

ЕКОСИСТЕМСКЕ УСЛУГЕ ВОДОЗЕМАЦА И ГМИЗАВАЦА СА ОСВРТОМ НА ВРСТЕ КОЈЕ ЖИВЕ У СРБИЈИ

Марко Дивац
marko.divac@zzps.rs
 0009-0000-2953-9622

Завод за заштитију природе Србије, Јапанска бр. 35, Београд

ECOSYSTEM SERVICES PROVIDED BY AMPHIBIANS AND REPTILES WITH A FOCUS ON SPECIES IN SERBIA

Marko Divac
marko.divac@zzps.rs
 0009-0000-2953-9622

Institute for Nature Conservation of Serbia, Japanska Street 35, Belgrade

Извод: У овом раду представљене су основне екосистемске услуге које пружају врсте водоземаца и гмизаваца, са нагласком на врстама које насељавају Србију. Екосистемске услуге представљају све бенефиције које људи имају од екосистема и могу се поделити у четири категорије: услуге снабдевања, услуге регулације, услуге од културног значаја и услуге подршке. Водоземци и гмизавци учествују у свим типовима екосистемских услуга: услугама подршке (кружење хранљивих материја, биотурбација), услугама регулације (биолошка контрола, опрашивање биљака и ширење њихових семена), услугама снабдевања (извори протеина, хране, сировина и лекова, ресурси) и услугама од културног значаја (амајлије, народна веровања и ритуали). У скоро свим екосистемима водоземци и гмизавци играју кључну улогу у протоку енергије и кружењу хранљивих материја у воденом и копненом окружењу (и између њих); осим тога, учествују у контроли популација „штеточина” (инсеката и глодара), а потенцијално учествују и у опрашивању и ширењу/разношењу семена биљака. Водоземци и гмизавци служе и као модели у медицинским истраживањима и пружају потенцијал за нове фармацеутске производе као што су аналгетици, антивирусни и други лекови. Обе наведене класе кичмењака, а посебно водоземци, изузетно су угрожене: наглашавање њиховог значаја кроз екосистемске услуге које пружају може помоћи у образовању неопходном за дугорочну заштиту.

Кључне речи: услуге снабдевања, услуге регулације, услуге од културног значаја, услуге подршке.

Abstract: This paper presents main ecosystem services provided by amphibian and reptile species, with an emphasis on species that inhabit Serbia. Ecosystem services represent all the benefits that people receive from ecosystems and can be divided into four categories: provisioning services, regulating services, services of cultural importance, and supporting services. Amphibians and reptiles participate in all types of ecosystem services: supporting services (nutrient cycling, bioturbation), regulating services (biological control, pollination of plants and their seed dispersal), provisioning services (sources of protein, food, raw materials and medicines, resources), and services of cultural importance (amulets, folk beliefs and rituals). In almost all ecosystems, amphibians and reptiles play a key role in the flow of energy and the cycling of nutrients in the aquatic and terrestrial environments (and between them); in addition, they participate in the control of “pest” populations (insects and rodents), and potentially participate in plant pollination and seed dispersal. Amphibians and reptiles also serve as models in medical research, offering the potential for new pharmaceutical products such as analgesics, antivirals and other drugs. Both of these vertebrate classes, and amphibians in particular, are extremely endangered: highlighting their importance through the ecosystem services they provide can help with the education necessary for long-term conservation.

Key words: provisioning services, regulating services, services of cultural importance, supporting services.

УВОД

Добробит и уопште опстанак људске врсте зависи, непосредно или посредно, од тзв. услуга које пружају екосистеми. Многи организми имају велики значај у људском животу. На пример, многе биљке и животиње се користе као храна и за производњу лекова, одеће, грађевинског материјала, итд. Сви организми, као компоненте екосистема, доприносе њиховим функцијама и пружају бројне услуге човечанству.

Према Миленијумској процени екосистема (Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005), екосистемске услуге представљају све бенефиције које људи имају од екосистема. Генерално, екосистемске услуге су подељене у четири категорије: **услуге снабдевања** које директно испуњавају људске потребе за храном, свежом водом, влакнима за израду тканина, лековима, горивом, грађевинским материјалом и сл.; **услуге регулације** укључују пречишћавање воде, контролу ерозије, регулацију климе, контролу болести, контролу бројности штеточина, опрашивање биљака и контролу и ублажавање природних катастрофа; **услуге од културног значаја** повећавају квалитет људског живота кроз рекреацију, религију, духовност и естетику; **услуге подршке** које подржавају друге врсте екосистемских услуга и одржавају екосистеме и биодиверзитет кроз кружење хранљивих материја и воде, формирање земљишта и примарну производњу (Martín-López et al., 2009; Haines-Young & Potschin, 2010; Nelson & Daily, 2010).

Неки аутори предлажу и ширу дефиницију, односно да екосистемске услуге обухватају сваки аспект или компоненту екосистема, коју људи директно или индиректно користе (DeFries et al., 2005). У односу на то, могу се разликовати два типа услуга: **услуге директног коришћења** – услуге снабдевања и услуге од културног значаја, које укључују храну, усеве, дрво за гориво или грађевинарство, лекове, као и рекреативне и културолошке активности као што су уживање у природи, посматрање дивљих врста животиња, спортови у природи и друге духовне или друштвене активности које не захтевају производњу (DeFries et al., 2005).

Насупрот томе, **услуге индиректног коришћења** обухватају све оне услуге екосистема од којих људи имају индиректну корист, као што су опрашивање биљака и ширење њихових семена, регулација климе, секвестрација (складиштење) угљеника, контрола штеточина и болести. На пример, утицајем на примарну производњу и процесе екосистема, као што су кружење воде и хранљивих материја, биодиверзитет индиректно утиче и на производњу хране, влакана, склоништа итд. (DeFries et al., 2005).

Циљ овог рада је да се идентификују и опишу услуге екосистема које пружају водоземци и гмизавци у Србији, како би се проценио допринос ових организама како екосистемима, тако и добробити људима. Водоземци и гмизавци широко су распрострањени у свету, па и у Србији, и обављају различите функције у скоро свим екосистемима. Ове две класе кичмењака су сличне у неким аспектима. На пример, често насељавају слична

INTRODUCTION

The well-being and the very survival of the human-kind depend, directly or indirectly, on the so-called services provided by ecosystems. Many organisms are of great importance to human life. For example, many plants and animals are used for food and for the production of medicines, clothing, building materials, etc. All organisms, as components of ecosystems, contribute to their functions and provide numerous services to humanity.

According to the Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), ecosystem services are all the benefits that people get from ecosystems. Generally, ecosystem services are divided into four categories: **provisioning services**, which directly meet human needs for food, fresh water, fibres for clothes production, medicines, fuel, building materials, etc.; **regulating services** include water purification, erosion control, climate regulation, disease control, pest control, plant pollination, and the control and mitigation of natural disasters; **services of cultural importance** enhance the quality of human life through recreation, religion, spirituality and aesthetics; **supporting services** that support other types of ecosystem services and maintain ecosystems and biodiversity through nutrient and water cycling, as well as soil formation and primary production (Martín-López et al., 2009; Haines-Young & Potschin, 2010; Nelson & Daily, 2010).

Some authors also propose a broader definition, namely that ecosystem services should encompass every aspect or component of an ecosystem that people use directly or indirectly (DeFries et al., 2005). In this regard, two types of services can be distinguished: **direct-use services** – provisioning services and services of cultural importance, which include food, crops, fuelwood or construction timber, medicines, as well as recreational and cultural activities such as enjoying nature, wildlife watching, outdoor sports, and other spiritual or social activities that do not require production (DeFries et al., 2005).

In contrast, **indirect use services** include all those ecosystem services from which people benefit indirectly, such as plant pollination and the dispersal of their seeds, climate regulation, carbon sequestration, and pest and disease control. For example, by influencing primary production and ecosystem processes, such as water and nutrient cycling, biodiversity also indirectly affects the production of food, fibre, shelter, etc. (DeFries et al., 2005).

The aim of this paper is to identify and describe the ecosystem services provided by amphibians and reptiles in Serbia, in order to assess the contribution of these organisms to both ecosystems and human well-being. Amphibians and reptiles are widespread throughout the world, including Serbia, and perform various functions in almost all ecosystems. These two classes of vertebrates are similar in some respects. For example, they often inhabit similar habitats, are ectothermic organisms, and are also similarly sensitive to habitat degradation, disturbance, environmental pollution, the introduction of allochthonous invasive species, etc. (Pough et al., 2004).

станишта, ектотермни су организми, а такође су на сличан начин осетљиви и на деградацију станишта, нарушавање, загађење животне средине, уношење алохтоних инвазивних врста итд. (Pough et al., 2004).

Водоземци су готово космополитски распрострањени кичмењаци. До сад је описано 9020 врста водоземаца (AmphibiaWeb, 2026). Према IUCN проценама из 2026. године (IUCN, 2026), више од 41% врста водоземаца је угрожено. У Србији су описане 22 врсте водоземаца: 14 врста безрепих водоземаца – жаба (ред Anura) и осам врста репатих водоземаца (ред Caudata) (Urošević et al., 2022). Према Правилнику о проглашењу и заштити строго заштићених и заштићених дивљих врста биљака, животиња и гљива („Службени гласник РС”, бр. 5/10, 47/11, 32/16 и 98/16), у Републици Србији је 18 врста водоземаца строго заштићено, а три врсте су заштићене.

Гмизавци су, такође, готово космополитски распрострањени кичмењаци. До сад је описано 12568 врста гмизаваца (The Reptile Database, 2026). Према IUCN проценама из 2026. године (IUCN, 2026), око 21% врста гмизаваца је данас угрожено. У Србији живи 26 аутохтоних врста гмизаваца: три врсте корњача (ред Testudines), 13 врста гуштера (подред Lacertilia) и 10 врста змија (подред Serpentes) (Urošević et al., 2022). Две врсте гмизаваца су алохтоне за Србију – *Trachemys scripta* ssp. и *Hemidactylus turcicus* (Urošević et al., 2022). Према Правилнику о проглашењу и заштити строго заштићених и заштићених дивљих врста биљака, животиња и гљива, у Републици Србији је 18 врста гмизаваца строго заштићено, а две врсте су заштићене.

Генерално, водоземци и гмизавци учествују у свим типовима екосистемских услуга: услугама подршке (кружење хранљивих материја, биотурбација), услугама регулације (биолошка контрола, ширење семена и опрашивање), услугама снабдевања (извори протеина, хране, сировина и лекова, ресурси) и услугама од културног значаја (амајлије, народна веровања и ритуали).

ЕКОСИСТЕМСКЕ УСЛУГЕ СНАБДЕВАЊА

Извори хране. Дивље врсте животиња су важан извор хране за људе. Многе врсте бескичмењака, риба, водоземаца, гмизаваца, птица и сисара се користе у људској исхрани. Неке врсте водоземаца и гмизаваца су важни извори хране за становнике руралних подручја у различитим деловима света (Mittermeier et al., 1992; Thorbjarnarson et al., 2000).

Врсте зелених жаба (зелена жаба – *Pelophylax kl. esculentus*, велика зелена жаба – *P. ridibundus* и мала зелена жаба – *P. lessonae*) сакупљају се из природе и користе у исхрани. Сакупљање ове три врсте је у Србији регулисано Уредбом о стављању под контролу коришћења и промета дивље флоре и фауне („Службени гласник РС”, бр. 31/05, 45/05 - испр., 22/07, 38/08, 9/10, 69/11 и 95/18 – др. закон), према којој је од 2023. године дозвољено сакупљање по 1 t по врсти, са тенденцијом потпуне забране сакупљања уколико се за то укаже потреба. Уредбом је дефинисано и да се сакупљање ових

Amphibians are almost cosmopolitan vertebrates. To date, 9,020 species of amphibians have been described (AmphibiaWeb, 2026). According to IUCN estimates from 2026 (IUCN, 2026), more than 41% of amphibian species are threatened. In Serbia, 22 species of amphibians have been described: 14 species of tailless amphibians – frogs (order Anura) and eight species of tailed amphibians (order Caudata) (Urošević et al., 2022). According to the Rulebook on the Proclamation and Protection of Strictly Protected and Protected Wild Species of Plants, Animals and Fungi („Службени гласник РС”, бр. 5/10, 47/11, 32/16 и 98/16), 18 species of amphibians are strictly protected and three species are protected in the Republic of Serbia.

Reptiles are also almost cosmopolitan vertebrates. To date, 12,568 species of reptiles have been described (The Reptile Database, 2026). According to IUCN estimates from 2026 (IUCN, 2026), around 21% of reptile species are threatened today. There are 26 autochthonous species of reptiles in Serbia: three species of turtles (order Testudines), 13 species of lizards (suborder Lacertilia) and 10 species of snakes (suborder Serpentes) (Urošević et al., 2022). Two reptile species are allochthonous in Serbia – *Trachemys scripta* ssp. and *Hemidactylus turcicus* (Urošević et al., 2022). According to the Rulebook on the Proclamation and Protection of Strictly Protected and Protected Wild Species of Plants, Animals and Fungi, 18 species of reptiles are strictly protected and two species are protected in the Republic of Serbia.

In general, amphibians and reptiles participate in all types of ecosystem services: supporting services (nutrient cycling, bioturbation), regulating services (biological control, seed dispersal and pollination), provisioning services (sources of protein, food, raw materials and medicines, resources) and services of cultural importance (amulets, folk beliefs and rituals).

PROVISIONING SERVICES OF ECOSYSTEMS

Food sources. Wild animal species are an important source of food for humans. Many species of invertebrates, fish, amphibians, reptiles, birds and mammals are used in human nutrition. Some species of amphibians and reptiles are important sources of food for rural populations in different parts of the world (Mittermeier et al., 1992; Thorbjarnarson et al., 2000).

Species of green frogs (Edible frog – *Pelophylax kl. esculentus*, Marsh frog – *P. ridibundus* and pool frog – *P. lessonae*) are collected from the wild and used in nutrition. The collection of these three species is regulated in Serbia by the Decree on the Control of the Use and Trade in Wild Flora and Fauna („Службени гласник РС”, бр. 31/05, 45/05 - испр., 22/07, 38/08, 9/10, 69/11 и 95/18 – др. закон), according to which, from 2023, the collection of 1 tonne per species is permitted, with a tendency towards a complete ban on col-

врста жаба може вршити само у периоду од 1. јуна до 1. септембра. Такође, забрањено је сакупљати, користити и ставити у промет јединке заштићених врста жаба чија је тежина мања од 50 g и већа од 120 g, односно дужина мања од 9 cm и већа од 15 cm.

Сакупљање из дивљине и трговина водоземцима у вези са њиховом конзумацијом може бити изузетно штетна за популације водоземаца. Популационо-еколошка истраживања на подручју Борског, Браничевског, Западнобачког, Јужнобанатског, Јужнобачког, Подунавског, Расинског, Севернобанатског, Севернобачког, Средњобанатског и Сремског округа показала су да је нарушен однос узрасних категорија у популацијама, односно да број јувенилних и полно незрелих (субадулtnих) јединки далеко надмашује број полно зрелих, што директно утиче на репродукциони потенцијал (Krizmanić, 2008). Такође, величина ових јединки (јувенилних и субадулtnих) је испод мере, тако да оне немају привредни значај. Сакупљање све три врсте зелених жаба није дозвољено на овим подручјима, јер је неконтролисаним изловом, заједно са другим факторима угрожавања попут уништавања станишта, неконтролисане примене агрохемијских средстава и сл., стање популација зелених жаба доведено скоро до ивице опстанка.

У многим земљама широм Европе шумска корњача се сматра деликатесом. Земље у чијим ресторанима се најчешће служе јела (чорбе, супе, паприкаши и друго) од корњача су Италија, Француска, Шведска и Немачка (Nikolić & Crnobrnja-Isailović, 2017). Истраживањем је утврђено да се корњаче у исхрани користе и у нашој земљи. Ови спорадични случајеви везани су за обуке преживљавања у природи које пролазе припадници војних групација и неки одреди извиђача. Поред изловљавања корњача у ове сврхе, забележене су и приче локалног становништва са севера Косова о томе како су крајем XX века неки инострани држављани од њих откупљивали јединке шумске корњаче и користили их у исхрани (Nikolić & Crnobrnja-Isailović, 2017).

Трговина (осим за исхрану). Сакупљање из природе јединки заштићених врста гмизаваца у Србији присутно је дужи низ година и представља један од значајних угрожавајућих фактора. Веома је тешко проценити обим, интензитет и значај овог фактора с обзиром на то да не постоје основни подаци чак ни о томе која су подручја у том погледу најугроженија. Врсте водоземаца и гмизаваца често се сакупљају из дивљине, продају и извозе, најчешће као кућни љубимци.

Шумска корњача (*Testudo hermanni*), упркос формалној забрани, и даље се сакупља из дивљине, и то понекад за храну, традиционалну медицину и израду накита, али знатно чешће у циљу продаје, као кућни љубимац. У нашој земљи, ова врста је изложена знатној експлоатацији, више него иједна друга врста гмизавца. Вишеструка унутрашња трговина и међународни промет јединкама, илегално сакупљање и трговина шумском корњачом са подручја бивше Југославије, као и Србије, представљају изузетно значајан фактор угрожавања ове врсте (Ljubisavljević et al., 2011), нарочито ако се има у

lection if the need arises. The Decree also stipulates that the collection of these frog species may only take place in the period from 1 June to 1 September. It is also prohibited to collect, use and market specimens of protected frog species weighing less than 50 g and more than 120 g, or measuring less than 9 cm and more than 15 cm in length.

Collection from the wild and trade in amphibians for consumption can be extremely harmful to amphibian populations. Population and ecological research in the districts of Bor, Braničevo, West Bačka, South Banat, South Bačka, Podunavlje (Danube region), Rasina, North Banat, North Bačka, Central Banat and Srem has shown that the age ratio in populations is disturbed, i.e. that the number of juveniles and sexually immature (subadult) individuals far exceeds the number of sexually mature ones, which directly affects the reproductive potential (Krizmanić, 2008). In addition, the size of these individuals (juveniles and subadults) is below the norm, so they are of no economic importance. The collection of all three species of green frogs is not permitted in these districts, because uncontrolled hunting, along with other threatening factors such as habitat destruction, uncontrolled use of agrochemicals, etc., has brought the state of green frog populations almost to the verge of extinction.

In many countries across Europe, Hermann's tortoise is considered a delicacy. The countries in which restaurants most often serve tortoise dishes (soups, stews, etc.) are Italy, France, Sweden and Germany (Nikolić & Crnobrnja-Isailović, 2017). Research has shown that tortoises are used for the same purpose in our country as well. These sporadic cases are related to the training in survival in nature that members of military groups and some scout detachments undergo. In addition to the hunting of tortoises for this purpose, stories have also been recorded from the local population of northern Kosovo about how, at the end of the 20th century, some foreign citizens bought specimens of Hermann's tortoise from them and used them as food (Nikolić & Crnobrnja-Isailović, 2017).

Trade (except for food). The collection of protected reptile species from the wild has been going on in Serbia for many years and is one of the significant threatening factors. It is very difficult to assess the scope, intensity and importance of this factor, given that there is no basic data even on the areas that are most endangered in this regard. Amphibian and reptile species are often collected from the wild, sold and exported, most often as pets.

Hermann's tortoise (*Testudo hermanni*), despite a formal ban, is still collected from the wild, sometimes for food, traditional medicine and jewellery crafting, but much more often for sale as a pet. In our country, this species is exposed to considerable exploitation, more than any other reptile species. Decades of domestic trade and international circulation of these tortoises, illegal collection and trade in this tortoise species across the

виду њено дуго време генерације. На подручју Републике Србије нису рађена популациона истраживања која би могла указати на евентуалну штету нанету популацијама шумске корњаче која је настала континуираним, неселективним и интензивним изловом у протеклим деценијама. Nikolić et al. (2018) у свом раду наводе да анализе одрживости популација (Population Viability Analyses – PVAs) указују на то да би чак и велике и густе популације шумске корњаче које насељавају повољна окружења могле да се суоче са изумирањем услед прекомерног искоришћавања у року од неколико година. Услед недостатка података о основним популационим параметрима (фекундитет, фертилитет, морталитет, узрасно специфични морталитет, величина популације, однос полова, време достизања полне зрелости, итд.), али и података о капацитетима станишта, врло је тешко проценити популационе трендове, стање и статус угрожености врсте на територији Србије.

Истраживања су показала да се оклоп корњача на простору источне и јужне Србије спорадично и нелегално употребљава за израду украсних лампи, пепелара, тамбура, накита и других украсних предмета (Nikolić & Crnobrnja-Isailović, 2017) (Слика 1). Према Уредби о стављању под контролу коришћења и промета дивље флоре и фауне („Службени гласник РС”, бр. 31/05, 45/05 - испр., 22/07, 38/08, 9/10, 69/11 и 95/18 - др. закон), сакупљање шумске корњаче из природе је забрањено на територији целе Републике Србије.



Слика 1. Тамбуре од оклопа корњаче (преузето из: Nikolić & Crnobrnja-Isailović, 2017)

Figure 1. Tortoise shell tambourines (taken from: Nikolić & Crnobrnja-Isailović, 2017)

Медицински ресурси. Кожа водоземаца је морфолошки, физиолошки и биохемијски комплексан орган који врши широк спектар функција неопходних за њихов опстанак. Кожа водоземаца садржи грануларне жлезде које синтетишу различита хемијска једињења која их штите од инфекције бактеријама и гљивицама, али и од предатора, а такође играју важну улогу у парењу и обележавању територије (Duellman & Trueb, 1994; Stebbins & Cohen, 1997). Број и разноврсност једињења која синтетишу грануларне жлезде у кожи водоземаца је изненађујуће велики, а она укључују биогене аmine, буфодиенолиде (буфогенини и буфотоксини), алкалоиде, пептиде и протеине (Clarke, 1996; Wells, 2007). С обзиром на то да кожа водоземаца има респираторну и антимикробну функцију, неки од молекула који се налазе у њеном секрету (излучевинама) могу се користити у ле-

countries of the former Yugoslavia, as well as Serbia, are a pronounced threat factor to this species (Ljubisavljević et al., 2011), especially considering its long lifespan. No population surveys have been conducted in the Republic of Serbia that could indicate any possible damage to the Hermann's tortoise populations caused by continuous, indiscriminate and intensive hunting in recent decades. Nikolić et al. (2018) state that Population Viability Analyses (PVAs) indicate that even large and dense populations of Hermann's tortoise inhabiting favourable environments might face extinction due to overexploitation within a few years. Due to the lack of data on basic population parameters (fecundity, fertility, mortality, age-specific mortality, population size, gender ratio, period of reaching sexual maturity, etc.), as well as data on habitat capacities, it is very difficult to assess population trends, condition and threat status of the species on the territory of Serbia.

Research has shown that tortoise shells are sporadically and illegally used in eastern and southern Serbia for crafting decorative lamps, ashtrays, tambourines, jewelry, and other decorative items (Nikolić & Crnobrnja-Isailović, 2017) (Figure 1). According to the Decree on the Control of the Use and Trade in Wild Flora and Fauna („Службени гласник РС”, бр. 31/05, 45/05 - испр., 22/07, 38/08, 9/10, 69/11 и 95/18 - др. закон), the collection of Hermann's tortoise from the wild is prohibited throughout the territory of the Republic of Serbia.



Medical resources. The skin of amphibians is a morphologically, physiologically and biochemically complex organ that performs a wide range of functions essential for their survival. The skin of amphibians contains granular glands that synthesise various chemical compounds that protect them from bacterial and fungal infection, as well as from predators, and also play an important role in mating and marking territory (Duellman & Trueb, 1994; Stebbins & Cohen, 1997). The number and diversity of compounds synthesised by the granular glands in amphibian skin is surprisingly large, and they include biogenic amines, bufodienolides (bufogenins and bufotoxins), alkaloids, peptides and proteins (Clarke, 1996; Wells, 2007). Given that amphibian skin has respiratory and antimicrobial functions, some of the molecules found in its secretions may be used in the treatment of

чењу кожных и респираторних инфекција (Clarke, 1996). Нека од ових једињења су изолована, идентификована и окарактерисана, што је довело до развоја медицинских производа (лекова) за хуману и ветеринарску употребу (Clarke, 1996; Tyler et al., 2007; Pradhan et al., 2014; Baros et al., 2022.). Антимикробни пептиди из секрета жабе коже показали су потенцијал да инхибирају инфекцију и пренос вируса хумане имунодефицијенције – HIV (Lorin et al., 2005; VanCompernelle et al., 2005).

Мали број врста змија на свету (око 10%) у посебним жлездама синтетише отров, сложену мешавину пептида, протеина и биомолекула који служе за савладавање и варење плена, а могу изазвати различите негативне ефекте код људи. Проучавањем ових токсина учињен је допринос развоју фармацеутских производа, а многа једињења изолована из ових природних извора се сада користе за производњу лекова за људске болести (Mackessy, 2010).

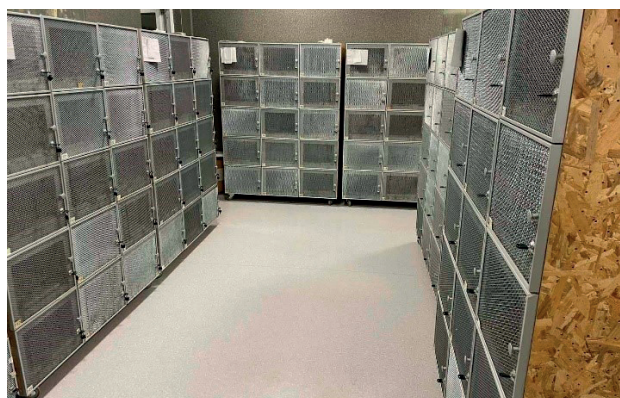
У Србији је значајан пример сакупљања поскока (*Vipera ammodytes*) из природе за производњу антисерума „Виеквин“ у Институту за вирусологију, вакцине и серуме „Торлак“ од лиофилизованог отрова ове змије (Слика 2, лево). У институту „Торлак“ откуп живих змија (претежно поскока) траје континуирано од 1993. године, када је и почела производња серума против змијског отрова (Ајтић, 2009). Данас се јединке поскока сакупљене из природе привремено чувају у кавезима унутар Института (Слика 2, десно). Први систематски подаци о сакупљању поскока са територије Србије постоје тек од 2005. године, када је ступила на снагу Уредба о стављању под контролу коришћења и промета дивље флоре и фауне („Службени гласник РС”, бр. 31/05, 45/05 - испр., 22/07, 38/08, 9/10, 69/11 и 95/18 – др. закон). Последњих година се дошло до сазнања да се за производњу змијског отрова у фармацеутске сврхе могу користити и органоиди отровних жлезда змија (Puschhof et al., 2021; Jayathilaka et al., 2026). Органоиди змијских отровних жлезда су 3D модели који се могу извести из ткива ембрионалних или одраслих отровних жлезда змија и могу се дугорочно одржавати, чак више од 2 године (Puschhof et al., 2021). Органоиди змијских отровних жлезда нуде могућности за стандардизовану производњу отрова и смањење зависности од живих јединки (Jayathilaka et al., 2026).



skin and respiratory infections (Clarke, 1996). Some of these compounds have been isolated, identified and characterised, leading to the development of medicinal products for human and veterinary use (Clarke, 1996; Tyler et al., 2007; Pradhan et al., 2014; Baros et al., 2022). Antimicrobial peptides from frog skin secretions have shown the potential to inhibit infection and transmission of human immunodeficiency virus – HIV (Lorin et al., 2005; VanCompernelle et al., 2005).

A small number of snake species in the world (about 10%) synthesise venom in special glands, which is a complex mixture of peptides, proteins, and biomolecules that serve to subdue and digest prey, and can cause various adverse effects in humans. The study of these toxins has contributed to the development of pharmaceutical products, and many compounds isolated from these natural sources are now used to produce drugs for human diseases (Mackessy, 2010).

In this regard, an important activity in Serbia is the collection of horned vipers (*Vipera ammodytes*) from nature for the production of the antiserum “Viekvin” at the Institute of Virology, Vaccines and Serums “Torlak” from lyophilised venom of this snake (Figure 2, left). At the “Torlak” Institute, the purchase of live snakes (mostly horned vipers) has been ongoing since 1993, when the production of serum against snake venom began (Ajtić, 2009). Today, horned vipers collected from nature are temporarily kept in cages within the Institute (Figure 2, right). The first systematic data on the collection of horned vipers from the territory of Serbia have only been available since 2005, when the Decree on the Control of the Use and Trade in Wild Flora and Fauna came into force („Службени гласник РС”, бр. 31/05, 45/05 - испр., 22/07, 38/08, 9/10, 69/11 и 95/18 – др. закон). In recent years, it has been discovered that snake venom gland organoids can be used to produce snake venom for pharmaceutical purposes (Puschhof et al., 2021; Jayathilaka et al., 2026). Snake venom gland organoids are 3D models that can be derived from embryonic or adult snake venom gland tissue and maintained for long-term use, even for more than 2 years (Puschhof et al., 2021). Snake venom gland organoids offer opportunities for standardised venom production and reduced dependence on live specimens (Jayathilaka et al., 2026).



Слика 2. Леофилизовани отров поскока и кавези за чување змија (фото: Дивац, М.)

Figure 2. Lyophilised horned viper venom and cages for keeping snakes (photo: Divac, M.)

Поскок је на територији Републике Србије, након дуготрајне експлоатације за снабдевање отровом, заштићена врста. Упркос томе, IUCN и Европска комисија потврдили су тренд смањена бројности популација ове врсте. Опадање бројности популација поскола посебно је изражено у одређеним подручјима (Мачвански, Колубарски, Златиборски, Рашки, Расински и Пчињски округ) због неселективног излова, који у року од неколико година може довести до потпуног нестанка ове врсте са тих подручја. Незаконити излов поскола довео је до нарушавања узрасне структуре, као и смањена репродукционог потенцијала врсте. Многи појединачни посколи, као и све остале змије, страдају у сусретима са људима, који их убијају из страха и/или мржње. Нису ретки ни случајеви страдања гмизаваца и водоземаца на путевима (Anđelković & Bogdanović, 2022; Grilo et al., 2025).

Према Уредби о стављању под контролу коришћења и промета дивље флоре и фауне („Службени гласник РС”, бр. 31/05, 45/05 - испр., 22/07, 38/08, 9/10, 69/11 и 95/18 – др. закон), сакупљање поскола није дозвољено на територији целе Републике Србије.

Традиционална медицина и веровања. У многим културама, посебно оним са ограниченим приступом медицинским услугама или без њих, животиње и њихови органи и продукти (кожа, месо, масти, јаја, оклоп, крв, кости, рогови и сл.) користе се као лекови и саставни су део праксе лечења (Alves et al., 2009). Гмизавци су једна од најчешће коришћених група животиња у традиционалној медицини и њихова употреба у „превенцији и лечењу” болести је позната широм света.

Народна веровања о лековитости шумске корњаче на простору Србије дубоко су утиснута у локални фолклор. Најзаступљеније веровање јесте о антиканцерогеном дејству крви корњаче. Истраживања су показала да је мит о лековитости крви корњача широко распрострањен у Србији, нарочито у источном делу (Nikolić & Crnobrnja-Isailović, 2017). У народу се верује да се крв корњаче може користити у лечењу и других тешких обољења, као и за прављење крема и мелема. У фармаколошким лабораторијама се већ годинама испитују поједини екстракти и пептиди изоловани из корњача, подстакнути записима из традиционалне медицине. Испитивања су показала да хидролизати из оклопа корњаче *Mauremys mutica* успешно индукује апоптозу код ћелија рака јетре (HepG2 линија) у лабораторијским условима (Zhao et al., 2024). Све позитивне медицинске особине везане су за пречишћене биоактивне пептиде и екстракте тестиране у строго контролисаним лабораторијским условима на изолованим ћелијама. Конзумација дивљих корњача, њихове крви и меса не лечи рак, већ напротив – излаже људе огромном ризику од тешких бактеријских и паразитских инфекција, као и уносу акумулираних тешких метала и пестицида. Корњаче су, као и све дивље животиње, подложне инфекцијама од стране паразита и разним бактеријским, гљивичним и вирусним обољењима која се могу пренети и на човека ако користи њихово месо и крв (Aguirre et al., 2006; Ventura et al., 2015; Jeong et

al., 2015). After long-term exploitation for the supply of venom, the horned viper has become a protected species in the Republic of Serbia. Despite this, the IUCN and the European Commission have confirmed the trend of decreasing population numbers of this species. The decline in the population numbers of horned viper is particularly pronounced in certain areas (Mačva, Kolubara, Zlatibor, Raška, Rasina and Pčinja districts) due to indiscriminate hunting, which within a few years may lead to the complete extinction of this species from these areas. Illegal hunting of horned vipers has led to a disruption of the age structure, as well as a reduction in the reproductive potential of the species. Many individual horned vipers, like all other snakes, die in encounters with people, who kill them out of fear and/or hatred. Cases of reptiles and amphibians dying on roads are not rare (Anđelković & Bogdanović, 2022; Grilo et al., 2025).

According to the Decree on the Control of the Use and Trade in Wild Flora and Fauna („Службени гласник РС”, бр. 31/05, 45/05 - испр., 22/07, 38/08, 9/10, 69/11 и 95/18 – др. закон), the collection of horned vipers is not permitted on the territory of the entire Republic of Serbia.

Traditional medicine and folk beliefs. In many cultures, especially those with limited or no access to medical services, animals and their organs and products (skin, meat, fat, eggs, shell, blood, bones, horns, etc.) are used as medicines and are an integral part of healing practices (Alves et al., 2009). Reptiles are one of the most commonly used groups of animals in traditional medicine and their use in the “prevention and treatment” of diseases is known worldwide.

Folk beliefs about the healing properties of the Hermann's tortoise in Serbia are deeply embedded in local folklore. The most common belief is about the anti-cancer effects of tortoise blood. Research has shown that the myth about the healing properties of tortoise blood is widespread in Serbia, especially in the eastern part of the country (Nikolić & Crnobrnja-Isailović, 2017). It is believed among people that tortoise blood may be used to treat other serious diseases, as well as to make creams and ointments. For years, pharmacological laboratories have been testing certain extracts and peptides isolated from tortoises, inspired by traditional medicine records. Studies have shown that hydrolysates from the shell of the yellow pond turtle *Mauremys mutica* successfully induce apoptosis in liver cancer cells (HepG2 line) in laboratory conditions (Zhao et al., 2024). All positive medical properties are related to purified bioactive peptides and extracts tested under strictly controlled laboratory conditions on isolated cells. Consumption of wild turtles and tortoises, their blood and meat, does not cure cancer, but on the contrary – exposes humans to a huge risk of severe bacterial and parasitic infections, as well as of the intake of accumulated heavy metals and pesticides. Turtles, like all wild animals, are susceptible to infections by parasites and various bacterial, fungal and viral diseases that can be transmitted to humans if they consume their meat and blood (Aguirre et al., 2006; Ventura et al., 2015; Jeong et al., 2015). Modern agriculture involves the increasing use

al., 2015). Савремена пољопривреда подразумева све већу употребу пестицида који се кроз ланце исхране акумулирају у телу животиња, а с обзиром да корњаче настањују и пољопривредна подручја (а дуго живе) њихова ткива, такође, могу садржати многе токсичне супстанце (Esposito et al., 2020; Kirchner et al., 2023).

УСЛУГЕ РЕГУЛАЦИЈЕ

Контрола болести. Нови проблем у борби против људских болести представља отпорност коју инсекти вектори, врсте које преносе узрочнике болести, стичу на хемијске инсектициде (WHO, 2012). Такви проблеми могу се ублажити биолошком, тј. контролом штеточина мерама које не нарушавају животну средину. Међутим, стратегије биолошке контроле штеточина захтевају детаљно познавање екологије организама вектора болести, као и њихових природних непријатеља (Okamoto & Amarasekare, 2012).

У погледу учесталости оболевања и стопе смртности узрокованих векторским болестима, комарци спадају у најопасније животиње са којима се човечанство сусреће (Centers for Disease Control and Prevention, 2022). Они угрожавају више од две милијарде људи у тропским и суптропским регионима, а сведоци смо да су комарци све озбиљнија здравствена претња и у Србији (Đorđević et al., 2015; Kurucz et al., 2016). Једна од најраширенијих и економски најзахтевнијих болести је маларија, чијег узрочника (*Plasmodium* spp.) преносе комарци одређених родова (*Anopheles* spp.).

Утицај водоземаца на смањење популација комараца утврђен је и доказан многим истраживањима. Иако неке врсте риба конзумирају више комараца него водоземци, водоземци играју важну улогу у контроли бројности комараца у ефемерним барама и другим пролазним влажним стаништима где рибе не могу да преживе (Rubbo et al., 2011).

Улога змија као природних контролора преносилаца болести једна је од најзначајнијих, али најмање признатих екосистемских услуга које ове животиње пружају човечанству. Њихов допринос јавном здрављу остварује се кроз директну контролу популација глодара и индиректни прекид ланаца преноса тешких заразних болести. Глодари су примарни природни резервоари за многе патогене који изазивају болести код људи, као што су мишја грозница (хеморагична грозница), лептоспироза и туларемија (Dahmana et al., 2020). Врсте змија, попут степског смука (*Dolichophis caspius*) или ескулаповог смука (*Zamenis longissimus*), специјализовани су предатори глодара (Speybroeck et al., 2016). За разлику од птица грабљивица, змије могу да уђу директно у јазбине глодара и елиминишу читаву легла, чиме драстично смањују густину популације преносилаца на одређеном подручју (Mullin & Seigel, 2009). Превенција контаминације хране и воде патогенима које преносе глодари примарно се заснива на еколошкој контроли њихове бројности; смањење густине популације резервоара у антропогеним стаништима у директној је корелацији са смањењем ризика од трансмисије зооноза на људе (Ostfeld & Holt, 2004). Једно од

of pesticides that accumulate in the bodies of animals through food chains, and given that turtles also inhabit agricultural areas (and live a long time), their tissues may also contain many toxic substances (Esposito et al., 2020; Kirchner et al., 2023).

REGULATING SERVICES

Disease control. A new challenge in the fight against human diseases is the resistance that vector insects, the species that transmit disease agents, acquire to chemical insecticides (WHO, 2012). Such problems can be mitigated by biological, i.e. pest control measures that do not damage the environment. However, biological pest control strategies require detailed knowledge of the ecology of disease vector organisms, as well as their natural enemies (Okamoto & Amarasekare, 2012).

In terms of the incidence and mortality rates caused by vector-borne diseases, mosquitoes are among the most dangerous animals to the humanity (Centers for Disease Control and Prevention, 2022). They endanger more than two billion people in tropical and subtropical regions, and we are witnessing that mosquitoes are an increasingly serious health threat in Serbia (Đorđević et al., 2015; Kurucz et al., 2016). One of the most widespread and economically demanding diseases is malaria, the causative agent of which (*Plasmodium* spp.) is transmitted by mosquitoes of certain genera (*Anopheles* spp.).

The impact of amphibians on reducing mosquito populations has been determined and proven by many studies. Although some fish species consume more mosquitoes than amphibians, amphibians play an important role in controlling mosquito populations in ephemeral ponds and other transient wetlands where fish cannot survive (Rubbo et al., 2011).

The role of snakes as natural vector controllers is one of the most important but least recognised ecosystem services that these animals provide to humanity. Their contribution to public health is achieved through the direct control of rodent populations and the indirect interruption of transmission chains of serious infectious diseases. Rodents are the primary natural reservoirs for many pathogens that cause human disease, such as hemorrhagic fever, leptospirosis, and tularemia (Dahmana et al., 2020). Snake species, such as the Caspian whipsnake (*Dolichophis caspius*) or the Aesculapian snake (*Zamenis longissimus*), are specialised predators of rodents (Speybroeck et al., 2016). Unlike birds of prey, snakes can enter rodent burrows directly and eliminate entire litters, drastically reducing the population density of vectors in a given area (Mullin & Seigel, 2009). Prevention of food and water contamination by pathogens transmitted by rodents is primarily based on environmental control of their abundance; reducing the population density of reservoirs in anthropogenic habitats is directly correlated with reducing the risk of zoonotic transmission to humans (Ostfeld & Holt, 2004). One of the most fascinating discoveries of recent ecological studies is the role of snakes in reducing the

најфасцинантнијих открића новијих еколошких студија јесте улога змија у смањењу преноса лајмске болести. Kabay и сарадници (2013) су користили математичке моделе и анализу садржаја желуца змија како би израчунали да једна одрасла змија (у овом случају звечарка *Crotalus horridus*) индиректно уклони између 2500 и 4500 крпеља годишње тако што поједе њихове домаћине – глодаре. На тај начин змије на одређеном станишту значајно смањују број инфицираних крпеља у околини, јер се уклањањем домаћина (глодара) прекида ланац којим крпељ добија бактерију *Borrelia burgdorferi* (узročник лајмске болести) и касније је преноси на човека.

Контрола пољопривредних штеточина. Контрола пољопривредних штеточина је важна за заштиту залиха хране широм света. Штеточине могу изазвати губитак скоро половине комерцијалне биљне производње сваке године, јер је њихова контрола неефикасна, а инвазивне штеточине често уништавају читаве жетве (Schwartz & Klassen, 1980). Штеточине нападају широк спектар врста биљака у свим фазама њиховог раста и развића. Примена хемијских средстава у њиховом сузбијању није пожељна, јер угрожава читаве екосистеме (Wan et al., 2025). Да би имао позитиван ефекат, агенс биолошке контроле мора негативно утицати на целокупну популацију штеточина (Whelan et al., 2008).

Већина адултих водоземаца храни се разним зглавкарима, укључујући муве, лептире, мољце (углавном ларве) и тврдокрилце (Duellman & Trueb, 1994), који за многе врсте биљака представљају штеточине, али и веома важне опрашиваче (Abrol, 2012). Резултати рада у ком је анализирана исхрана три врсте рода *Rana* (*Pelophylax*), показују да су од унете хране, инсекти заступљени са 80,9% (Šimić & Popović, 1994). Преостали постотак чине представници других група бескичмењака и, ређе, ситних кичмењака. Шимић и Поповић су утврдиле да су у исхрани три врсте зелених жаба заступљене следеће групе бескичмењака: Insecta (80,9%), Crustacea (7,3%), Arachnida (5,5%) и Gastropoda (5,2%). Међу инсектима преовлађују адултни јединке тврдокрилаца, односно Coleoptera (34,3%), затим Hymenoptera (33,2%) и Diptera (17,4%), а од ларви инсеката преовлађују Lepidoptera (69,2%) и Diptera (25,4%). Ова студија сугерише да се жабе, као природни непријатељи многих штеточина, могу користити као ефикасни агенси биолошке контроле у циљу смањења бројности штетних инсеката у пољопривреди. Одржавање популација жаба у агроекосистемама могло би да обезбеди ефикасан механизам биолошке контроле штетних инсеката (Lajmanovich et al., 2003).

Змије играју критичну улогу у биоконтроли штеточина, деловањем као природни и бесплатни „пестицид“ који одржава економску стабилност пољопривреде и хигијену урбаних средина. Присуство змија на пољопривредним површинама директно смањује потребу за скупим родентицидима. Тиме се не штеди само новац, већ се спречава и хемијско загађење земљишта и подземних вода, што је кључно за органску производњу (Lindell et al., 2018). Иако изазивају страх, змије у насељеним местима

transmission of Lyme disease. Kabay et al. (2013) used mathematical models and analysis of snake stomach contents to calculate that an adult snake (in this case, the rattlesnake *Crotalus horridus*) indirectly removes between 2500 and 4500 ticks per year by eating their rodent hosts. In this way, snakes in a given habitat significantly reduce the number of infected ticks in the environment, because the removal of the host (rodents) breaks the chain by which the tick acquires the bacterium *Borrelia burgdorferi* (the causative agent of Lyme disease) and subsequently transmits it to humans.

Agricultural pest control. Agricultural pest control is important for protecting food supplies worldwide. Pests can cause the loss of almost half of commercial crop production each year because their control is ineffective, and invasive pests often destroy entire harvests (Schwartz & Klassen, 1980). Pests attack a wide range of plant species at all stages of their growth and development. The use of chemicals in their control is undesirable, as it threatens entire ecosystems (Wan et al., 2025). To have a positive effect, a biological control agent must negatively affect the entire pest population (Whelan et al., 2008).

Most adult amphibians feed on various arthropods, including flies, butterflies, moths (mainly larvae) and beetles (Duellman & Trueb, 1994), which are pests for many plant species, but also very important pollinators (Abrol, 2012). The results of a paper analysing the diet of three species of the genus *Rana* (*Pelophylax*) show that insects account for 80.9% of the food consumed (Šimić & Popović, 1994). The remaining percentage is made up of representatives of other groups of invertebrates and, less commonly, small vertebrates. Šimić and Popović determined that the following invertebrate groups are represented in the diet of three species of green frogs: Insecta (80.9%), Crustacea (7.3%), Arachnida (5.5%) and Gastropoda (5.2%). Among the insects, adult individuals of beetles predominate, i.e. Coleoptera (34.3%), followed by Hymenoptera (33.2%) and Diptera (17.4%), and insect larvae are dominated by Lepidoptera (69.2%) and Diptera (25.4%). This study suggests that frogs, as natural enemies of many pests, may be used as effective biological control agents to reduce the number of harmful insects in agriculture. The maintenance of frog populations in agroecosystems could provide an effective mechanism of biological control of harmful insects (Lajmanovich et al., 2003).

Snakes are a critical factor in pest biocontrol, acting as a natural and free “pesticide” that maintains the economic stability of agriculture and the hygiene of urban areas. The presence of snakes in agricultural areas directly reduces the need for expensive rodenticides. This not only saves money, but also prevents chemical pollution of soil and groundwater, which is crucial for organic production (Lindell et al., 2018). Although they are feared, snakes in populated areas (gardens, basements, city outskirts) have the function of maintaining communal hygiene. Garbage and food waste in urban areas attract rats and mice, which are carriers of diseases, but

(баште, подруми, периферије градова) имају функцију одржавања комуналне хигијене. Смеће и остаци хране у урбаним срединама привлаче пацове и мишеве, који су преносиоци болести, али и уништавају електричне инсталације и грађевински материјал. Змије прате свој плен и ефикасно смањују број пацова у близини људских домова. Самим својим присуством и мирисом (хемијским сигнаlima), предатори, међу којима су и змије, могу изазвати стрес код глодара, што смањује њихову стопу репродукције и мења им путање кретања, држећи их даље од кућа (Apfelbach et al., 2005).

У Србији су водени екосистеми под снажним притиском инвазивних врста риба као што су бабушка (*Carassius gibelio*), амерички патуљаста сомић (*Ameiurus nebulosus*) и сунчица (*Lepomis gibbosus*). Врсте змија попут рибарице (*Natrix tessellata*) и белоушке (*Natrix natrix*) директно се хране овим рибама (Šukalo et al., 2014). С обзиром на то да су инвазивне врсте често бројније и мање опрезне од аутохтоних, оне постају лак плен за семиакватичне змије. Конзумирањем јединки инвазивних врста риба, змије индиректно смањују притисак на аутохтоне врсте, омогућавајући им веће шансе за преживљавање и репродукцију. Тиме помажу у очувању изворног биодиверзитета вода.

Исхрана плодовима и расејавање семена биљака. Због тога што су многи меснати плодови важан извор хране за одређене врсте копнених корњача, као и за неке врсте гуштера, очекује се да ови гмизавци учествују у ширењу семена биљака (Valido & Olesen, 2007). Последњих деценија, број студија о улози гмизаваца у опрашивању биљака и разношењу њихових семена се знатно повећао, а исхрана плодовима биљака је уочена код више од 200 врста гмизаваца (Galindo-Urbe & Hoyos-Hoyos, 2007). Ове животиње разносе семена биљака које су еколошки и економски значајне за људско друштво и семена биљака које су извори хране у руралним заједницама. Док је улога гмизаваца у ширењу семена евидентна, значај водоземаца у процесу ширења семена биљака још увек није познат.

Студије су показале да је улога ових врста као узајамних двоструких агенаса (опрашивачи и разносачи семена) потцењена и да је опрашивање и ширење семена гуштерима више него уобичајена појава на острвима (Olesen & Valido, 2003). Неки аутори сугеришу да исхрана репродуктивним органима биљака (цвет и плод) и њихов транспорт од стране гуштера и корњача може утицати на репродукцију различитих врста биљака и вегетациону структуру заједнице (Traveset, 1990; Jerolimski et al., 2009). Ове студије не само да показују еколошки значај гмизаваца, већ и омогућавају испитивање потенцијалне економске улоге коју би ови кичмењаци могли да имају помажући репродукцију и ширење комерцијално значајних врста биљака.

Sagonas и сар. (2018) у свом раду открили су да је 26% испитаних јединки зелембаћа (*Lacerta viridis*) у желуцу имало храну биљног порекла (семење и лишће). Иако се биљни материјал може случајно прогутати током храњења животињским пленом, висок удео одраслих гуштера који су конзумирали биљни материјал током

also destroy electrical installations and building materials. Snakes follow their prey and effectively reduce the number of rats near human homes. By their very presence and smell (chemical signals), predators, including snakes, can cause stress in rodents, which reduces their reproduction rate and changes their movement patterns, keeping them away from homes (Apfelbach et al., 2005).

In Serbia, aquatic ecosystems are under strong pressure from invasive fish species such as the Prussian carp (*Carassius gibelio*), brown bullhead (*Ameiurus nebulosus*) and the pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*). Snake species such as the dice snake (*Natrix tessellata*) and Eurasian grass snake (*Natrix natrix*) directly feed on these fish (Šukalo et al., 2014). Since invasive species are often more numerous and less cautious than autochthonous species, they become easy prey for semi-aquatic snakes. By consuming individuals of invasive fish species, snakes indirectly reduce the pressure on autochthonous species, allowing them a better chance of survival and reproduction. In this way, they help preserve the original biodiversity of the waters.

Fruit feeding and seed dispersal. Due to the fact that many fleshy fruits are an important food source for certain species of terrestrial turtles (tortoises) and some lizard species, it is expected that these reptiles participate in seed dispersal (Valido & Olesen, 2007). In recent decades, the number of studies on the role of reptiles in plant pollination and seed dispersal has increased significantly, and fruit feeding has been observed in more than 200 reptile species (Galindo-Urbe & Hoyos-Hoyos, 2007). These animals disperse seeds of plants that are ecologically and economically important to human society, as well as seeds that are a source of food for rural communities. While the role of reptiles in seed dispersal is well established, the importance of amphibians in seed dispersal is still unknown.

Studies have shown that the role of these species as mutualistic double agents (pollinators and seed dispersers) is underestimated and that pollination and seed dispersal by lizards is more than common on islands (Olesen & Valido, 2003). Some authors suggest that feeding on plant reproductive organs (flowers and fruits) and their transport by lizards and tortoises may influence the reproduction of different plant species and the vegetation structure of the community (Traveset, 1990; Jerolimski et al., 2009). These studies not only demonstrate the ecological importance of reptiles, but also allow us to examine the potential economic role that these vertebrates could have by helping the reproduction and spread of commercially important plant species.

Sagonas et al. (2018) found that 26% of the examined European green lizards (*Lacerta viridis*) had plant-based food (seeds and leaves) in their stomachs. Although plant material can be accidentally ingested during feeding on animal prey, the high proportion of adult lizards that consumed plant material throughout the year, together with the absence of plant material in most juveniles, suggests intentional plant ingestion (Sagonas et al., 2018).

целе године, заједно са одсуством биљног материјала код већине јувенилних јединки, указује на намерно гутање биљака (Sagonas et al., 2018).

Према Luiselli-ју (2006), 66% копнених врста корњача су искључиво хербивори, 33% су омнивори, а само једна врста је претежно карнивор. Неколико студија о исхрани шумске корњаче (*Testudo hermanni*), спроведених у Хрватској, Италији, Француској и Шпанији открило је да ова врста у исхрани користи 134 биљне врсте (46 породица), где су најчешће коришћене биљке из породица Asteraceae и Fabaceae, а нешто мање коришћене врсте из породица Ranunculaceae и Poaceae (Vetter, 2006). У односу на наводе Luiselli-ја и Vetter-а може се закључити да корњаче хранећи се плодовима биљака могу значајно допринети ширењу њихових семена.

Acevedo et al. (2026) истраживали су да ли семе које је прошло кроз дигестивни тракт змија остаје вијабилно и способно за клијање. Њихова испитивања су показала да семе које је прошло кроз дигестивни тракт змија може остати вијабилно, као и да семе посејано са изметом из којег је извучено има већу клијавост (40,07%) него семе посејано без измета (28,95%) и у поређењу са контролним семеном (28,2%). Ови налази указују на то да змијски измет може олакшати клијање и да неке врсте змија имају потенцијал да делују као секундарни агенси за ширење семена биљака.

УСЛУГЕ ПОДРШКЕ

Кружење нутријената. Кружење хранљивих материја представља кретање хемијских елемената унутар биотичких и абиотичких ентитета и између њих. Хранљиве материје се могу екстраховати из минерала и атмосферских извора или рециклирати из њихових органских облика. Ови нутријенти се накнадно реапсорбују и враћају у атмосферу или земљиште (Lavelle et al., 2005). Главна залиха нутријената у земљишту, седиментима и води се обично налази у органским једињењима. Због тога што апсорпција од стране биљака захтева скоро искључиво неорганске облике хранљивих материја, процеси који посредују у биолошкој разградњи органских материја су кључни за доступност нутријената биљкама (Lavelle et al., 2005). Водоземци и гмизавци, на пример, могу повећати доступност хранљивих материја у шуми и другим екосистемима депоновањем „отпада“ (измет, урин и лешеве) и кретањем јединки и популација.

Ланци исхране чине мрежу нутритивних односа који су важни за проток енергије у екосистемима (Govenar, 2012). Ланци исхране одређују начин на који се организми адаптирају и регулишу пренос енергије (Polis, 1994). Водоземци и гмизавци су предатори многих врста бескичмењака и кичмењака. У многим случајевима, ове животиње су генералисти и хране се јајима, пуноглавцима, јувенилним и адултним јединкама (Wells, 2007), као и стрвинама у различитим, најчешће одмаклим, стадијумима распаѓања (DeVault & Krochmal, 2002) и тиме побољшавају проток хранљивих материја у екосистемима кроз пренос енергије у ланцима исхране (Lavelle et al., 2005). Жабе су често критичне за мреже исхране водених

According to Luiselli (2006), 66% of terrestrial tortoise species are exclusively herbivorous, 33% are omnivorous, and only one species is predominantly carnivorous. Several studies on the diet of Hermann's tortoise (*Testudo hermanni*), conducted in Croatia, Italy, France, and Spain, have revealed that this species uses 134 plant species (46 families) in its diet, with the most commonly used plants from the Asteraceae and Fabaceae families, and slightly less commonly used species from the Ranunculaceae and Poaceae families (Vetter, 2006). In relation to the statements of Luiselli and Vetter, it can be concluded that tortoises, by feeding on the fruits of plants, can significantly contribute to the dispersal of their seeds.

Acevedo et al. (2026) investigated whether seeds that have passed through the digestive tract of snakes remained viable and capable of germination. Their studies showed that seeds that have passed through the digestive tract of snakes can remain viable, and that seeds sown with faeces from which they were extracted had a higher germination rate (40.07%) than seeds sown without faeces (28.95%) and compared to control seeds (28.2%). These findings suggest that snake faeces may facilitate germination and that some snake species have the potential to act as secondary agents for the dispersal of plant seeds.

SUPPORTING SERVICES

Nutrient cycling. Nutrient cycling is the movement of chemical elements within and between biotic and abiotic entities. Nutrients can be extracted from minerals and atmospheric sources or recycled from their organic forms. These nutrients are subsequently reabsorbed and returned to the atmosphere or soil (Lavelle et al., 2005). The main supply of nutrients in soil, sediments and water is usually found in organic compounds. Since plant absorption requires almost exclusively inorganic forms of nutrients, processes that mediate the biological degradation of organic matter are crucial for the availability of nutrients to plants (Lavelle et al., 2005). Amphibians and reptiles, for example, can increase the availability of nutrients in forests and other ecosystems by depositing “waste” (faeces, urine, and carcasses) and by the movement of individuals and populations.

Food chains are a network of nutritional relationships that are important for the energy flow within ecosystems (Govenar, 2012). Food chains determine the way organisms adapt and regulate energy transfer (Polis, 1994). Amphibians and reptiles are predators of many invertebrate and vertebrate species. In many cases, these animals are generalists and feed on eggs, tadpoles, juveniles and adults (Wells, 2007), as well as on carcasses in various, often advanced, stages of decomposition (DeVault & Krochmal, 2002), thereby improving the flow of nutrients in ecosystems through the transfer of energy in food chains (Lavelle et al., 2005). Frogs are often critical to the food webs of aquatic and terrestrial ecosystems where they can reach high population densities and biomass, and are important prey for many species, primarily birds and mammals (Schiesari et al., 2009).

и копнених екосистема у којима могу достићи високе густине популација и биомасу, а важан су плен за многе врсте, пре свих птица и сисара (Schiesari et al., 2009).

Ларве жаба (пуноглавци) се често јављају у веома високим густинама популација у неким екосистемима, и највероватније имају значајан ефекат на функције екосистема, укључујући примарну производњу. Познато је да пуноглавци у стајаћим водама значајно утичу на структуру и биомасу заједнице алги и перифитона (Altig et al., 2007). Ефекти на примарну производњу могу варирати у зависности од динамике хранљивих материја у систему, доба године, изложености сунцу, структуре заједнице алги и динамике исхране заједнице биљоједа (Kupferberg, 2003). Истраживања која је спроводила Seale 1980. године, показала су да пуноглавци у рибањацима смањују примарну производњу алги и чини се да стабилизују флукуације у примарној производњи. Ефекти на примарну производњу су варирали сезонски, а највеће смањење примарне производње било је током пролећа и раног лета када је биомаса пуноглаваца највећа. Ова сезонска смањења у примарној производњи нису надокнађена када је биомаса пуноглаваца опала, па се може закључити да су пуноглавци вероватно смањили укупну годишњу примарну производњу (Seale, 1980).

Већина студија је открила опште смањење количине алги, фитопланктона и перифитона као одговор на пуноглавце (Altig et al., 2007). Ово смањење се често сматра последицом директне „испаше“ од стране хербиворних пуноглаваца (Connelly et al., 2011). Са друге стране, постоје докази да пуноглавци могу повећати биомасу примарног произвођача (Osborne & McLachlan, 1985; Kupferberg, 2003). У неким околностима, постоје докази да се релативно нејестиве алге и макрофите шире када се ослободе конкуренције са јестивим врстама (Kupferberg, 2003). Такође, уклањање епифита у комбинацији са минерализацијом азота из екскремената пуноглаваца може побољшати раст макрофита (Osborne & McLachlan, 1985; Kupferberg, 2003).

Пуноглавци, такође, утичу на кружење азота служећи као извор органског азота, барем привремено. У малим окружењима, пуноглавци претварају честице органског азота у растворене органске и неорганске облике, који се таложе на дну, додатно смањујући суспендовани органски азот у води (Seale, 1980).

Поред тога, јаја, ларве, па чак и одрасле јединке значајно доприносе одређеним енергетским путевима, као плен предаторима и лешевима за разлагаче у акватичним екосистемима (Regester et al., 2006). Иако су ови извори енергије мали у поређењу са укупним алохтоним инпутима и примарном производњом добијеном кроз сунчево зрачење (Seale, 1980), они могу обезбедити лако доступне изворе енергије и хранљивих материја за одређене групе потрошача (Regester et al., 2006). Јаја, ларве и лешевима који се распадају дају сезонске изворе енергије и хранљивих материја у акватичним екосистемима. Ово може бити важно јер се алохтона стеља и детритус, као примарни извори хранљивих материја у многим воденим екосистемима, споро разлажу, док распадајуће масе јаја и лешевима

Frog larvae (tadpoles) often occur at very high population densities in some ecosystems, and are likely to have significant effects on ecosystem functions, including primary production. Tadpoles in stagnant waters are known to significantly affect the structure and biomass of the algal and periphyton community (Altig et al., 2007). Effects on primary production may vary depending on the nutrient dynamics in the system, the time of year, solar exposure, algal community structure, and the feeding dynamics of the herbivore community (Kupferberg, 2003). Studies conducted by Seale in 1980 showed that tadpoles in ponds reduced primary algal production and appeared to stabilise fluctuations in primary production. The effects on primary production varied seasonally, with the greatest reduction in primary production occurring during spring and early summer when tadpole biomass was highest. These seasonal reductions in primary production were not compensated when tadpole biomass declined, suggesting that tadpoles probably reduced total annual primary production (Seale, 1980).

Most studies have found a general reduction in the abundance of algae, phytoplankton and periphyton in response to tadpoles (Altig et al., 2007). This reduction is often considered as a consequence of direct “grazing” by herbivorous tadpoles (Connelly et al., 2011). On the other hand, there is evidence that tadpoles can increase primary producer biomass (Osborne & McLachlan, 1985; Kupferberg, 2003). In some circumstances, there is evidence that relatively inedible algae and macrophytes expand when freed from competitiveness with edible species (Kupferberg, 2003). In addition, the removal of epiphytes in combination with the mineralisation of nitrogen from tadpole excrement can enhance macrophyte growth (Osborne & McLachlan, 1985; Kupferberg, 2003).

Tadpoles also affect the nitrogen cycle by serving as a source of organic nitrogen, at least temporarily. In small environments, tadpoles convert organic nitrogen particles into dissolved organic and inorganic forms, which settle to the bottom, further reducing suspended organic nitrogen in the water (Seale, 1980).

In addition, eggs, larvae, and even adults contribute significantly to certain energy pathways, as prey for predators and as carcasses for decomposers in aquatic ecosystems (Regester et al., 2006). Although these energy sources are small compared to total allochthonous inputs and primary production obtained through solar radiation (Seale, 1980), they can provide readily available sources of energy and nutrients for certain consumer groups (Regester et al., 2006). Eggs, larvae, and decomposing carcasses provide seasonal sources of energy and nutrients in aquatic ecosystems. This may be important because allochthonous litter and detritus, as primary sources of nutrients in many aquatic ecosystems, decompose slowly, while decaying egg masses and amphibian carcasses provide high-quality resources for heterotrophs (Regester et al., 2006).

водоземаца обезбеђују висококвалитетне ресурсе за хетеротрофе (Reger et al., 2006).

Као предатори, водоземци могу подржавати екосистемске услуге регулацијом бројности популација бескичмењака, мењањем физичких карактеристика станишта и учешћем у процесу кружења хранљивих материја и протицања енергије у копненим екосистемима. Као што им име каже, многе врсте водоземаца се крећу између акватичних и терестричних екосистема у зависности од фазе животног циклуса. На тај начин водоземци доприносе размени енергије и хранљивих материја између копнених и водених станишта (Wilbur, 1980).

Биотурбација. Осим што утичу на функције екосистема и мењају их (кружење материје и протицање енергије), водоземци имају потенцијал да доприносе другим екосистемским услугама, изменом свог физичког окружења. Иако је ефекат водоземаца знатно мање драматичан од нпр. ефеката активности даброва, водоземци могу значајно да доприносе физичкој модификацији станишта. У воденим екосистемима активност испаше пуноглаваца може да промени физичку структуру водених макрофита и перифитона (Kupferberg, 2003). Осим тога, испаша пуноглаваца може утицати на седиментацију путем биотурбације или гутања и излучивања честица (Wood & Richardson, 2010). Такође, водоземци и гмизавци који се уклапају или користе подземне јазбине других животиња могу мењати густину земљишта и утицати на инфилтрацију воде.

УСЛУГЕ ОД КУЛТУРНОГ ЗНАЧАЈА

Екосистемске услуге од културног значаја представљају стечене нематеријалне користи које људи добијају кроз контакт са околним екосистемима. Ове услуге су одређене људском перцепцијом животне средине. Пошто су људи под јаким утицајем екосистема, промене у екосистемима могу значајно утицати на културни идентитет, друштвену стабилност, религију, друштвене интеракције и рекреативне услуге (рекреативно коришћење и уметничко, духовно и интелектуално испуњење) људског друштва (De Groot et al., 2005). У свету се одређене врсте водоземаца (углавном жабе) користе као амајлије за срећу, јер симболизују плодност и процес цветања. Ово веровање се приписује чињеници да се ове животиње привидно појављују ниоткуда после јаких киша (Márquez et al., 2016).

Фестивал змија у Кокулу (италијански: *Festa dei Serpari*) један је од најнеобичнијих и најстаријих обичаја у Европи, који се сваке године одржава првог четвртка у мају у планинском селу Кокуло у италијанској регији Абруцо. Овај догађај представља јединствен спој хришћанске вере и древних паганских ритуала. Централни део фестивала је изношење дрвеног кипа Светог Доминика из цркве. Пре него што поворка која носи кип крене кроз град, становници кип прекривају десетинама живих, неотровних змија (Harrison, 1907). Детаљно описан пре готово 120 година, овај обичај се практикује и данас, а научници користе прилику да проуче његов утицај на популације и здравље змија из околине Коку-

As predators, amphibians can support ecosystem services by regulating invertebrate populations, modifying the physical characteristics of habitats, and by participating in nutrient cycling and energy flow in terrestrial ecosystems. As their name suggests, many amphibian species move between aquatic and terrestrial ecosystems depending on the stage of their life cycle. In this way, amphibians contribute to the exchange of energy and nutrients between terrestrial and aquatic habitats (Wilbur, 1980).

Bioturbation. In addition to influencing and modifying ecosystem functions (matter cycling and energy flow), amphibians have the potential to contribute to other ecosystem services by modifying their physical environment. Although the effects of amphibians are much less dramatic than, for example, the effects of beaver activity, amphibians can contribute significantly to the physical modification of habitats. In aquatic ecosystems, the grazing activity of tadpoles can change the physical structure of aquatic macrophytes and periphyton (Kupferberg, 2003). In addition, tadpole grazing can affect sedimentation through bioturbation, or the ingestion and excretion of particles (Wood & Richardson, 2010). In addition, amphibians and reptiles that burrow or use the underground burrows of other animals can change soil density and affect water infiltration.

SERVICES OF CULTURAL IMPORTANCE

Ecosystem services of cultural importance are intangible benefits that people derive from interactions with their surrounding ecosystems. These services are determined by human perceptions of the environment. Since humans are strongly influenced by ecosystems, changes in ecosystems can significantly affect cultural identity, social stability, religion, social interactions, and recreational services (recreational use and artistic, spiritual and intellectual fulfilment) of human society (De Groot et al., 2005). Around the world, certain species of amphibians (mainly frogs) are used as good luck charms, as they symbolise fertility and the flowering process. This belief is attributed to the fact that these animals seemingly appear out of nowhere after heavy rains (Márquez et al., 2016).

The Snake Festival of Cocullo (Italian: *Festa dei Serpari*) is one of the most unusual and oldest customs in Europe, held every year on the first Thursday in May in the mountain village of Cocullo in the Abruzzo region of Italy. The event represents a unique blend of Christian faith and ancient pagan rituals. The centrepiece of the festival is the removal of a wooden statue of Saint Dominic from the church. Before a procession carrying the statue sets off through the town, the villagers cover the statue with dozens of live, non-venomous snakes (Harrison, 1907). Described in detail almost 120 years ago, this custom is still practised today, and scientists are using the opportunity to study its impact on the populations and health of snakes in the area around Cocullo and the potential risk of zoonoses (Filippi & Luiselli, 2003; Alves et al., 2025; Miglianti et al., 2026).

ла и потенцијални ризик од зооноза (Filippi & Luiselli, 2003; Alves et al., 2025; Miglianti et al., 2026).

У Србији су, такође, познати случајеви коришћења водоземаца и гмизаваца у ритуалима и као амајлија. У традиционалној култури Србије, водоземци и гмизавци заузимају изузетно важно место у народној магији, лечењу и фолклору. Према истраживањима етнолога Веселина Чајкановића, ове животиње се због свог специфичног начина живота (веза са земљом, скривање у рупама, пресвлачење) сматрају медијаторима између овог и оностраног (подземног) света (Чајкановић, 1973). Према Чајкановићу (1973) у српским селима је постојало строго веровање да свака кућа има своју змију чуваркућу која живи испод прага или огњишта. Она се није смела убити, јер би то, према веровању, доanelо смрт домаћину или затирање целе породице.

Према пројекту из 2017. и 2018. године (Rufford, 2018), чији је циљ био одређивање присутности народних веровања о одређеним групама животиња у савременом друштву, дошло се до сазнања да у Србији још увек постоје таква веровања за жабе и корњаче. Анкетирањем и истраживањима је откривено да се жабе у народним предањима сматрају нечистим животињама и да су блиске змијама. Постоји веровање које води порекло од словенске митологије да се жаба која седам година не види светлост претвара у змаја. У неким деловима Србије се сматра да жабе доносе несрећу, због чега се убијају из страха и празноверја. Према истим истраживањима сазнало се да постоје веровања у народу да корњача води порекло од змије која је летела и гутала људе због чега ју је бог казнио и доделио јој тежак оклоп.

Иако су ова веровања драгоцен део нематеријалне културне баштине Србије и предмет проучавања етнологичке, данас су готово све врсте водоземаца и гмизаваца у Србији строго заштићене и заштићене дивље врсте и штите се одредбама више закона и подзаконских аката. Њихово хватање, убијање или коришћење у било какве сврхе је строго забрањено у циљу њиховог очувања.

ЗАКЉУЧАК

Спроведено истраживање потврђује чињеницу да су водоземци и гмизавци незаменљива карика у функционисању екосистема, пружајући широк спектар екосистемских услуга које директно или индиректно доприносе добробити људског друштва. Један од аспеката које овај рад истиче је директна повезаност херпетофауне са услугама снабдевања, које имају дугу традицију, али и огроман будући потенцијал у Србији. Иако се ове услуге често занемарују у поређењу са регулаторним, оне представљају значајан биодиверзитетски ресурс. Кроз регулаторне услуге, водоземци и гмизавци делују као примарни природни контролори популација инсеката и глодара. У пољопривредним пределима Србије, њихова активност значајно смањује притисак штеточина на усеве, чиме се индиректно врши уштеда у агрономији смањењем потребе за синтетичким пестицидима. Посебно је значајан допринос у контроли преносилаца заразних болести (комараца и крпеља). Са аспекта ус-

In Serbia, there are also known cases of the use of amphibians and reptiles in rituals and as amulets. In the traditional culture of Serbia, amphibians and reptiles occupy an extremely important place in folk magic, healing and folklore. According to the research of ethnologist Veselin Čajkanović, these animals, due to their specific way of life (connection with the earth, hiding in holes, skin shedding), are considered mediators between this and the other (underworld) world (Čajkanović, 1973). According to Čajkanović (1973), in Serbian villages there was a strict belief that every house had its own housekeeper snake that lived under the threshold or hearth. It was not allowed to be killed, because, according to the belief, this would bring death to the owner or the extermination of the entire family.

According to a 2017 and 2018 project (Rufford, 2018), the aim of which was to determine the presence of folk beliefs about certain groups of animals in modern society, it was found that such beliefs about frogs and turtles still existed in Serbia. Surveys and research revealed that frogs are considered unclean animals in folk traditions and are close to snakes. There is a belief originating from Slavic mythology that a frog that does not see the light for seven years turns into a dragon. In some parts of Serbia, frogs are believed to bring misfortune, which is why they are killed out of fear and superstition. According to the same research, it was learned that there are folk beliefs that the turtle originated from a snake that flew and swallowed people, for which God punished it with a heavy shell.

Although these beliefs are a valuable part of Serbia's intangible cultural heritage and the subject of ethnozoological study, today almost all species of amphibians and reptiles in Serbia are strictly protected and protected wild species according to the provisions of several laws and by-laws. Their capture, killing or use for any purpose is strictly prohibited for the sake of their conservation.

CONCLUSION

The conducted research confirms the fact that amphibians and reptiles are an indispensable link in the functioning of ecosystems, providing a wide range of ecosystem services that directly or indirectly contribute to the well-being of human society. One of the aspects that this paper highlights is the direct connection of herpetofauna with provisioning services, which have a long tradition, but also enormous future potential in Serbia. Although these services are often neglected in comparison with regulating services, they represent a significant biodiversity resource. Through regulatory services, amphibians and reptiles act as primary natural controllers of insect and rodent populations. In agricultural areas of Serbia, their activity significantly reduces pest pressure on crops, which indirectly saves money in the agro-economy by reducing the need for synthetic pesticides. The contribution to the control of vectors of infectious diseases (mosquitoes and ticks) is of particular importance. From the aspect of supporting services, the role of amphibians as key figures in the cycling of

луга подржавања, наглашена је улога водоземаца као кључних актера у кружењу материје. Својом миграцијом између водених и терестричних екосистема, они врше транспорт биомасе и нутријената, чиме директно утичу на продуктивност водених станишта. С друге стране, гмизавци, као предатори и плен, чине незаобилазне карике у ланцима исхране, одржавајући генетичку виталност популација којима се хране.

Упркос њиховом значају, херпетофауна у Србији се суочава са озбиљним претњама, првенствено услед губитка и деградације станишта, урбанизације, загађења водотока тешким металима и пестицидима, као и страдања на путевима, као што је на пример документовано у околини Обедске баре. Посебан проблем представља недостатак свести о значају ових животиња, што често резултира намерним убијањем змија из страха или предрасуда, чиме се директно деградирају културне услуге које ови организми пружају. Недовољно познавање основних биолошких и еколошких параметара често отежава адекватну заштиту. Може се закључити да је за дугорочно очување екосистемских услуга неопходно интегрисати заштиту водоземаца и гмизаваца у стратегије управљања природним ресурсима и урбанистичко планирање. Будућа истраживања треба усмерити на прецизније економско вредновање ових услуга како би се пружио додатни аргумент за строжу заштиту врста водоземаца и гмизаваца као и њихових станишта. Ипак, да би било која законска мера могла имати ефекта, неопходно је вршити константну едукацију свих слојева становништва, како би се разумели и ризици по живи свет и корист коју људи од њега имају.

matter is emphasised. Through their migration between aquatic and terrestrial ecosystems, they transport biomass and nutrients, thus directly affecting the productivity of aquatic habitats. On the other hand, reptiles, as both predators and prey, form indispensable links in food chains, maintaining the genetic vitality of the populations they feed on.

Despite the importance, herpetofauna in Serbia faces serious threats, primarily due to habitat loss and degradation, urbanisation, pollution of waterways with heavy metals and pesticides, as well as road deaths, as documented, for example, in the area around Obedska Bara. A particular problem is the lack of awareness of the importance of these animals, which often results in the deliberate killing of snakes out of fear or prejudice, and directly degrades the services of cultural importance that are provided by these organisms. Insufficient knowledge of basic biological and ecological parameters often makes adequate protection difficult. It can be concluded that for the long-term preservation of ecosystem services, it is necessary to integrate the protection of amphibians and reptiles into natural resource management strategies and urban planning. Future research should be directed at a more precise economic valuation of these services in order to provide an additional argument for stricter protection of amphibian and reptile species as well as their habitats. However, for any legal measure to be effective, it is necessary to constantly educate all segments of the population, so that they understand both the risks to wildlife and the benefits that people derive from it.



ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

„Службени гласник РС” бр. 31/05, 45/05 - испр., 22/07, 38/08, 9/10, 69/11 и 95/18 - др. Закон (2018). Уредба о стављању под контролу коришћења и промета дивље флоре и фауне. .

Чажановић, В. (1973). Мит и религија у Срба. *Београд: Српска књижевна*.

Abrol, D.P. (2012): *Pollination Biology: Biodiversity Conservation and Agricultural Production*. Springer: New York, USA.

Acevedo, M., Salywon, A. M., Blackwell, S. A., Hodgson, W. C., Hughes, Z. S., Davis, M. A., & Schuett, G. W. (2026). The potential for seed rescue and secondary dispersal in rattlesnakes. *Royal Society Open Science*, 13. DOI: 10.1098/rsos.251226

Aguirre, A. A., Gardner, S. C., Marsh, J. C., Delgado, S. G., Limpus, C. J., & Nichols, W. J. (2006). Hazards associated with the consumption of sea turtle meat and eggs: a review for health care workers and the general public. *EcoHealth*, 3: 141-153. DOI: 10.1007/s10393-006-0032-x

Ajtić, R. (2009). Nose-horned viper (*Vipera ammodytes*): Conservation problems in Serbia. *Zaštita prirode*, 60(1-2): 319-326.

Altig, R., Whiles, M.R. & Taylor, C.L. (2007): What do tadpoles really eat? Assessing the trophic status of an understudied and imperiled group of consumers in freshwater habitats. *Freshwater Biology*, 52: 386–395. DOI: 10.1111/j.1365-2427.2006.01694.x.

Alves, M.H., Mendoza-Roldan, J.A., Carbonara, M., Montinaro, G., Filippi, E., Otranto, D. (2025): From Angitia to Saint Domenico: Detection of vector-borne pathogens in snakes at the “Festa dei Serpari” in Cocullo, Central Italy. *Acta Tropica*, 271: 107878. DOI: 10.1016/j.actatropica.2025.107878.

Alves, R.N., Léo, N.A.N., Brooks, S.E. & Albuquerque, U.P. (2009): Commercialization of animal-derived remedies as complementary medicine in the semi-arid region of Northeastern Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, 124: 600–608. DOI: 10.1016/j.jep.2009.04.049.

- Anđelković, M., & Bogdanović, N. (2022). Amphibian and reptile road mortality in special nature reserve Obedska Bara, Serbia. *Animals*, 12: 561. <https://doi.org/10.3390/ani12050561>
- AmphibiaWeb (2026). Amphibian Species By the Numbers. <https://amphibiaweb.org/amphibian/speciesnums.html>
- Apfelbach, R., Blanchard, C. D., Blanchard, R. J., Hayes, R. A., & McGregor, I. S. (2005). The effects of predator odors in mammalian prey species: a review of field and laboratory studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 29: 1123–1144. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2005.05.005>
- Barros, A. L., Hamed, A., Marani, M., Moreira, D. C., Eaton, P., Plácido, A., Kato, M.J. & Leite, J. R. S. (2022). The arsenal of bioactive molecules in the skin secretion of urodele amphibians. *Frontiers in Pharmacology*, 12: 810821. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.810821>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2022). *Fighting the world's deadliest animal* (<https://www.cdc.gov/global-health/impact/fighting-the-worlds-deadliest-animal.html>).
- Clarke, B.T. (1996): The natural history of amphibian skin secretions, their normal functioning and potential medical applications. *Biological Reviews*, 72: 365–379. DOI: 10.1017/s0006323197005045
- Connolly, S., Pringle, C.M., Whiles, M.R., Lips, K.R., Kilham, S. & Brenes, R. (2011): Do tadpoles affect leaf decomposition in neotropical streams? *Freshwater Biology*, 56: 1863–1875. DOI: 10.1111/j.1365-2427.2011.02626.x
- Dahmana, H., Granjon, L., Diagne, C., Davoust, B., Fenollar, F., & Mediannikov, O. (2020). Rodents as hosts of pathogens and related zoonotic disease risk. *Pathogens*, 9: 202. DOI: 10.3390/pathogens9030202
- De Groot, R., Ramakrishnan, P.S., van de Berg, A., Kulenthiran, T., Muller, S., Pitt, D., Wascher, D., Wijesuriya, G., Amelung, B. & Eliezer, N. (2005): Cultural and amenity services. In: Hassan, R., Scholes, R. & Ash, N. (ed.). *Ecosystems and human well-being: Current state and trends*, Vol. 1. Findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment (pp. 455–476). Washington (DC): Island Press.
- DeFries, R., Pagiola, S., Adamowicz, W.L., Resit, H.A., Arcenas, A., Babu, S., Balk, D., Confalonieri, U., Cramer, W. & Falconi, F. (2005): Analytical approaches for assessing ecosystem condition and human wellbeing. In: Hassan, R., Scholes, R., Ash, N., (ed.): *Ecosystems and human wellbeing: current state and trends*, Vol. 1. Findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment (pp. 37–67). Washington (DC): Island Press.
- DeVault, T.L. & Krochmal, A.R. (2002): Scavenging by snakes: an examination of the literature. *Herpetologica*, 58: 429–436. [https://doi.org/10.1655/0018-0831\(2002\)058\[0429:SBSAEO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1655/0018-0831(2002)058[0429:SBSAEO]2.0.CO;2)
- Dorđević, M., Krstić, M. & Stajković, N. (2015): Procena potencijalnog i aktuelnog rizika transmisije uzročnika lajmske bolesti na teritoriji Beograda. *Veterinarski glasnik*, 69: 377–388.
- Duellman, W.E. & Trueb, L. (1994): *Biology of Amphibians*. Johns Hopkins University Press: Baltimore, Maryland, USA.
- Esposito, M., De Roma, A., Sansone, D., Capozzo, D., Iaccarino, D., di Nocera, F., & Gallo, P. (2020). Non-essential toxic element (Cd, As, Hg and Pb) levels in muscle, liver and kidney of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) stranded along the southwestern coasts of Tyrrhenian Sea. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 231: 108725. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2020.108725>
- Filippi, E. & Luiselli, L. (2003): Delayed reproduction in snakes subjected to human traditional rituals in Central Italy. *Vie et Milieu*, 53: 111–118.
- Galindo-Urbe, D. & Hoyos-Hoyos, J.M. (2007): Relaciones planta herpetofauna: nuevas perspectivas para La investigación en Colombia. *Universitas Scientiarum*. 12:9–3.
- Govenar, B. (2012): Energy transfer through food webs at hydrothermal vents: linking the lithosphere to the biosphere. *Oceanography*, 25: 246–255. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2012.23>
- Grilo, C., Neves, T., Bates, J., Le Roux, A., Medrano-Vizcaino, P., Quaranta, M., ... & Wang, Y. (2025). Global Roadkill Data: a dataset on terrestrial vertebrate mortality caused by collision with vehicles. *Scientific data*, 12: 505. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-04207-x>
- Haines-Young, R. & Potschin, M. (2010). The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. *Ecosystem Ecology: a new synthesis*, 1: 110–139. DOI: 10.1017/CBO9780511750458.007.
- Harrison, M.C. (1907): Serpent-Procession at Cocullo. *Folklore*, 18: 187–191.
- IUCN Red List of Threatened Species (2026). <https://www.iucnredlist.org>
- Jayatilaka, N. S., Maduwage, K., & Weththasinghe, A. V. (2026). Snake venom gland organoids and biotechnological applications: a comprehensive review for translational medicine. *Toxin Reviews*, 45: 128–145. <https://doi.org/10.1080/15569543.2026.2623493>
- Jeong, J. T., Seo, M., Hong, S. T., & Kim, Y. K. (2015). An outbreak of trichinellosis by consumption of raw soft-shelled turtle meat in Korea. *The Korean Journal of Parasitology*, 53: 219. <https://doi.org/10.3347/kjp.2015.53.2.219>
- Jerozolinski, A., Ribeiro, M.B. & Martins, M. (2009): Are tortoises important seed dispersers in Amazonian forests? *Oecologia*, 161: 517–528. <https://doi.org/10.1007/s00442-009-1396-8>
- Kabay, E., Caruso, N. M., & Lips, K. (2013). Timber rattlesnakes may reduce incidence of Lyme disease in the Northeastern United States. In *Proceedings from the Ecological Society of America Annual Conference, 98th, Minneapolis, Minnesota*.
- Kirchner, R., Kirchnerová, S., Tirpák, F., Halo Jr., M., Slanina, T., Tokárová, K., Kováčik, A., Miškeje, M., Komárňanská, V., Greň, A., Formicki, G. & Massányi, P. (2023). Biogenic elements and heavy metals in

Hermann's tortoises—*Testudo hermanni*: Effect on serum biochemistry and oxidative status parameters. *Animals*, **13**: 2218. <https://doi.org/10.3390/ani13132218>

Krizmanić, I. (2008). Basic morphological characteristics of the *Rana (Pelophylax) synklepton* esculenta complex in relation to legal regulations in Serbia. *Archives of Biological Sciences*, **60**: 629–639. DOI: 10.2298/ABS0804629K

Kupferberg, S.J. (2003): Facilitation of periphyton production by tadpole grazing: functional differences between species. *Freshwater Biology*, **37**: 427–439. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1997.00170.x>

Kurucz, K., Kepner, A. & Krtinic, B. (2016): First molecular identification of *Dirofilariaspp.* (Onchocercidae) in mosquitoes from Serbia. *Parasitology Research*, **115**: 3257. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5126-y>

Lajmanovich, R., Peltzer, P., Attademo, A. & Cejas, W. (2003): Amphibians in Argentinean soybean croplands: implications for biological control. *Froglg*, **59**: 3–4.

Lavelle, P., Dugdale, R., Scholes, R., Asefaw, A.B., Carpenter, E., Codispoti, L., Izac, A.M., Lemoalle, J., Luizao, F. & Scholes, M. (2005): Nutrient cycling. In: Hassan, R., Scholes, R. & Ash, N. (ed.) *Ecosystems and human well-being: current state and trends*, Vol. 1. Findings of the condition and trends working group of the millennium ecosystem assessment (pp. 333–351). Washington (DC): Island Press.

Lindell, C., Eaton, R. A., Howard, P. H., Roels, S. M., & Shave, M. E. (2018). Enhancing agricultural landscapes to increase crop pest reduction by vertebrates. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **257**: 1–11.

Ljubisavljević, K., Džukić, G., & Kalezić, M. L. (2011). The commercial export of the land tortoises (*Testudo spp.*) from the territory of the former Yugoslavia: a historical review and the impact of overharvesting on wild populations. *North-Western Journal of Zoology*, **7**.

Lorin, C., Saidi, H., Belaid, A., Zairi, A., Baleux, F., Hocini, H., Bêlec, L., Hani, K. & Tangy, F. (2005): The antimicrobial peptide dermaseptin S4 inhibits HIV-1 infectivity in vitro. *Virology*, **334**: 264–275. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2005.02.002>

Mackessy, S.P. (2010): *Handbook of venoms and toxins of reptiles*. Boca Raton (FL): CRC Press.

Márquez, R., Beltrán, J. F., Llusia, D., Penna, M., & Narins, P. M. (2016). Synthetic rainfall vibrations evoke toad emergence. *Current Biology*, **26**: R1270–R1271. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.11.005>

Martín-López, B., Gómez-Baggethun, E., González, J.A., Lomas, P. & Montes, C. (2009): The assessment of ecosystem services provided by biodiversity: rethinking concepts and research needs. In: Aronoff, J.B. (ed.): *Handbook of nature conservation: global, environmental and economic issues* (pp. 1–22). Hauppauge (NY): Nova Science Publishers.

Miglianti, M., Mendoza-Roldan, J.A., Danesi, P., Sgubin, S., Di Nicola, M.R., Montinaro, G., Filippi, E., Samarelli, R., Palazzo, N., Hobi, S., Cafarchia, C., & Otranto, D. (2026): Sacred snakes: Fungal screening of the snakes collected for

the Festa dei Serpari in Cocullo, Italy. *Medical Mycology* **64**: myaf121. <https://doi.org/10.1093/mmy/myaf121>.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005): *Ecosystems and human well-being: current state and trends*. Washington (DC): Island Press.

Mittermeier, R.A., Carr, J.L., Swingland, I.R., Werner, T.B. & Mast, R.B. (1992): Conservation of amphibians and reptiles. In: Adler, K., (ed.): *Herpetology: current research on the biology of amphibians and reptiles* (pp. 59–80). Oxford (OH): Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

Mullin, S. J., & Seigel, R. A. (Eds.). (2009). *Snakes: ecology and conservation*. Cornell University Press.

Nelson, E.J. & Daily, G.C. (2010): Modelling ecosystem services in terrestrial systems. *Biology Reports*, **2**: 1–6. <https://doi.org/10.3410/B2-53>

Nikolić, M., Crnobrnja-Isailović, J. (2017): Uticaj lokalnog folklor i kulturnog nasleđa na odnos čoveka prema šumskoj kornjači (*Testudo hermanni*) u Srbiji. Biološko društvo „Dr Sava Petrović”, Niš.

Nikolić, S., Golubović, A., Bonnet, X., Arsovski, D., Ballouard, J., Ajtić, R., Sterijovski, B., Ivković, V., Vujovž, A. & Tomović, L. (2018). Why an apparently prosperous subspecies needs strict protection: The case of *Testudo hermanni boettgeri* from the central Balkans. *Herpetological Conservation & Biology*, **13**: 673–690.

Okamoto, K. W., & Amarasekare, P. (2012). The biological control of disease vectors. *Journal of Theoretical Biology*, **309**: 47–57. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2012.05.020>

Olesen, J.M. & Valido, A. (2003): Lizards as pollinators and seed dispersers: an island phenomenon. *Trends in ecology & evolution*, **18**: 177–181. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00004-1](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00004-1)

Osborne, P.L. & McLachlan, A.J. (1985): The effect of tadpoles on algal growth in temporary, rain-filled rock pools. *Freshwater Biology*, **15**: 77–87. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1985.tb00697.x>

Ostfeld, R.S., & Holt, R. D. (2004). Are predators good for your health? Evaluating evidence for top-down regulation of zoonotic disease reservoirs. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **2**: 13–20. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0013:APGFYH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0013:APGFYH]2.0.CO;2)

Polis, G.A. (1994): Food webs, trophic cascades and community structure. *Australian Journal of Ecology*, **19**: 121–136. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1994.tb00475.x>

Pough, F.H., Andrews, R.M., Cadle, J.E., Crump, M.L., Savitzky, A.H. & Wells, K.D. (2004): *Herpetology*. Upper Saddle River (NJ): Pearson Prentice Hall.

Pradhan, S., Mishra, D. & Sahu, K.R. (2014). Herpetofauna used as traditional medicine by tribes of Gandhamardan Hills Range of Western Orissa, India. *International Journal of Research in Zoology*, **4**: 32–35.

Puschhof, J., Post, Y., Beumer, J., Kerckamp, H.M., Bittenbinder, M., Vonk, F.J., Casewell, N.R., Richardson, M.K. & Clevers, H. (2021). Derivation of snake venom gland organoids for in vitro venom production. *Nature Protocols*, **16**: 1494–1510. <https://doi.org/10.1038/s41596-020-00463-4>

- Regeher, K.J., Lips, K.R. & Whiles, M.R. (2006): Energy flow and subsidies associated with the complex life cycle of ambystomatid salamanders in ponds and adjacent forest in southern Illinois. *Oecologia*, **147**: 303–314. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0266-2>
- Rubbo, M., Lanterman, J., Falco, R. & Daniels, T. (2011): The influence of amphibians on mosquitoes in seasonal pools: can wetlands protection help to minimize disease risk? *Wetlands*, **31**: 799–804. <https://doi.org/10.1007/s13157-011-0198-z>
- Rufford (2018). Fighting Negative Impacts of Tradition on Biodiversity by Education I. <https://www.rufford.org/projects/marko-nikoli%C4%87/fighting-negative-impacts-of-tradition-on-biodiversity-by-education/>
- Sagonas, K., Valakos, E., Lymberakis, P., & Pafilis, P. (2018): Traits of reproduction and feeding of the European Green Lizard, *Lacerta viridis* (Laurenti, 1768), at the southern edge of its distribution. *Herpetozoa*, **30**: 115–129.
- Schiesari, L., Werner, E.E. & Kling, G.W. (2009): Carnivory and resource-based niche differentiation in anuran larvae: implications for food web and experimental ecology. *Freshwater Biology*, **54**: 572–586. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02134.x>
- Schwartz, P.H. & Klassen, W. (1980): Pests. *Antioch Review*, **38**: 493–515.
- Seale, D.B. (1980): Influence of amphibian larvae on primary production, nutrient flux, and competition in a pond ecosystem. *Ecology*, **61**: 1531–1550. <https://doi.org/10.2307/1939059>
- Šimić, S. & Popović, E. (1994): Analiza ishrane tri vrste roda *Rana* L. (Amphibia: Anura) u Vojvodini. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, **87**: 29–34.
- Speybroeck, J., Beukema, W., Bok, B., & Van Der Voort, J. (2016). Field guide to the amphibians and reptiles of Britain and Europe. Bloomsbury Publishing.
- Stebbins, R.C. & Cohen, N.W. (1997): A Natural History of Amphibians. Princeton University Press: Princeton, New Jersey, USA.
- Šukalo, G., Đorđević, S., Gvozdenović, S., Simović, A., Anđelković, M., Blagojević, V., & Tomović, L. (2014). Intra- and inter-population variability of food preferences of two *Natrix* species on the Balkan Peninsula. *Herpetological Conservation and Biology*, **9**: 123–136.
- The Reptile Database (2026). Species numbers. <http://www.reptile-database.org/db-info/SpeciesStat.html>
- Thorbjarnarson, J.B., Lagoeux, C., Bolza, D., Klemens, M. & Meylan, A. (2000): Human use of turtle: a worldwide perspective. In: Klemens, M.W. (ed.): Turtle conservation (pp. 33–84). Washington (DC): Smithsonian Institution Press.
- Traveset, A. (1990): *Ctenosaura similis* Gray (Iguanidae) as a seed disperser in a central American deciduous forest. *American Midland Naturalist*, **123**: 402–404. <https://doi.org/10.2307/2426569>
- Tyler, M.J., Wassersug, R. & Smith, B. (2007): How frogs and humans interact: influences beyond habitat destruction, epidemics and global warming. *Applied Herpetology*, **4**: 1–18. <https://doi.org/10.1163/157075407779766741>
- Urošević, A., Crnobrnja-Isailović, J., Ljubisavljević, K., Vukov, T., Anđelković, M., i Ivanovic, A., Golubović, A., Vučić, T. & Tomović, Lj. (2022). An updated checklist of the Serbian batracho- and herpetofauna. *Bulletin of the Natural History Museum*, **15**: 149–169. <https://doi.org/10.5937/bnhmb2215149U>
- Valido, A. & Olesen, J.M. (2007): The importance of lizards as frugivores and seed dispersers. In: Dennis AJ, Schupp EW, Green RA, Westcott DA (eds.), Seed dispersal: theory and its application in a changing world (pp. 124–147). Wallingford: CABI.
- VanCompernelle, S.E., Taylor, R.J., Oswald-Richter, K., Jiang, J., Youree, B.E., Bowie, J.H., Tyler, M.J., Conlon, J.M., Wade, D. & Aiken, C. (2005): Antimicrobial peptides from amphibian skin potentially inhibit human immunodeficiency virus infection and transfer of virus from dendritic cells to T cells. *Journal of Virology*, **79**: 11598–11606. <https://doi.org/10.1128/JVI.79.18.11598-11606.2005>
- Ventura, R. J., Ching, P. K., de los Reyes, V. C., Sucaldito, M. N., & Tayag, E. (2015). Chelonitoxism outbreak caused from consuming turtle, Eastern Samar, Philippines, August 2013. *Western Pacific Surveillance and Response Journal: WPSAR*, **6**: 12. <https://doi.org/10.5365/WPSAR.2015.6.1.003>
- Vetter, H. (2006): Chelonian Library 2. Hermann's Tortoise. *Testudo hermanni*, T. boettgeri and T. hercegovinensis. Frankfurt: Edition Chimaira.
- Wan, N. F., Fu, L., Dainese, M., Kiær, L. P., Hu, Y. Q., Xin, F., Goulson, D., Woodcock, B.A., Vanbergen, A.J., Spurgeon, D.J., Shen, S. & Scherber, C. (2025). Pesticides have negative effects on non-target organisms. *Nature Communications*, **16**: 1360. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-56732-x>
- Wells, K.D. (2007): The ecology & behavior of amphibians. Chicago (IL): University of Chicago.
- Whelan, C.J., Wenny, D.G. & Marquis, R.J. (2008): Ecosystem services provided by birds. *Annals of the New York academy of sciences*, **1134**: 25–60. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.003>
- WHO (2012). Global plan for insecticide resistance management. Geneva: World Health Organization.
- Wilbur, H.M. (1980): Complex life cycles. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **11**: 67–93. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.11.110180.000435>
- Wood, S. & Richardson, J. (2010): Evidence for ecosystem engineering in a lentic habitat by tadpoles of the Western Toad. *Aquatic Sciences – Research Across Boundaries*, **72**: 499–508. <https://doi.org/10.1007/s00027-010-0151-x>
- Zhao, T., Yu, M., Zhang, L., Liu, W., Huang, Q., Huang, L., Zhang, Y. & Nan, H. (2024). Unveiling the molecular mechanisms of bioactive peptides from *Mauremys mutica* turtle shell glue in the treatment of liver cancer through network pharmacology integrated with experimental validation. *Journal of Agriculture and Food Research*, **15**: 100949. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100949>