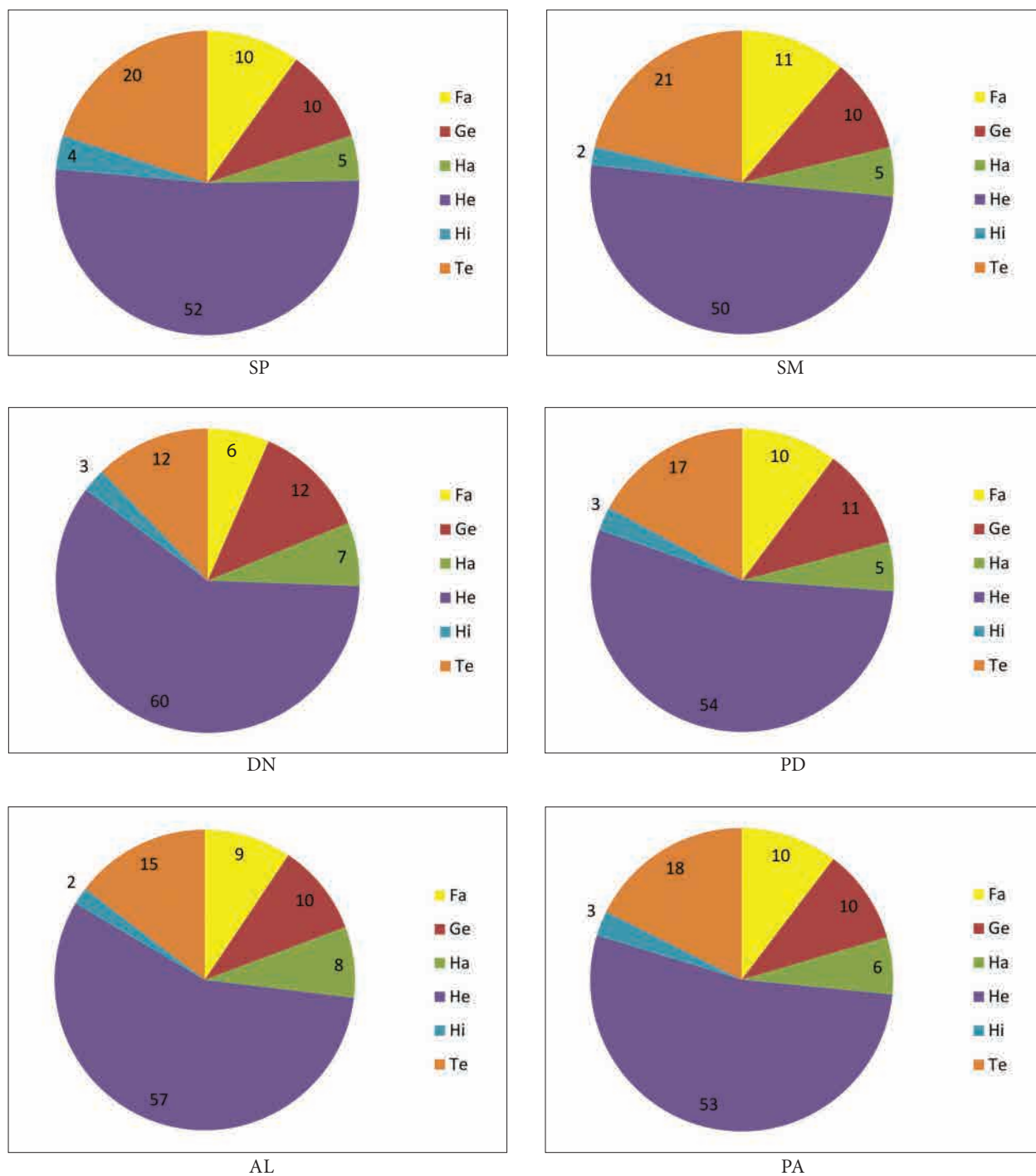
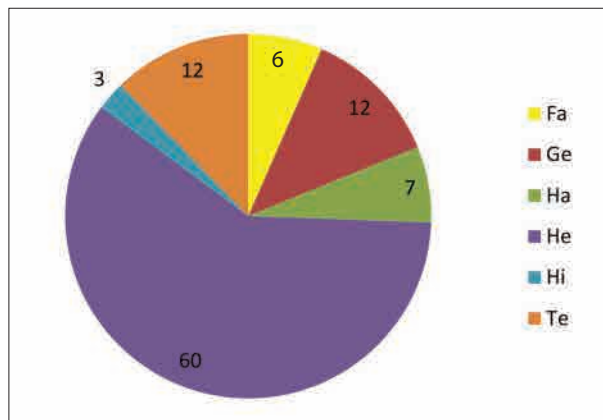


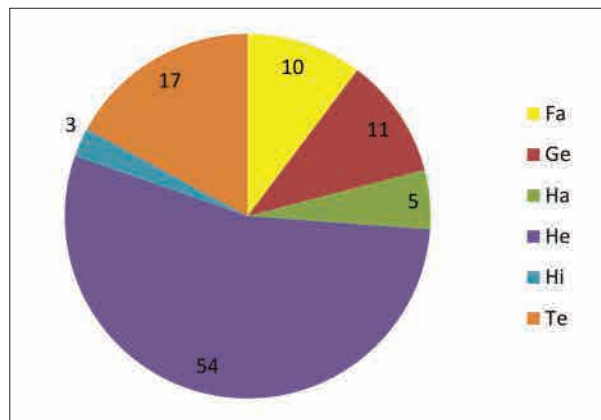
Diagram 1: Percentage share of biological forms in the phytogeographic areas of Slovenia according to M. Wraber (1969).
 Diagram 1: Odstotni delež bioloških oblik v fitogeografskih območjih Slovenije po M. Wrabru (1969).

Alpine Region / alpsko območje (AL)
 pre-Pannonian Region / subpanonsko območje (SP)
 pre-Alpine Region / predalpsko območje (PA)
 Dinaric Region / dinarsko območje (DN)
 pre-Dinaric Region / preddinarsko območje (PD)
 sub-Mediterranean Region / submediteransko območje (SM)

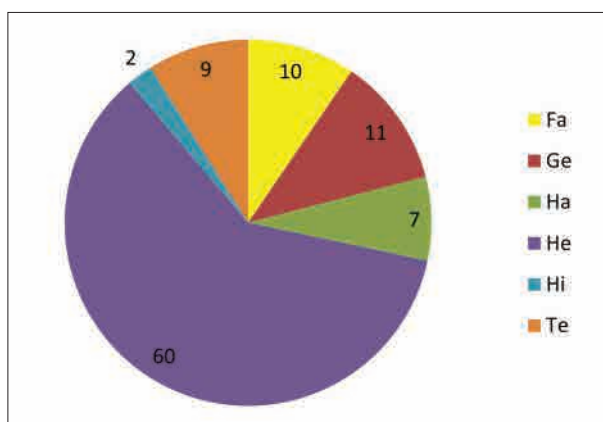


WRABER (1969)

DN

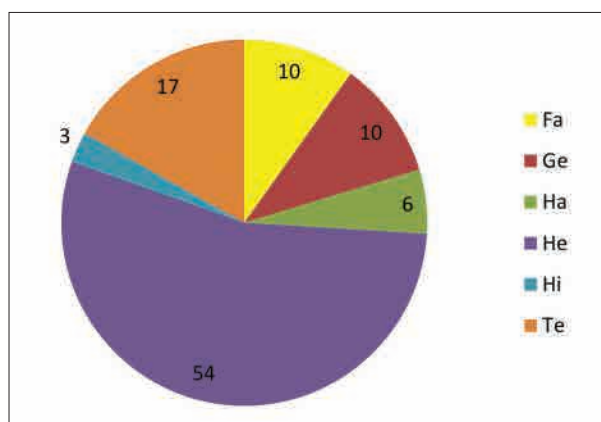


PD



ZUPANČIČ & al. (1987)

DN



PD

Diagram 2: Comparison of the percentage shares of biological forms in the Dinaric and pre-Dinaric phytogeographic areas in the phytogeographic division according to M. WRABER (1969) and ZUPANČIČ & al. (1987).

Diagram 2: Primerjava odstotnih deležev bioloških oblik v dinarskem in predinarskem fitogeografskem območju med fitogeografskima razdelitvama po M. WRABER (1969) in ZUPANČIČ & al. (1987).

ACTA CARSOLOGICA 47/1 (2018)

PAPERS

Gh Jeelani, Rouf Ahmad Shah, Nico Goldscheider

Karst geomorphology, cave development and hydrogeology in the Kashmir valley, Western Himalaya, India

Ela Šegina, Čedomir Benac, Josip Rubinić, Martin Knez

Morphometric analyses of dolines — the problem of delineation and calculation of basic parameters

Metka Petrič, Janja Kogovšek, Nataša Ravbar

Effects of the vadose zone on groundwater flow and solute transport characteristics in mountainous karst aquifers – the case of the Javorniki–Snežnik massif (SW Slovenia)

Chiara Calligaris, José Maria Calaforra, Franco Cucchi, Paolo Forti, Luca Zini

Effect of a strong rainstorm on the hydrodynamics of the Puerto Princesa underground river (Palawan, Philippines)

Konstantin Simeonov Kostov, Nikolai Dobrev, Josef Stemberk, Miloš Briestenský, Plamen Ivanov

Monitoring of microdisplacements in Golyamata Tsepnatina cave, Madara plateau, NE Bulgaria

Andrej Kranjc, Luiz Eduardo Panisset Travassos

On the origin of the name Dinara

REVIEW

Andrej Kranjc

Carsologica Sinica opens to the world (Special Issue 2016)

ACTA CARSOLOGICA 47/2-3 (2018)

PAPERS

Pavel Bosák, Nadja Zupan Hajna

Palygorskite in caves and karsts: a review

Pathmakumara Jayasingha, Robert Armstrong .L. Osborne, Ross E Pogson

Sthreepura cave at Kiriwanagama, south central Sri Lanka: A network cave in saprolite and proterozoic quartzite

Ognjen Bonacci, Maja Oštrić, Tanja Roje Bonacci

Water resources analysis of the Rječina karst spring and river (Dinaric karst)

Rafael Schäffer, Ingo Sass, Claus-Dieter Heldmann, Dirk Scheuevens

Geothermal drilling in an Alpine karst aquifer and its impact on downstream springs – A case study from Finkenberg, Tyrol, Austria

Pavel Kalenda, Rudolf Tengler, Stanka Šebela, Matej Blatnik, Andrej Gosar

Detection of Divaška Jama corridors behind (to the SW) Trhlovca cave using low frequency high power ground penetrating radar

Cover Image

Isabel Pires Mascarenhas Ribeiro de Oliveira, Daniel Correa, Rodrigo Lopes Ferreira, Augusto Sarreiro Auler

Rising water flow as a factor of organic material importation into caves

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 literarnega 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, tablam, slikami ipd., praviloma ne sme presežati 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 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

Izvleček mora podati jedrnat 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. ...HORVATÍĆ (1963 a)... ali (HORVATÍĆ 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 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: *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 izvornik 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 "(Surname year: pages)" or "Surname year" [(BUKRY 1974) or (OBERDORFER 1979: 218) or ... POLDINI (1991)...]. The works of the same author are to be cited in alphabetical order: "Surname year 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.:**

KLIMATOGRAFIJA 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 phytocenological 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 59/2 - 2018
Slovenska akademija znanosti in umetnosti v Ljubljani

Grafična priprava za tisk
Medija grafično oblikovanje, d.o.o.

Tisk
Abo Grafika d.o.o.

Ljubljana
2018



VSEBINA / CONTENTS

RAZPRAVE / ESSAYS

Janko Božič

Dancing with carniolan bee
Plešemo s kranjsko čebelo

Andrej Gogala

Threatened bee species of Europe in Slovenia
Ogrožene čebele Evrope v Sloveniji

Jožica Gričar

Biomass allocation shifts of *Fagus sylvatica* L.
and *Pinus sylvestris* L. seedlings in response to
temperature
Prerazporeditev biomase pri sadikah *Fagus*
sylvatica L. in *Pinus sylvestris* L. kot odziv na
temperaturo

Darja Kolar, Igor Virant, Samo Kreft

Vpliv agronomskih parametrov na gostoto in
dolžino listnih rež pri ameriškem slamniku
(*Echinacea purpurea* (L.) Moench)
The influence of agronomic parameters on the
density and length of leaf stomata in purple
coneflower (*Echinacea purpurea* (L.) Moench)

Anka Rudolf, Branko Vreš, & Igor Dakskobler

Sites of rare form of auricula (*Primula auricula*
var. *tolminensis* nom. prov.) in the southern
Julian Alps
Rastišča redke oblike lepega jegliča (*Primula*
auricula var. *tolminensis* nom. prov.) v južnih
Julijskih Alpah

Boris Sket & Gordan S. Karaman

Phylogenetic position of the genus
Chaetoniphargus Karaman et Sket (Crustacea:
Amphipoda: Niphargidae) from dinaric karst.
An extreme case of homoplasy.
Filogenetski položaj rodu *Chaetoniphargus*
Karaman et Sket (Crustacea: Amphipoda:
Niphargidae) iz dinarskega krasa. Skrajni primer
homoplazije.

Blanka Vombergar & Zlata Luthar

Raziskave vsebnosti flavonoidov, taninov in
skupnih beljakovin v frakcijah zrn navadne ajde
(*Fagopyrum esculentum* Moench) in tatarske
ajde (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.)
The concentration of flavonoids, tannins and
crude proteins in grain fractions of common
buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench)
and Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*
Gaertn.)

Mitja Zupančič & Branko Vreš

Phytogeographic analysis of Slovenia
Fitogeografska oznaka Slovenije