

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Biologie, rizika ohrožení a ochrana ryb rodu hrouzek
*Gobio***

Bakalářská práce

Jacob Tetzeli

Ochrana krajiny a využívání přírodních zdrojů

prof. Mgr. Ondřej Slavík, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jacob Tetzeli

Ochrana krajiny a využívání přírodních zdrojů

Název práce

Biologie, rizika ohrožení a ochrana ryb rodu hrouzek *Gobio*

Název anglicky

Biology, risk assessment, and conservation of species in genus *Gobio*

Cíle práce

Hrouzci jsou malé, bentické a hejnové druhy ryb, rozmnožující se nad písčným substrátem dna. Hrouzci se vyskytují se v řadě typů říčního prostředí a jejich biologie je relativně dobře popsána. Avšak do současnosti chybí ucelené informace o jejich pohybové aktivitě, migracích a sociálním chování. Některé druhy hrouzků jsou uváděny jako ohrožené nebo kriticky ohrožené. Avšak kromě obecných popisů degradace vodního prostředí nejsou známy konkrétní příčiny úbytku hrouzků v určitých typech prostředí. Cílem bakalářské práce je rešerše publikovaných údajů o biologii hrouzků, jejichž sumarizace by mohla zpřesnit příčiny jejich úbytku a možnosti ochrany.

Metodika

Práce je rešeršní

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

rod Gobio, behaviorální ekologie, věk, preference prostředí, reprodukce, migrace

Doporučené zdroje informací

- Baruš V., Oliva O. (eds.), 1995 [Lampreys and fishes. Fauna of the Czech Republic and Slovakia]. Vol. 28/2. Academia Praha [in Czech].
- Bless R., 1997 Threatened fishes of the world: Gobio uranoscopus (Agassiz, 1828) (Cyprinidae). Environ Biol Fish 49:20.
- Cereghino et al. 2005. Co-occurrence Patterns of Some Small-bodied Freshwater Fishes in Southwestern France: Implications for Fish Conservation and Environmental Management. AMBIO: A Journal of the Human Environment, 34(6) : 440-444.
- Kestemont P., and A Awaiss. 1989. Larval Rearing of the Gudgeon, Gobio gobio L., under Optimal Conditions of Feeding with the Rotifer, Brachionus plicatilis O.F. Miiller. Aquaculture 83, 305-318.
- Koščo J., Lusk S., Halačka K., Lusková V., Košuth P., 2005 Distribution of species of the genus Gobio in the Tisza River drainage area, Slovakia. Folia Zool (Suppl. 1):65-72.
- Lusk S., Halačka K., Lusková V., Horák V., 2005 Distribution of Gobio species in the Czech Republic. Folia Zool 54(Suppl. 1):65-64.
- Nowak et al. 2008b. MORPHOLOGY OF THE COMMON GUDGEON, GOBIO GOBIO (L.) SENSU LATO, FROM THE VISTULA RIVER DRAINAGE IN THE CONTEXT OF RECENT LITERATURE DATA (TELEOSTEI: CYPRINIDAE). Archives of Polish Fisheries 16, 37-48.
- Nowak M., Koščo J., Popek W., 2008a. Review of the current status of systematics of gudgeons (Gobioninae, Cyprinidae) in Europe. AACL Bioflux 1:27-38.
- Santoul, F., Soulard, A., Figuerola, J., Cereghino, R. and Mastrorillo, S. 2004. Environmental factors influencing local fish species richness and differences between hydroregions in south-western France. Int. Rev. Hydrobiol. 89, 79–87.
- Weigleb et al. 2022. Flow, force, behaviour: assessment of a prototype hydraulic barrier for invasive fish. Hydrobiologia 849:1001–1019
-

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FAPPZ

Vedoucí práce

prof. Mgr. Ondřej Slavík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zoologie a rybářství

Elektronicky schváleno dne 12. 4. 2022

prof. Ing. Iva Langrová, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 11. 2022

prof. Ing. Josef Soukup, CSc.

Děkan

V Praze dne 19. 04. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Biologie, rizika ohrožení a ochrana ryb rodu hrouzek *Gobio*" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.04.2023

Poděkování

Rád(a) bych touto cestou poděkoval prof. Mgr. Ondřeji Slavíkovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultace, které mi během zpracování mé diplomové práce poskytl.

Biologie, rizika ohrožení a ochrana ryb rodu hrouzek *Gobio*

Souhrn

Bakalářská práce rešeršního charakteru je zaměřena na shrnutí a vyhodnocení poznatků o biologii, ekologických nárocích, změnách rozšíření a ochraně evropských druhů rodu hrouzek (*Gobio sensu lato*, tj. včetně druhů nedávno zařazených do rodu *Romanogobio*). Hlavní důraz je kladen na nejrozšířenější, euryvalentní a nejvíce prozkoumaný druh *Gobio gobio* a dále na *G. (Romanogobio) albipinnatus*, *G. (Romanogobio) kesslerii* a *G. uranoscopus*, mající status evropsky významných druhů. Spolehlivost údajů o rozšíření těchto druhů je významně ovlivněna značnou morfologickou podobností, nevyjasněným taxonomickým statusem některých poddruhů a forem a existencí mezidruhových hybridů. Přes několik výjimek celkové rozšíření a populační četnost populací hrouzků v posledních desetiletích spíše klesá.

Publikované údaje o preferenci prostředí poukazují na významný vliv rychlosti proudění (reofilnost druhů klesá v řadě *G. uranoscopus* > *G. (Romanogobio) kesslerii* > *G. (Romanogobio) albipinnatus* > *G. gobio*). Dále stav populací ovlivňuje fragmentace biotopů a přítomnost fyzických (zpravidla antropogenních) migračních bariér a z toho plynoucí zhoršená dostupnost potravy a trdlišť a negativní vlivy inbreedingu popř. mezidruhového křížení. Z vlastností kvality vody má výrazný vliv na rozšíření a početnost teplota (přímým vlivem na gametogenesi, vývoj oplozených vajíček i nejmladších vývojových stádií, počet snůšek a celkový počet vajíček) a chemismus (znečištění těžkými kovy a dalšími perzistentními polutanty, steroidními hormony s přímým vlivem na reprodukční funkce apod.)

Z výše uvedeného vyplývá doporučení podrobněji studovat vývoj rozšíření, početnosti a stavu populací jednotlivých druhů. Navrhovanými ochrannými opatřeními jsou zejména odstranění či kompenzace migračních bariér, zachování maximální pestrosti biotopů,

ochrana čistoty vod a zabránění nežádoucím introdukcím cizích populací téhož nebo jiného, blízce příbuzného druhu.

Klíčová slova: rod *Gobio*, behaviorální ekologie, věk, preference prostředí, reprodukce, migrace

Biology, risk assessment, and conservation of species in genus *Gobio*

Summary

The bachelor's thesis is focused on literature search, summary and evaluation of knowledge about the biology, ecological requirements, distribution changes and conservation of European gudgeon species of the genus *Gobio* sensu lato (*Gobio* sensu lato, i.e. including species that have been recently transferred to the genus *Romanogobio*). The main focus is on the most widespread, euryvalent and most studied species *Gobio gobio*, as well as on *G. (Romanogobio) albipinnatus*, *G. (Romanogobio) kesslerii* and *G. uranoscopus*, which have the status of species of European importance. The reliability of the distribution data for these species is significantly affected by their considerable morphological similarity, the unresolved taxonomic status of some subspecies and forms and the existence of interspecific hybrids. Over the last decades, the overall distribution and population abundance of gudgeons seems to rather decrease, though there are some exceptions.

Published data on habitat preference show a significant effect of water flow velocity (species rheophily decreases in the *G. uranoscopus* > *G. (Romanogobio) kesslerii* > *G. (Romanogobio) albipinnatus* > *G. gobio* series). Furthermore, the status of populations is affected by habitat fragmentation and the presence of physical (antropogenic) migration barriers and the resulting limited availability of food and spawning sites that might lead to the negative effects of inbreeding or interspecific hybridisation. In addition, the distribution and abundance of populations are significantly affected by water temperature (through direct effects on gametogenesis, development of fertilised eggs and the youngest developmental stages, number of egg batches and overall fecundity) and chemistry (pollution by heavy metals and other persistent chemicals, steroid hormones that have adverse effects on reproduction, etc.).

Based on the above mentioned, it is recommended to study the distribution, abundance and population status of individual species in more detail. The proposed conservation measures are, in particular, the removal of migration barriers, the maintenance of maximum habitat diversity, the protection of water quality and the prevention of unwanted introductions of alien populations of the same or other closely related species.

Keywords: genus *Gobio*, behavioral ecology, age, environmental preferences, reproduction, migration

Obsah

1.	ÚVOD	12
2.	CÍL PRÁCE	14
3.	LITERÁRNÍ REŠERŠE	15
3.1	ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA RODU GOBIO	15
3.1.1	<i>Taxonomie</i>	15
3.1.2	<i>Morfologie</i>	16
3.1.3	<i>Molekulární markery</i>	17
3.1.4	<i>Habitat</i>	17
3.1.5	<i>Potravní preference, role v ekosystému, biomanipulace</i>	18
3.2	ZÁKLADNÍ ŽIVOTNÍ CYKLUS	19
3.3	PŘIROZENÉ ROZŠÍŘENÍ, VÝSKYT V EVROPĚ VČETNĚ ČR, NEJDŮLEŽITĚJŠÍ PŘÍPADY INTRODUKCE	21
3.4	PRÁVNÍ STATUS OCHRANY.....	25
3.5	Hlavní biotické a abiotické faktory ovlivňující výskyt ryb.....	25
3.6	STUDIE INTERAKCÍ RODU GOBIO S PROSTŘEDÍM	27
3.6.1	<i>Vliv znečištění</i>	27
3.6.2	<i>Vliv fragmentace, izolace a narušení dynamiky biotopů</i>	29
3.6.3	<i>Parazité</i>	30
3.7	DOPORUČENÍ PRO OCHRANU.....	31
4	ZÁVĚR.....	33
5	LITERATURA	38
6	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	46
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	46
	SEZNAM TABULEK.....	46

1. Úvod

Hrouzek (*Gobio*) je eurasijský rod drobných a nenápadných kaprovitých ryb žijících v hejnech a vázaných na dno vodních toků s převážně písčitém substrátem. Identifikace některých druhů je pouze na základě morfologických znaků značně obtížná, taxonomie celé skupiny je dodnes předmětem mnoha diskusí (přeřazení některých druhů z rodu *Gobio* do *Romanogobio*, geografické a ekologické formy uznávané některými autory za validní druhy), častý je výskyt více druhů na společné lokalitě a vznik mezidruhových kříženců.

Hrouzci se v průběhu historie vždy vyskytovali v našich vodách a dodnes slouží jako významný bioindikátor čistoty. Přestože nemají hospodářský význam jako lovné ryby, jsou – vzhledem ke svému rozšíření ve většině tekoucích vod, důležitou součástí ekosystémů. Při dně řek a potoků se podílejí na recyklaci organických látek a na udržování kvality vody, v roli konzumentů/predátorů ovlivňují početnost populace drobných bezobratlých živočichů a v důsledku toho i producentů (rostlin, řas a sinic), kteří tvoří potravu těchto bezobratlých, čehož může být využito v rámci řízených biomanipulací. Sami hrouzci představují důležitý potravní zdroj pro větší dravé ryby a rybožravé ptáky, kteří se na řekách živí. Z těchto důvodů jsou relativně častým předmětem ekologických studií.

Některé druhy hrouzků se řadí mezi ohrožené či kriticky ohrožené. Tři druhy pak byly na základě směrnice EU o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin prohlášeny za evropsky významné. Změny (zpravidla úbytek) populací hrouzků v určitých typech prostředí jsou sice dobře popsány a sledovány, ale často chybí konkrétní identifikace příčin. Cílem bakalářské práce proto je rešerše publikovaných údajů o biologii hrouzků, jejichž sumarizace by mohla zpřesnit příčiny jejich úbytku a možnosti ochrany.

Nedávné přeřazení některých i v ČR se vyskytujících druhů z rodu „*Gobio*“ (s.l.) do nově vyčleněného rodu *Romanogobio*, způsobilo, že i v dokumentech oficiálních českých a evropských organizací ochrany přírody se tytéž druhy vyskytují pod dvěma názvy a na

základě nového systematického zařazení by do rešerše týkající se rodu *Gobio* s. nenáležely. Protože je však systematické členění podčeledi Gobioninae dosud předmětem diskusí a tato práce se nezabývá taxonomií ale biologií, budou do ní zahrnuty údaje pro rod *Gobio* v širším smyslu (v češtině mají všechny rodové označení „hrouzek“), tj. včetně druhů v současnosti řazených do rodu *Romanogobio*, zejména pokud se vyskytují na území ČR nebo okolních států. Hlavním důvodem je přitom fakt, že nároky na prostředí, migrační aktivita a rozšíření sledovaných druhů nepodléhá změnám na základě měnících se názorů na taxonomii. Řada aspektů biologie je ovšem, vzhledem k jeho euryvalenci a širokému areálu rozšíření, nejlépe prozkoumána u druhu *G. gobio*, který v řadě studií vystupuje coby takřka modelový druh drobných bentických ryb.

2. Cíl práce

Práce má rešeršní charakter a cílem je podat přehled publikovaných údajů o biologii, reprodukční strategii, ekologických nárocích a rozšíření rodu *Gobio* s.l. s důrazem na možné příčiny úbytku jeho populací a případná opatření na jeho ochranu.

3. Literární rešerše

Přehled současných poznatků k tématu je zpracován v následujících podkapitolách. Tento přehled je založen na souboru odborných zdrojů, které jsou uvedeny v závěru této bakalářské práce. Celkem bylo využito 60 odborných článků a 2 monografie včetně literatury doporučené školitelem a odkazů v ní citovaných. V jednom případě byly také čerpány nepublikované informace z veřejně dostupné obhájené diplomové práce. Získané informace byly analyticky zpracovány a vyvozeny závěry a návrhy dalšího výzkumu a ochranných opatření.

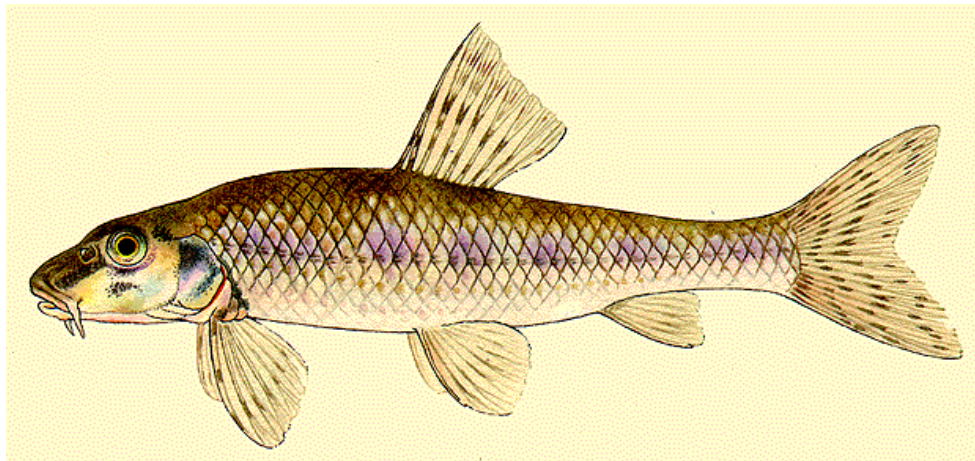
3.1 Základní charakteristika rodu *Gobio*

3.1.1 Taxonomie

Rod *Gobio* tvoří spolu s dalšími rody (v současnosti je jich uznáváno cca 30) – monofyletickou podčeleď Gobioninae (Tang et al. 2011) v rámci čeledi kaprovitých (Cyprinidae), řádu máloostných (Cypriniformes). Poté, co byl v 60. letech původní podrod *Romanogobio* povýšen na úroveň samostatného rodu, čítá rod *Gobio* s. str., jehož monofylie byla rovněž potvrzena (Mendel et al. 2008b) okolo 50 druhů a rod *Romanogobio* cca 18 druhů, přičemž příslušnost jednotlivých druhů k oběma rodům je dodnes předmětem diskusí (Nowak et al. 2008b). Stejně tak je nevyjasněný i taxonomický status (druhový či poddruhový) různých ekologických a geografických forem, jež mnohé oficiálně uznané druhy vzhledem k velkým areálům rozšíření vytváří. Např. u druhu *Gobio gobio* bylo některými autory rozeznáváno až 17 poddruhů, většina z nich však není v současnosti považována za validní (Lusk & Šlechta 2005; Nowak et al. 2008b). Nowak et al. (2008a) doporučují tyto sporné populace označovat jako *G. gobio* sensu lato či druhový komplex *G. gobio*. Naopak některé z dřívějších poddruhů *G. gobio* jsou dnes některými autory uznány za validní druhy, např. *G. carpathicus* či *G. obtusirostris* (Nowak et al. 2008b).

3.1.2 Morfologie

Rod *Gobio* je menších rozměrů – dospělci zpravidla dosahují délky do 10 cm, výjimečně u některých druhů až 20 cm. Společným znakem všech druhů je vřetenovité tělo s protaženou ocasní částí, spodní vysunovatelná ústa se dvěma vousky v koutcích. Relativně velké oči jsou posunuté k temeni hlavy. Samci mají v době tření jemnou vyrážku. Jejich párové ploutve jsou delší a spíše trojúhelníkovitého tvaru ve srovnání se samicemi. (Baruš & Oliva 1995). Hlavními morfometrickými znaky pro rozlišení jednotlivých druhů jsou délkové poměry jednotlivých částí těla a počet a distribuce šupin (Kottelat & Freyhof 2007). K měřeným a porovnávaným hodnotám tak patří např. vzdálenost mezi análním otvorem a břišní ploutví, délka vousků, délka prsní, břišní a řitní ploutve, vzdálenost očí, délka hlavy, postorbitální vzdálenost, počet šupin v postranní čáře a nad a pod postranní čarou apod. Rozlišení jednotlivých druhů jen na základě morfometrických znaků je často obtížné (Nowak et al. 2011; Takács 2012).



Obrázek 1 - Hrouzek obecný (*Gobio gobio*)

Zdroj: Hrouzek obecný, *Moravský rybářský svaz [online]. 2023 [cit. 2023-02-23]. Dostupné z: <http://sportovnirybaritelc.cz/ryby/rybky/picture/6.gif>*

Identifikaci jednotlivých druhů komplikuje vedle jejich značné vzhledové podobnosti i jejich častý společný výskyt a vytváření mezidruhových či vlastně i mezirodových kříženců, např. *G. gobio* s *G. (Romanogobio) albipinnatus* nebo s *G. (Romanogobio) kessleri* (Lusk et al. 2005) nebo *G. gobio* s *G. obtusirostris* (Zangl et al. 2019).

3.1.3 Molekulární markery

Vzhledem k velké morfologické variabilitě zejména druhu/druhového komplexu *Gobio gobio* vznikla potřeba nalezení spolehlivých genetických markerů pro identifikaci druhů, charakterizaci jednotlivých populací, pro účely studia fylogenetických a fylogeografických vztahů a určení případného druhového či poddruhového statusu některých forem. Callejas et al. (2004) a Mendel et al. (2005) vyvinuli sadu RAPD markerů pro druhy *G. gobio*, *G. uranoscopus* a *G. (Romanogobio) kesslerii*. Studium vnitrodruhové diverzity *G. gobio* je možné i za pomoci allozymů (Šlechtová et al. 2005). Madeira et al. (2005) použili sekvencí cytochromu b k objasnění fylogenetických vztahů mezi uměle introdukovanými a (pravděpodobně) původními populacemi *G. gobio* na Iberijském poloostrově. Prozatím nejvíce sekvencí mitochondriálního i jaderného genomu zástupců většiny evropských druhů získali v rámci velké fylogenetické studie Mendel et al. (2008b).

3.1.4 Habitat

Všechny druhy rodu *Gobio (Romanogobio)* jsou bentické a preferují písčité dno, respektive písčité podklad s dostatkem úkrytů (Prenda et al. 1997; Cereghino et al. 2005), ale v konkrétnějších nárocích se liší. K silně reofilním druhům žijícím v mělčích potocích (hloubka 10 až 40 cm) s výskytem šterku náleží *G. obtusirostris* a *G. (Romanogobio) skywalkeri* (Friedrich et al. 2019). Ze středoevropských je *G. uranoscopus* nejvíce reofilní, vyskytuje se v kamenitějších podhorských úsecích s rychlostí proudění 70-115 cm/sec. *G. (Romanogobio) kesslerii* preferuje nížinné úseky s rychlostí proudu 45 - 65 cm/sec. *G. (Romanogobio) albipinnatus* snáší ještě pomalejší proudění, cca 28-46 cm/sec a jemný písek s příměsí bahna, nikdy však výhradně jílovité nebo bahnitě dno (Běňaduc et al. 2019).

Druh či druhový komplex (v. část 3.1.1) *G. gobio* je nejméně reofilní a také nejlépe snáší znečištění a nízký obsah kyslíku (Lusk et al. 2005; Bănăduc et al. 2019). Vyskytuje se téměř ve všech proudících úsecích řek s výjimkou studených horských potoků, i v čistých vodách stojatých, např. velká jezera na Balkáně obývá poddruh *G.g. ohridanus*, některými autory považovaný za samostatný druh (Šanda et al. 2005; Nowak et al. 2008a).

3.1.5 Potravní preference, role v ekosystému, biomanipulace

Hlavní složkou potravy hrouzků jsou menší u dna žijící bezobratlí, zejména larvy vážek a jepic (Odonata, Ephemeroptera), chrostíci (Trichoptera), pakomáři (Chironomidae), popřípadě drobní korýši (Gammaridae, Cladocera) (Worischka et al. 2015; Saç & Ozulug 2020). Gobiinae tak spolu s dalšími skupinami drobných bentických ryb plní úlohu terciárních konzumentů (kdy primárními konzumenty jsou býložraví bezobratlí a sekundárními dravý nebo omnivorní hmyz) (Winkelmann et al. 2013). Sami hrouzci jsou potravou rybožravých ptáků, např. u ledňáčka říčního (*Alcedo atthis*) prakticky dominují (Čech & Čech 2011).

Winkelmann et al. (2013) popisují možnosti využití výsadků či naopak odchytu drobných bentických ryb včetně hrouzka obecného (*G. gobio*) coby terciárních konzumentů (predátorů) v rámci biomanipulace s cílem omezit zarůstání vodních toků. Řízené zvyšování či snižování velikosti/denzity rybí populace umožnilo ovlivnit populace herbivorních bezobratlých a tím i celkovou biomasu periphytonu

3.2 Základní životní cyklus

Nejpodrobněji je prostudováno rozmnožování a životní cyklus druhu *G. gobio*. Larvy o délce necelých 5 mm a hmotnosti okolo 0,5 mg (Kestemont & Awais 1989) se líhnou ve středoevropských podmínkách v květnu až červnu (Baruš & Oliva 1995). V prvních cca 15 dnech vývoje se živí pravděpodobně zejména rotifery (v experimentálních podmínkách juvenilové dobře prosperovali na druhu *Brachionus plicatilis*, v pozdějším období chytají již větší kořist, např. drobné korýše (v experimentálních podmínkách např. žábřonožky *Artemia salina*) (Kestemont & Awais 1989).

K nejintenzivnějšímu růstu juvenilů dochází v letním období (květen až říjen), přičemž samice vykazují o něco pomalejší růst než samci, ale dospívají dříve (a tedy při menších rozměrech), zpravidla ve 3. roce života. Rozmnožuje se zpravidla po maximálně 3 sezóny (Mann 1980), celková délka života nepřesahuje 7-8 let. Ovaria se u samic vyvíjí asynchronně, tj. jsou současně přítomna různá stadia oogeneze, a k dozrávání a uvolňování vajíček dochází několikrát během sezóny (Kestemont 1990) s odstupem asi 7-10 dní (Baruš & Oliva 1995) (Kestemont 1990 udává 15 dní). Po posledním vytření následuje u samičích gonád období klidu, avšak po 1–2 měsících začíná nový cyklus gametogeneze, indukovaný zkrácením fotoperiody. Na základě pozorování v experimentálních podmínkách se zdá, že bez dočasného poklesu teploty a zkrácení fotoperiody k zahájení dalšího oogenetického cyklu (rekrudescenci gonád) nedochází. Přes zimu je pak oogeneze přerušena a pokračuje na jaře v další reprodukční sezóně (Kestemont 1990). Oogenetickému cyklu odpovídají sezónní cyklické změny hladiny steroidních hormonů v plasmě samic – estradiolu, testosteronu a 17,20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-onu, které jsou od října do dubna nízké a v květnu vykazují prudký vzestup (Rinchard et al. 1993).

Podobně u samců jsou v období cca od října do března přítomny pouze spermatogonie, a v období od dubna do srpna dochází k aktivní transformaci ve spermatocyty a spermie (Kestemont 1989). Tření probíhá ve středoevropských podmínkách v květnu až červnu a jedna samice během sezóny naklade 2200-4700 jiker.

Z nepříliš hojných dat o ostatních druzích lze předpokládat, že základní charakteristiky životního cyklu (relativní krátkověkost, asynchronní vývoj ovárií apod.) se napříč rodem *Gobio* resp. *Romanogobio* shodují, drobné rozdíly např. v celkové délce života, počtu jiker či načasování tření budou pravděpodobně jak mezidruhové, tak i mezipopulační – dané faktory prostředí. Např. ve Španělsku bylo u populací *G. gobio* na lokalitách, které v létě vysychají, zjištěno dosažení pohlavní dospělosti již ve stáří 1 roku a tření pouze jednou za sezónu, přičemž vývoj gonád se v létě zastavuje. Přitom geneticky příbuzné populace z toků s příznivějšími podmínkami mají životní cyklus podobný těm středoevropským (žijí celkově déle, dosahují větších rozměrů a pozdější pohlavní dospělosti, třou se několikrát za sezónu) (Lobon-Cervia et al. 1991; Miñano et al. 2003). Vzhledem k tomu, že *G. gobio* byl do Španělska introdukovan až ve druhé polovině 20. století, vše nasvědčuje tomu, že se změnou rozmnožovací strategie rychle přizpůsobil novému prostředí.

Podrobněji byly charakteristiky související s reprodukcí studovány u některých východoevropských, respektive blízkovýchodních druhů. I zde celková délka života nepřesahuje 7 let, počet jiker na jednu samici se pohybuje v řádech stovek až tisíc za sezónu (podle stáří, a tedy i velikosti samice). Gonadosomatický index (procentuální poměr hmotnosti gonád ku celkové tělesné hmotnosti) je zpravidla menší u samců než u samic (odpovídá rozdílné velikosti jiker a spermií) a v průběhu roku může kolísat až o 2 řády, maxima udávaná v tabulce odpovídají období tření.

Druh	Lokalita	Max. délka života v letech (pohl dospělost)	Tření (měsíce)	GSI♀ min/průměr r/max	GSI♂ min/průměr /max	Počet jiker	citace
<i>G. hettitorum</i>	Turecko	5 (1-2)	III-VII	-/10,48 /21,88	-/2,43 /11,76	420-4489	Özdemir 2012a
<i>G. gymnostethus</i>	Turecko	7 (1)	IV-VII	0,13/ /22,3/	0,05/-/22,3	952-5310	Özdemir 2012b
<i>G. gobio</i>	Španělsko	5 (3)	V- VII (VIII)	-/-/8,86	/-/0,96		Miñano et al. 2003
<i>G. bulgaricus</i>	Turecko	5	V-VI (VII)	0,06/-/21	0,04/-/3,24	355 5556	- Sac & Ozulug 2020

Tabulka 1 - Přehled základních charakteristik populací hrouzků z jižní a východní Evropy.

GSI – gonadosomatický index = hmotnost gonád/hmotnost těla x 100

Zdroj: vlastní zpracování

3.3 Přirozené rozšíření, výskyt v Evropě včetně ČR, nejdůležitější případy introdukce

Původní areál výskytu rodu *Gobio* respektive *Romanogobio* zahrnuje Evropu a Asii. V Evropě žije cca 30 druhů, jejichž výskyt je v zásadě:

- omezen na menší povodí nebo menším povodí (*G. occitaniae* – jižní část Francie)
- zahrnuje určitý vyšší geografický celek - *G. bulgaricus* – úmoří Egejského moře, *G. carpathicus* – povodí Dunaje a Tisy, *G. caucasicus* – úmoří Černého moře, *G. lozanoi* – Iberijský poloostrov, *G. obtusirostris* – povodí Dunaje a Odry, *G. (Romanogobio) uranoscopus* (větší část povodí Dunaje), *G. (Romanogobio) vladykovi* – povodí Dunaje

- potvrzen ve větší části Evropy, zpravidla v několika vzájemně nesouvisejících povodích větších řek – *G. gobio*, *G. (Romanogobio) belingi*, *G. (Romanogobio) albipinnatus*, *G. (Romanogobio) kesslerii*

G. gobio má mezi evropskými druhy nejen pravděpodobně největší přirozený areál rozšíření (většina Evropy kromě jižních částí Apeninského a Balkánského poloostrova a severní části Skandinávie, dále se vyskytuje ve střední Asii, severní Číně a Koreji), ale do některých oblastí byl i zavlečen např. do Norska či Itálie a lze ho zde považovat za invazní (Eken & Borgstrøm 1994; Bianco & Ketmaier 2005). Přestože hrouzci sami vzhledem k drobným rozměrům nejsou lovnými rybami a mají prakticky nulový hospodářský význam, mohou sloužit např. jako návnady při sportovním rybolovu, což může být jedním z vysvětlení jejich člověkem ovlivněného šíření mimo původní areály. Z pevninské Evropy byl druh introdukován i na Britské ostrovy.

Naopak invazivním druhem patřícím do podčeledi Gobioninae a zavlečeným do většiny Evropy včetně ČR (z Dálného Východu) je střevlička východní *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel, 1846), vázaná především na stojaté a mírně tekoucí vody, v nichž se při přemnožení stává významným potravním konkurentem chovných druhů. Studie Rosecchi et al. (2001) naznačuje, že by *P. parva* mohla být na společných stanovištích i konkurenčně úspěšnější než blízkce příbuzný druh *G. gobio*.

V ČR připadá v úvahu výskyt druhů:

- Hrouzek obecný *G. gobio* (Linnaeus, 1758), rozšířený ve většině říční síť. Početnost jeho populací byla dlouhodobě sledována v povodí Dyje, kde v období cca 1970- 2000 nevykazovala výraznější výkyvy. Ohrožen však může být úbytkem vhodných typů stanovišť následkem výstavby vodních děl (Lusk et al. 2005).
- Hrouzek běloploutvý *G. (Romanogobio) albipinnatus* (Lukasch, 1933) – populace v povodí Moravy však podle novějších revizí náleží spíše k (původně poddruhu nyní považovanému za samostatný druh) *R. vladykovi* (Mendel et al. 2008a). Jeho

přítomnost byla potvrzena, místy hojně, v tocích jak v povodí Moravy (dolní tok), Dyje (vlastní tok Dyje od ústí do Moravy až po státní hranici u Podhradí, Jevišovka; Jihlava; Kyjovka; Rokytná; Včelínek; Velička) a Labe (zaústění Bíliny). Zatímco v povodí Labe byl objeven poměrně nedávno, z povodí Moravy a Dyje jsou záznamy za posledních cca 70 let, naznačující, že oblast jeho rozšíření se zde zmenšila o cca 30% (Lusk et al. 2005; Halačka et al. 2019)

- Hrouzek Kesslerův *G. (Romanogobio) kesslerii* (Dybowski, 1862), podle nejnovějších poznatků se jedná spíše o (původně poddruh, nyní některými autory uznán validní druh) *G. (Romanogobio) banaticus* (Mendel et al. 2008a). Vyskytuje se roztroušeně na dolním toku Bečvy (první jedinci zaznamenaní v 50. letech 20. století). Žije i ve středním toku Moravy, odkud až do 90. let 20. století znám nebyl, v uplynulých dekádách došlo pravděpodobně k jeho šíření (zřejmě v souvislosti s povodněmi v roce 1997), které je však omezeno pro tento druh nepřekonatelnými bariérami, zejména jezy. (Lusk et al. 2005, Halačka et al. 2019)
- Výskyt dříve udávaného hrouzka dlouhovouseho *G. (Romanogobio) uranoscopus* (Agassiz, 1828) nebyl v poslední době potvrzen, přestože v sousedících oblastech Slovenska a Rakouska se vyskytuje (Koščo et al. 2005; Lusk et al. 2005; Nowak et al. 2008b).
- Naopak byl nově v povodí Moravy identifikován *G. obtusirostris* Valenciennes, 1842 (Lusk et al. 2005)
- V dolní části Labe je některými autory udáván výskyt *G. (Romanogobio) belingi* (Banarescu, 1960) (Mendel et al. 2008a). Diskuse na téma jeho synonymizace s *G. (Romanogobio) albiginnatus* není dosud uzavřena a i v případě, že se jedná o validní druh, je odlišení *albiginnatus* a *belingi* problematické.

- Častý je výskyt 2-3 druhů hrouzků na společné lokalitě – především *G. gobio* s *G. (Romanogobio) kesslerii* a/nebo *G. (Romanogobio) albiginnatus* (Lusk et al. 2005), na východním Slovensku v povodí Tisy, kde byl prokázán *G. uranoscopus*, bývá současný výskyt až všech čtyř druhů (Koščo et al. 2005) a je tedy možné, že i na území ČR bude tato situace mnohem častější, pouze byla vzhledem k obtížné odlišitelnosti druhů přehlížena.

Obrázek 2 - Mapa současného (tj. pro období posledních cca 15 let) výskytu

Schématické znázornění neodráží velikost populací.

Zdroj: *G. (Romanogobio) kesslerii* (čtverce) a *G. (Romanogobio) albiginnatus* - elipsy dle Lusk et al. 2005, Halačka et al. 2019.

3.4 Právní status ochrany

Na základě evropské Směrnice o stanovištích (Council of the European Union 1992) jsou *G. (Romanogobio) albiginnatus*, *G. (Romanogobio) kesslerii* a *G. uranoscopus* evropsky významnými druhy a byly pro ně v rámci soustavy NATURA 2000 vyhlášeny lokality, kde jsou předmětem ochrany.

Na našem území patří *G. (Romanogobio) banaticus* ke kriticky ohroženým, *G. (Romanogobio) vladykovi* (dříve řazen k *G. albiginnatus*) ke zranitelným, *G. gobio* mezi málo dotčené (LC). Druh *G. obtusirostris* nebyl, vzhledem k jeho nedávnému objevení na našem území a také vzhledem k obtížné identifikaci, dosud vyhodnocen. (Chobot & Němec 2017).

3.5 Hlavní biotické a abiotické faktory ovlivňující výskyt ryb

Vodní organismy včetně ryb bezprostředně reagují především na fyzikální (teplota, rychlost proudění, konduktivita apod.) a chemické vlastnosti vody (pH, saturace kyslíkem, rozpuštěné organické a anorganické složky včetně polutantů), na morfologii terénu (sklon, velikost a propojenost či izolovanost stanovišť) a přítomnost ostatních organismů, představujících zdroje potravy, predátory, konkurenty, popř. parazity.

Santoul et al. (2004) sledovali vliv abiotických faktorů na celkovou druhovou početnost napříč povodími. Zjistili, že ač se povodí mohou lišit (kvalitativně) konkrétní druhovou skladbou, celkové druhové bohatství je nejsilněji korelováno s nadmořskou výškou a sklonem, pravděpodobně prostřednictvím vlivu na teplotu vody, která dále ovlivňuje řadu biotických faktorů.

Z polutantů dostávajících se do povrchových vod převážně činností člověka mají na rybí populaci největší vliv amoniak, perzistentní organické sloučeniny (POPs), těžké kovy a steroidní hormony.

Amoniak se do povrchových vod dostává z hnojiv, popř. vzniká rozkladem mrtvého biologického materiálu a odpadních vod. Snadno se dostává přes biologické membrány a má akutní neurotoxický účinek. Jeho toxicita roste s teplotou vody a s pH (protože v kyslejších prostředí se vyskytuje převážně ve formě amonného kationtu, pro nějž jsou biologické membrány méně prostupné. Některé druhy ryb mají schopnost amoniak částečně zneškodňovat a vylučovat ve formě glutaminu nebo močoviny (Randall & Tsui 2002).

Z hlediska dlouhodobého působení jsou významné zejména perzistentní organické sloučeniny a těžké kovy. Jejich společným rysem je obtížná biologická odbouratelnost a akumulace v sedimentech, kde jsou s nimi zejména bentické organismy jsou v přímém kontaktu, navíc se kumulují ve tkáních organismů a postupně kontaminují všechny články potravního řetězce, v němž ryby vystupují v roli konzumentů a toxické látky tedy přijímají navíc z potravy.

Nejvýznamnějšími organickými sloučeninami ve vodním prostředí jsou insekticidy (dieldrin, lindan a methoxychlor), terapeutické sloučeniny (17-ethinylestradiol, EE2), změkčovadla (ftaláty), průmyslové povrchově aktivní látky (nonyfenol a jeho deriváty) a další (Johnson et al. 2014, Reynaud & Deschaux 2006). U ryb narušují funkci endokrinního systému a v důsledku toho působí metabolické, vývojové i reprodukční poruchy. Obzvláště citlivý na působení perzistentních organických sloučenin (POPs) je rybí plůdek, u nějž dochází ke zvýšení mortality a vývojovým abnormalitám (Johnson et al. 2014).

Těžké kovy jako As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Pb a Zn vzhledem ke své biologické nerozložitelnosti a značné perzistenci/akumulovatelnosti ve vodním prostředí a v rámci celých potravních řetězcích nejsilněji působí na reprodukci a ryb a embryonální vývoj (Taslina et al. 2022). I když např. měď, chrom, selen a zinek patří ve stopovém množství k esenciálním prvkům, vysoké koncentrace vedou k abnormálnímu embryonálnímu vývoji, abnormálnímu tvaru a funkci gonád a celkově zhoršené reprodukční schopnosti.

Estrogenní látky tvořící hlavní složky antikoncepčních přípravků se prostřednictvím odpadních vod dostávají do vodních toků a odtud do organismu ryb, kde se váží na stejné receptory jako endogenní hormony ryb a působí zejména na reprodukční orgány. Mezi hlavní efekty patří feminizace (detekovatelná prostřednictvím produkce vitelogeninu v organismu) samců, až vznik jedinců s intersexuálním fenotypem, narušení spermatogenese (zejména ovlivněním přirozené apoptózy, Nadzialek et al. 2010), zpoždění oogenese u samic apod. A může dojít až k úplné ztrátě reprodukční schopnosti a kolapsu populace. (Kidd et al. 2007; Iwanowicz & Blazer 2011).

3.6 Studie interakcí rodu *Gobio* s prostředím

3.6.1 Vliv znečištění

Je logické a paradoxní zároveň, že nejvíce environmentálních studií bylo provedeno pro relativně hojně rozšířený druh *G. gobio*, který však nenáleží mezi ohrožené a v rámci rodu se vyznačuje nejširší ekologickou valencí a toleranci vůči znečištění a eutrofizaci (Lusk et al. 2005). Poměrně dobře snáší i nízkou koncentraci rozpuštěného kyslíku. Dillen et al. (2001) udávají konkrétní spotřebu kyslíku u *G. gobio* mezi 4,95 a 13,6 μmol za hodinu na gram tělesné hmotnosti (živé váhy).

Hrouzci vzhledem ke svému bentickému způsobu života mohou vstřebávat přímo ze sedimentů zejména těžké kovy (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn.), z nichž se v jejich organismu nejvíce akumulují Cd a Zn, a to zejména v ledvinách, žábrách a jaterní tkáni (Bervoets & Blust 2003; Knapen et al. 2004). Knapen et al. (2004) provedli u vzorku populace *G. gobio* nejprve test akutní toxicity při letálních koncentracích kadmia a u části přeživších jedinců následně test chronické toxicity o délce 28 dní, po němž zopakovali test akutní toxicity. Zjistili, že u jedinců, jimž byla v rámci testu chronické toxicity umožněna „aklimatizace“ na subletální koncentrace Cd, sice tento kov také akumulovali ve tkáních, ale mortalita při druhém testu chronické toxicity klesla, což by naznačovalo možnost jisté genetické adaptace. Nutno zdůraznit, že studie (toxikologický test) se týkala pouze prostého přežití, nikoli vlivu na další

stav populace a její zdraví. Jako perspektivní pro další výzkum se jeví krom stanovení vlastního obsahu těžkých kovů v tkáních sledovat i hladinu metalothionein-like-proteinu. Data naznačila, že indukce proteinu je pro ochranu před expozicí kadmia důležitější než rozdílná akumulace a rozdělení do různých kompartmentů. Bylo zjištěno, že hladiny metalothionein-like-proteinu se rychleji zvyšují v jaterní a žaberní tkáni vzorků z kontaminovaného místa, což vede k významně vyšším hladinám v orgánech ryb z kontaminovaného prostředí. Prostor pro další výzkum rozhodně nabízí studium toku genů mezi různými přírodními populacemi za použití neutrálních molekulárních markerů a studium struktury populace a úrovní genetických variací jako funkce znečištění kadmium bude zásadní pro hodnocení dynamiky genetické adaptace na kadmium a další environmentální stresory.

Dalšími znečišťujícími látkami, běžně se dostávajícími do vodního prostředí lidskou činností a jejichž akumulace byla u druhu *G. gobio* potvrzena, jsou mikroplasty (Sanchez et al. 2014; Sloommaekers et al. 2019). Zkoumány byly u populací z Francie a Belgie (Flander). V prvním případě byly mikroplasty nalezeny v trávicím traktu 12% jedinců, ve druhém v 9% z Belgie Sloommaekers et al. 2019). a 12% jedinců z Francie (Sanchez et al. 2014). Celkově bylo nalezeno sedm různých typů polymerů; kopolymer ethylen-vinylacetát (EVA), polypropylen (PP), polyethylentereftalát (PET), polyvinylchlorid (PVC), celofán, polyvinylacetát (PVA) a polyamid (PA). Identifikované mikroplasty měly velmi variabilní tvar a barvu, přičemž nejvýraznější bylo zelené zbarvení a průměrná velikost byla převážně pod 500 mm. Tvarově nejčastější byly vláknité zbytky (Sloommaekers et al. 2019).

Přítomnost intersexuálních jedinců a zvýšení hladiny vitelogeninu působením antropogenních estrogenů, k níž dochází u řady rybích druhů, byla potvrzena i u *G. gobio* (van Aerle 2002). Nadzialek et al. (2010a) sledovali u varlat samce téhož druhu, zda 17-ethynylestradiol (EE2), působí prostřednictvím zvýšení transkripce antiapoptotického Bcl-2 genu, aby se objasnila molekulární cesta, kterou může být apoptóza inhibována. Vedle toho byla testována mRNA efektoru kaspázy 3, jež v tomto ohledu sloužil jako marker proapoptotických genů. Inhibice apoptózy ve varlatech působí jako základní proces pro

homeostázu spermatogeneze. U varlat samců byla zaznamenána snížená exprese, nikoliv však v tak velkém rozsahu, jak bylo očekáváno. Potvrdilo se však, že dopad dlouhodobého vlivu estrogenů obsažených ve vodách proměňuje buněčné dráhy a může v dlouhodobém horizontu přinést změny ovlivňující budoucnost nejen tohoto druhu. To ostatně potvrdila i in vitro studie provedená stejným týmem autorů (Nadzialek & Kestemont 2010), kdy byla testikulární tkáň *G. gobio* kultivována po 21 dní v médiu s různými koncentracemi EE2. Při nižších koncentracích (10^{-1} a 10^{-2} $\mu\text{g/l}$) docházelo k inhibici apoptózy a k proliferaci buněk, při vysokých koncentracích EE2 v řádu jednotek a desítek $\mu\text{g/l}$ docházelo k masivnímu odumírání buněk. Tím dochází k narušení rovnováhy mezi proliferací a odumíráním testikulárních buněk a tedy k narušení spermatogeneze.

3.6.2 Vliv fragmentace, izolace a narušení dynamiky biotopů

O hrouzcích obecně a zejména o nejrozšířenějším *G. gobio* je známo, že obsazuje poměrně malé domácí okrsky, což však neznamená, že by na jeho populace neměla dopad fragmentace vhodných habitatů a izolovanost populací. Dillen et al. (2001) zjistili u populací z izolovaných lokalit významně nižší populační hustotu a podíl mladých jedinců, pravděpodobně proto, že v rámci menšího teritoria omezeného nepřekonatelnou bariérou bude jednak celkově nižší dostupnost některých zdrojů, jednak se vzhledem k prakticky nulové výměně jedinců mezi populacemi projeví negativní efekty inbreedingu.

Dle Halačky et al. (2019) lze vzhledem k hojnému sympatrickému výskytu více druhů hrouzků a prokázané schopnosti jejich hybridizace předpokládat existenci určitých fyziologicko/etologických reprodukčních bariér, které v přirozeném prostředí zabraňují křížení a umožňují dlouhodobou koexistenci jednotlivých druhů v geneticky čistých formách. Možnými bariérami budou pravděpodobně druhově specifické teplotní a habitatové preference při reprodukci. V tocích s přirozenou morfologií a dostatečnou variabilitou habitatů se dá předpokládat, že se trdliště druhů nepřekrývají. K hlavním negativním faktorům ovlivňujícím populace hrouzků proto náleží antropogenní narušení přirozené morfologie toků a ovlivnění dynamiky vodního a teplotního režimu. Za těchto

suboptimálních podmínek, kdy jsou jedinci různých druhů nuceni vyhledávat náhradní trdliště, pak dochází nejen k omezením úspěšnosti reprodukce jako takové, ale i ke zvýšenému výskytu mezidruhových hybridů a poklesu početnosti původních druhů.

Členitost stanoviště a existence různých mikrohabitatů je důležitá i pro eliminaci vnitrodruhové i mezidruhové konkurence. Prenda et al. (1997) zjistili při laboratorních pokusech s hrouzkem *G. gobio*, vrankou obecnou *Cottus gobio* a mřenkou mramorovanou *Barbatula barbatula*, tedy druhy shodně vázanými na písčité dno, že žádný z druhů nevyhledával interakce s ostatními a vyhýbal se úkrytům již „obsazeným“ jedinci ať vlastního nebo cizího druhu. I v přirozeném prostředí *G. gobio* sice koexistuje s druhy *B. barbatula* a *Phoxinus phoxinus* majícími podobné ekologické nároky, ale prakticky s nimi neinteraguje a s rostoucí šířkou a hloubkou vodního toku pravděpodobnost společného výskytu klesá (Cereghino et al. 2005).

Fragmentace biotopů antropogenními bariérami (jezy, nádrže, hydroelektrárny a jiná vodní díla) nevratně pozměnila charakter většiny středních a velkých vodních toků a jedním z jejich hlavních důsledků je izolace populací vodních organismů, zejména ryb. Snahou o alespoň částečnou kompenzaci těchto vlivů je výstavba rybích přechodů. V posledních letech se objevují snahy o vylepšení jejich konstrukce tak, aby na základě rozdílných hydrodynamických parametrů umožnily určitou selekci mezi – pro danou lokalitu – původními druhy a organismy invazivními, jejichž šíření proti proudu je nežádoucí (Wiegleb et al. 2021)

3.6.3 Parazité

U *G. gobio* na území ČR bylo dosud zjištěno 42 druhů parazitů z kmenů Platyhelminthes, Acanthocephala, Nematoda, Mollusca, Annelida a Arthropoda. Nejvíce bývají hrouzci napadáni ektoparazity z kmene Platyhelminthes, třídy Monogenea (celkem zaznamenáno 13 druhů). Jedná se o jednohostitelské parazity s přímým vývojem, napadající buď výhradně žábry hostitele (rody *Paradiplozoon*, *Dactylogyrus*), nebo krom žaber i ploutve

a povrch těla (rod *Gyrodactylus*). Většina Monogeneí jsou generalisté nerozlišující hostitelský druh, nalezneme však mezi nimi i specialisty vázané pouze na rod *Gobio* (*Gyrodactylus dykovae*, *G. gobiensis*, *G. gobii*, *G. gobioninum* a *G. markakulensis*). Abundance ektoparazitů je, vzhledem k tomu, že jsou bezprostředně vystavení vnějšímu prostředí, silně pozitivně korelována s teplotou vody, ovlivňující vývoj vajíček i délku přežití parazita mimo hostitele. Tato korelace je o něco slabší u rodu *Gyrodactylus*, který je živorodý. Proto nárůst jejich počtu nastává zpravidla časněji zjara než u *Dactylogyrus* a v létě při dalším zvyšování teploty nastává naopak pokles, následovaný opětovným nárůstem na konci léta (Zehnalová 2006). U rodu *Dactylogyrus* pak může maximum četnosti v závislosti na celkovém teplotním profilu sezóny spadat do května až července (Blažek et al. 2009). K dalším faktorům ovlivňujícím početnost pak lze počítat životním cyklus parazita (nástup nové generace), konkurenci mezi parazity na stejném hostiteli popř. buněčnou a humorální reakci hostitele.

Zajímavá je otázka současného působení více stresorů, typicky přítomnosti parazitů + znečištění prostředí, na rybího hostitele. Má se zato, že infekce parazity kromě odčerpávání energie a živin z hostitele zvyšuje i jeho vnímavost vůči dalším stresovým faktorům, mezi něž patří i znečištění. Přitom je však parazit živým organismem, a i jeho celkové fitness mohou polutanty snižovat. Lze tedy očekávat, že v závislosti na druhu hostitelského organismu a parazita se mohou jednotlivé negativní vlivy na stav rybí populace sčítat či naopak oslabovat (Sures & Nachev 2022).

3.7 Doporučení pro ochranu

Studie Halačky et al. (2019) doporučuje pro ochranu těchto druhů, respektive jejich stanovišť, odstranění migračních bariér, zachování, respektive v regulovaných úsecích toků vytvoření maximální různorodosti ekosystému, což by v důsledku přispělo i k omezení překryvu trdlišť blízce příbuzných druhů mírně se lišících teplotními a habitatovými preferencemi a tím i ke snížení mezidruhového křížení. Samozřejmostí by mělo být i omezení takových antropogenních vlivů, jakými jsou převozy jedinců v rámci jednotlivých povodí, resp. úmoří.

Také Bănăduc et al. (2019) doporučují zachování přirozené morfologie toků a jejich břehů, ochranu vegetace (v případě větších toků udržování vegetačního koridoru o šířce 100-200 m na obou březích s ohledem na záchyt sedimentů), ochranu před znečištěním, soustavné udržování přiměřené hladiny tekoucí vody zejména v období sucha (zamezení zvýšenému odběru vody v kritickém období), zavedení integrovaného systému monitorování ichtyofauny. Povž et al. (2005) pak přímo doporučují pro významné druhy rodu *Gobio* zřizování přírodních rezervací.

4 Závěr

Předkládaná bakalářská práce měla podat přehled aktuálních poznatků o biologii drobných bentických ryb rodu hrouzek (*Gobio* respektive *Romanogobio*) a jejich interakcích s prostředím s důrazem na změny jejich rozšíření v posledních dekádách. Ryby a vodní organismy obecně velmi citlivě a okamžitě reagují na přirozené i člověkem způsobené změny fyzikálních a chemických vlastností vody, celkové morfologie habitatu i společenstev organismů. Jejich ochrana je tedy neoddělitelně spjata s ochranou odpovídajících stanovišť, což bylo i jednou z hlavních motivací pro zařazení tří druhů hrouzek (*G. (Romanogobio) albipinnatus*, *G. (Romanogobio) kesslerii* a *G. uranoscopus*) mezi evropsky významné druhy v rámci systému NATURA 2000.

V případě hrouzek mohou být údaje o jejich výskytu zkresleny obtížnou determinací jednotlivých druhů, respektive nejasnostmi ohledně druhového statusu, takže zdánlivě nově objevené nebo „šířící se“ druhy mohly být v minulosti pouze přehlíženy či zaměňovány s jinými. Jako příklad z území ČR lze jmenovat např. sporný výskyt druhu *G. (Romanogobio) belingi*. I v případě jednoznačně determinovaných druhů často faunistické údaje o jejich výskytu pouze konstatují přítomnost na určité lokalitě či v mapovacím čtverci, bez kvantifikace velikosti populace, která je často obtížná. Údaje o velikosti populací a jejich změnách jsou k dispozici zejména z povodí Moravy (Lusk et al. 2005; Jurajda et al. 2006; Halačka et al. 2019). Zde je prokázán úbytek lokalit u *G. (Romanogobio) albipinnatus*. Naopak údajů o výskytu *G. (Romanogobio) kesslerii* přibýlo, zejména v souvislosti s extrémními povodněmi v roce 1997, které rozsáhle ovlivnily strukturu nejen rybích společenstev (Vaishar et al. 2000) a u některých druhů mohly paradoxně vést k většímu rozšíření, případně i nárůstu abundance. Teprve dlouhodobé sledování však ukáže, zda tento nárůst nebyl pouze dočasný. Celkovým trendem vyplývajícím z údajů za poslední desetiletí totiž je spíše úbytek lokalit vhodných pro výskyt i nejběžnějšího druhu hrouzka *G. gobio*, natož evropsky významných *G. (Romanogobio) albipinnatus* a *G. (Romanogobio) kesslerii*.

Populace hrouzků jsou v současnosti ohrožena postupujícím znečišťováním vod a regulací říčních toků. Zejména výše zmíněné tři evropsky významné druhy preferují rychleji proudící vodu (Bánaduc et al. 2019; Friedrich et al. 2019) s vyšším obsahem kyslíku, takže změny profilu vodního toku, teploty a okysličení vody, které s sebou nese úprava vodních toků a stavba vodních děl s sebou může nést úbytek vhodných stanovišť. Teplota vody významně ovlivňuje řadu dalších biotických i abiotických faktorů (např. toxicitu přítomných polutantů, množství a dostupnost potravy, vývoj gonád, oplozených vajíček i mladých jedinců po vylíhnutí, ale i abundanci predátorů, konkurentů a parazitů). Přestože životní cyklus je nejlépe prostudován u nejhojněji rozšířeného *G. gobio*, popřípadě dalších druhů nepatřících mezi evropsky významné, lze předpokládat, že silný vliv faktorů prostředí na úspěšnost rozmnožování, jaký byl nalezen u *G. gobio* z různých geografických regionů a typů stanovišť, (Mann 1980; Kestemont 1990; Lobon-Cervia et al. 1991) bude mít analogii i u ostatních druhů hrouzků.

Úpravy vodních toků také ovlivňují celkovou velikost a propojenost/izolovanost stanovišť a tím jak dostupnost potravy, tak genetický tok – zejména mezidruhové křížení a imbreeding (Dillen et al. 2001; Halačka et al. 2019).

Ke komplexnímu spolupůsobení výše zmíněných faktorů přispívá samozřejmě i chemismus vody a přítomnost znečišťujících látek buď s akutně toxickým působením (např. amoniak, nedávné případy úniku chloru apod.), nebo zejména s dlouhodobým a kumulativním účinkem (těžké kovy, perzistentní organické polutanty). Tyto toxické látky se akumulují jednak v sedimentech a hrouzci coby bentické organismy jsou s nimi v přímém kontaktu, navíc jsou kontaminovány všechny články potravního řetězce, v němž ryby vystupují v roli konzumentů a polutanty tedy přijímají i z potravy. Vliv znečištění vod na živé organismy je obecný trend, který sledují vědci napříč celým světem a zamýšlejí se nad otázkou, jak tato změna prostředí ovlivňuje jednotlivé živočišné druhy v rovině jejich případné adaptace na nastalé podmínky. Teoreticky by se dalo shrnout, že tato změna v jejich přirozeném prostředí může podnítit selekční tlaky a postupně vést k mikroevolučním změnám a přizpůsobení se. Hlubší zkoumání však v tomto ohledu komplikují především

specifika probíhajících biologických procesů ve vztahu k realizaci směrové selekce, rychlost, kterou může mikroevoluce probíhat a další faktory. Zároveň však lze obecně konstatovat, že antropogenní změny v systému posilují selekční koeficienty a pokud je dostatek informací k vybranému indukovanému směrovému výběru, lze z něj vyvodit určitý modelový systém, který může pomoci vysvětlit adaptivní změny (za předpokladu, že nějaké skutečně probíhají) v otázce dopadů znečištění prostředí na přirozené populace (Knapen et al. 2004).

Velký dopad na populace vodních organismů má především znečištění řek mikroplasty. Tyto drobné částice o rozměru menším než 5 mm jsou všudypřítomné v celém vodním ekosystému, což souvisí s obrovským nárůstem produkce plastů obecně. Rizikem těchto drobných částic je fakt, že jsou schopné absorbovat hydrofobní kontaminanty z okolního prostředí, čímž přenáší plastová aditiva a další kontaminanty z prostředí často až do těla živočichů, jejich oběhového systému, svalů a jaterních tkání (Slootmaekers et al. 2019). Rozsah a hloubku znečištění mikroplasty zkoumají vědci již zhruba od 70. let (Carpenter & Smith 1972). Od počátků se zkoumá především vazba mezi sladkovodními a mořskými systémy s tím. Obecně se má za to, že řeky jsou hlavním vstupem plastů do mořských systémů a v rovině koncentrace absorbovaných chemikálií a znečištění. U sladkovodních stanovišť je úroveň zamoření mikroplasty srovnatelná (Slootmaekers et al. 2019). Recentní studie (Sanchez et al. 2014; Slootmaekers et al. 2019) prokázaly v trávicím traktu jedinců *G. gobio* přítomnost mikroplastů, mezi nimiž dominovaly částice vláknitého tvaru a zelené barvy, což poukazuje na pravděpodobnou záměnu těchto cizorodých částic za částice potravy a jejich aktivní konzumaci.

Z těžkých kovů zůstává pro rybí populace zůstává klíčovou především zesílená rezistence vůči kadmium, u rodu *Gobio* na něj byla pozorována fyziologická aklimatizace, resp. pravděpodobně genetická adaptace. (Knapen et al. 2004). Kadmium je považováno za neesenciální, neregulovaný prvek, který je toxický i v nízkých koncentracích. Organismy nejsou schopné transformovat kovy na méně toxické metabolity a jedinou funkční ochranou před toxicitou těchto kovů tak zůstává intracelulární komplexace (Knapen et al. 2004).

Specifickou skupinou znečišťujících látek jsou steroidní hormony, zejména estrogeny pronikající z farmaceutických přípravků do odpadních a odtud do povrchových vod a negativně ovlivňující vývoj reprodukčních orgánů ryb (van Aerle 2002). In vitro studie narušení spermatogeneze u *G. gobio* odhalily inhibici apoptózy vedoucí k buněčné proliferaci po expozici E2 nebo xenoestrogenům v nízkých koncentracích u vybraných druhů, jež byly v rámci experimentu pozorovány (Nadzialek et al. 2010). V obou případech lze předpokládat výrazné narušení reprodukční schopnosti populací vystavených působení tohoto typu látek. Na výše zmíněných příkladech studií vlivu polutantů na hrouzka *G. gobio* tak lze dobře ilustrovat obecné trendy, které v říčních sladkovodních biotopech v současnosti panují (Randák 2013)

Lze tedy doporučit, aby i v budoucnu byla věnována pozornost důkladnému rozlišení zejména společně se vyskytujícími druhů hrouzek, dlouhodobému sledování jak jejich celkového rozšíření, tak, na vybraných stanovištích, i velikosti a kondice populací. Detailnější prostudování mezipopulační (geografické či environmentální) variability životních cyklů a fyzikálních i chemických parametrů stanovišť by bylo užitečné především u evropsky významných druhů (*G. (Romanogobio) albipinnatus*, *G. (Romanogobio) kesslerii* a *G. uranoscopus*), kde je tohoto typu dat stále nedostatek ve srovnání s prozatím obecně rozšířeným druhem *G. gobio*. Správný a účinný monitoring je zásadní pro úspěšnou ochranu hrouzek *Gobio (Romanogobio)*. Monitoring může být prováděn různými metodami, včetně elektroodlovu, další možností by bylo např. sledování populace pomocí kamerových systémů a jiných technologií. Na základě těchto dat mohou být přijata opatření pro zlepšení a ochranu životního prostředí a habitatů ryb (in-situ metody ochrany), popřípadě i metody ex-situ, o nichž se dosavadní studie v souvislosti s hrouzky nezmiňují.

In-situ opatření na úrovni ochrany přírody a krajiny by měla směřovat, jak doporučují autoři citovaných studií, zejména k zamezení další fragmentace lokalit a odstranění či kompenzování přítomnosti bariér (konstrukce rybích přechodů), samozřejmostí by měla být ochrana čistoty vod (Běňaduc et al. 2019; Halačka et al. 2019), dále je možno navrhnout i

aktivní vytváření nových biotopů a eliminaci invazních druhů, které mohou mít negativní vliv na populaci hrouzků.

Dosud neexistuje žádný ucelený program ex-situ ochrany hrouzků, tedy odchov ryb mimo jejich přirozené prostředí (v zajetí) a vypouštění do přírody na tutéž nebo novou lokalitu. Prozatím se spíše doporučuje převozy jedinců v rámci jednotlivých povodí, resp. úmoří omezit (Halačka et al. 2019). Předpokladem pro použití ex-situ metod by bylo důkladné prozkoumání genetické variability zdrojové i cílové populace a pokud možno neprovádět vysazování ryb z geneticky a geograficky příliš vzdálených populací. V posledních desetiletích je však vysazování uměle odchovaných ryb v líhních silně kritizováno pro jejich změněné modely chování (Araki et al. 2007; Araki & Schmid 2010; Weir et al. 2004; Slavík et al. 2021)

Vzhledem k tomu, že hrouzci jsou důležitou součástí ekosystému vodních toků, a potravních řetězců, vedoucích případně přes další, hospodářsky významné konzumenty a predátory až ke člověku coby konzumentovi rybiho masa, je nezbytné, aby bylo vynaloženo veškeré úsilí na jejich ochranu a zlepšení jejich životních podmínek.

Budoucí výhled pro populace hrouzků je značně nejistý, nicméně přijetí vhodných opatření může být klíčové pro zachování těchto druhů v jejich přirozeném prostředí. Důležitým faktorem je rovněž edukace veřejnosti ohledně významu ochrany těchto ryb a vody jako celku.

5 Literatura

van Aerle R, Nolan T, Jobling S, Christiansen L. et al. 2002. Sexual disruption in a second species of wild cyprinid fish (the gudgeon, *Gobio gobio*) in United Kingdom Freshwaters. *Environmental Toxicology and Chemistry/ SETAC* **20**: 2841-2847.

Bănăduc A, Cismaș C, Bănăduc D. 2019. *Gobio* Genus Species Integrated Management System – Târnava Rivers Study Case (Transylvania, Romania). *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research* **21**: 10.2478/trser-2019-0007.

Baruš V, Oliva O (eds.). 1995. [Lampreys and fishes. Fauna of the Czech Republic and Slovakia]. Vol. 28/2. Academia Praha [in Czech].

Bervoets L, Blust R. 2003. Metal concentrations in water, sediment and gudgeon (*Gobio gobio*) from a pollution gradient: relationship with fish condition factor. *Environmental Pollution* **126**(1): 9-19.

Bianco PG, Ketmaier V. 2005. Will the Italian endemic gudgeon, *Gobio benacensis*, survive the interaction with the invasive introduced *Gobio gobio*? *Folia Zoologica* **54** (Suppl. 1): 42–49.

Blažek R, Jarkovský J, Koubková B, Gelnar M. 2009. Seasonal variation in parasite occurrence and microhabitat distribution of monogenean parasites of gudgeon *Gobio gobio* (L.) *Helminthologia* **45** (4):185-191.

Bless R., 1997 Threatened fishes of the world: *Gobio uranoscopus* (Agassiz, 1828) (Cyprinidae). *Environmental Biology of Fishes* **49**:20.

Callejas C, Lusková V, Ochando D. 2004. A contribution to the genetic characterisation of some species of the genus *Gobio* (Cyprinidae). *Folia Zoologica* **53**(4): 433–436.

Carpenter EJ, Smith KL. 1972. Plastics on the Sargasso Sea Surface. *Science* **175** : 1240 - 1241.

Cereghino R, Compin A, Santoul F, Figuerola J. 2005. Co-occurrence Patterns of Some Small-bodied Freshwater Fishes in Southwestern France: Implications for Fish Conservation and Environmental Management. *AMBIO A Journal of the Human Environment* **34**(6) : 440-444.

Čech M. & Čech P. 2011. [Diet of the Common Kingfisher (*Alcedo atthis*) in relation to habitat type: a summary of results from the Czech Republic] *Potrava ledňáčka říčního (Alcedo atthis) v závislosti na typu obývaného prostředí: shrnutí výsledků z České republiky* [in Czech]. *Sylvia* **47**: 33–47.

Dillen A, Bervoets L, De Boeck G, Eens M, Blust R. 2001. Characteristics of different populations of the gudgeon (*Gobio gobio* L.) in Flanders, Belgium. *Belgian Journal of Zoology* **131**: 120-123.

Eken M, Borgstrøm R 1994. [First report of *Gobio gobio* from Norway]. *Fauna* **47**: 120–123 [In Norwegian with English summary].

Friedrich T, Wiesner C, Zangl L, Daill D et al. 2018. *Romanogobio skywalkeri*, a new gudgeon (Teleostei: Gobionidae) from the upper Mur River, Austria. *Zootaxa* **4403**: 10.11646/zootaxa.4403.2.6.

Chobot K, Němec M (eds). 2017. Červený seznam ohrožených druhů České Republiky – obratlovci. *Příroda, Praha*, **34**: 8–35.

Iwanowicz LR, Blazer VS. 2011. A brief overview of estrogen-associated endocrine in fishes: Evidence of effects on reproductive and immune physiology. In: Cipriano RC, Bruckner A, Shchelkunov IS (eds). *Aquatic Animal Health: A Continuing Dialogue between Russia and the United States*, Proceedings of the 3rd Bilateral Conference between the United States and

Russia; Shepherdstown, WV, USA. 12–20 July 2009; Landover, MD, USA: Khaled bin Sultan Living Oceans Foundation.

Johnson LL, Anulacion BF, Burrows DG, da Silva DAM, Dietrich JP, Myers MS, Spromberg J, Ylitalo GM 2014. Effects of legacy persistent organic pollutants (POPs) in fish – current and future challenges. *Organic Chemical Toxicology of Fishes* **33**: 53-140.

Jurajda P, Reichard M, Smith C. 2006. Immediate Impact of an Extensive Summer Flood on the Adult Fish Assemblage of a Channelized Lowland River. *Journal of Freshwater Ecology* **21**(3): 493-502.

Kestemont P. 1990. Dynamic aspects of ovogenesis in an asynchronous fish, the gudgeon *Gobio gobio* L. (Teleostei, Cyprinidae), under controlled temperature and photoperiod conditions. *Aquatic Living Resources* **3**(1): 61-74.

Kestemont P. 1989. Etude du cycle reproducteur du goujon, *Gobio gobio* L. 2 Variations saisonnières dans l'histologie des testicules. *Journal of Applied Ichthyology* **5**: 111-121.

Kestemont P, Awais A. 1989. Larval Rearing of the Gudgeon, *Gobio gobio* L., under Optimal Conditions of Feeding with the Rotifer, *Brachionus plicatilis* O.F. Müller. *Aquaculture* **83**: 305-318.

Kidd KA, Blanchfield PJ, Mills KH, Palace VP, Evans RE, Lachorzak JM, Flick RW. 2007. Collapse of a fish population following exposure to a synthetic estrogen. *Proceedings of National Academy of Science* **104**(21):8897-8901.

Knapen D, Bervoets L, Verheyen E, Blust R. 2003. Resistance to water pollution in natural gudgeon (*Gobio gobio*) populations may be due to genetic adaptation. *Aquatic Toxicology* **67**(2):155-65.

Koščo J, Lusk S, Halačka K, Lusková V, Košuth P. 2005. Distribution of species of the genus *Gobio* in the Tisza River drainage area, Slovakia. *Folia Zoologica* **54** (Suppl. 1):65-72.

Kottelat M, Freyhof J. 2007. Handbook of European Freshwater Fish.

Lobon-Cervia J., Montanges C, De Sostoa A. 1991. Influence of environment upon the life history of gudgeon, *Gobio gobio* (L.): a recent and successful colonizer of the Iberian Peninsula. *Journal of Fish Biology* **39**(3): 285-300.

Lusk S, Šlechta V. 2005. Changes in the taxonomy of gudgeons from European waters. *Folia Zoologica* **54** (Suppl. 1): 2–4

Mann RHK. 1980. The growth and reproductive strategy of the gudgeon, *Gobio gobio* (L.), in two hard-water rivers in southern England. *Journal of Fish Biology* **17**: 163-176.

Mendel J, Lusková V, Halačka K, Lusk S, Vetešník L. 2005. Genetic diversity of *Gobio gobio* populations in the Czech Republic and Slovakia, based on RAPD markers. *Folia Zoologica* **54** (Suppl. 1): 13–24

Mendel J, Lusk S, Vasil'eva ED, Vasil'ev VP. et al. 2008b. Molecular phylogeny of the genus *Gobio* Cuvier, 1816 (Teleostei: Cyprinidae) and its contribution to taxonomy. *Molecular Phylogeny and Evolution* **47**: 1061-1075.

Mendel J, Lusk S, Lusková V, Koščo J. et al. 2008a. Druhá pestrost hrouzků rodů *Gobio* a *Romanogobio* na území České republiky a Slovenska. *Biodiverzita ichtyofauny ČR* **7**: 14–24.

Miñano P, García-Mellado A, Oliva-Paterna F, Torralva M. 2003. Edad: crecimiento y reproducción de *Gobio gobio* L. (Pisces, Cyprinidae) en un tramo regulado del río Segura (SE España). *Animal Biodiversity and Conservation* **26** (1): 26.

Nadzialek S, Pigneur L-M, Wéron B, Kestemont P. 2010. Bcl-2 and Caspase 3 mRNA levels in the testes of gudgeon, *Gobio gobio*, exposed to ethinylestradiol (EE2). *Aquatic Toxicology* **98**(3): 304-310.

Nadzialek S, Kestemont P. 2010. 17alpha-ethinylestradiol induces an imbalance between apoptosis and cell proliferation to sex steroid disruption in a testis culture of gudgeon, *Gobio gobio*. *Environmental Toxicology and Chemistry* **29**(4):881-886.

Nowak M, Koščo J, Popek W. 2008a. Review of the current status of systematics of gudgeons (Gobioninae, Cyprinidae) in Europe. *AAFL Bioflux* **1**:27-38

Nowak M, Popek W, Drąg-Kozak E, Epler P. 2008.: Morphology of the Common Gudgeon, *Gobio Gobio* (L.) Sensu Lato, from the Vistula River Drainage in the Context of Recent Literature Data (Teleostei: Cyprinidae). *Archives of Polish Fisheries*. **16**: 37-48.

Nowak M, Mendel J, Szczerbik P, Klaczak A. et al. 2011. Contributions to the morphological variation of the common gudgeon, *Gobio gobio* complex (Teleostei: Cyprinidae), in the upper Vistula drainage (southeast Poland). *Archives of Polish Fisheries* **19**:10.2478/v10086-011-0005-8.

Özdemir F. 2012a. Growth and Reproductive Properties of an Endemic Species, *Gobio hettitorum* Ladiges, 1960, in Yeşildere Stream, Karaman, Turkey. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry* **40**: 457-468.

Özdemir F. 2012b. Growth and Reproductive Biology of *Gobio gymnostethus* (Ladiges, 1960) in Melendiz Stream, Anatolia, Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances* **11**: 3452-3456.

Povž M, Šumer S, Mrakovčić M, Mustafić P. 2005. Present status and distribution of *Gobio* spp. in Slovenia. *Folia Zoologica* **54** (Suppl. 1): 85–89.

Prenda J, Armitage PD. 1997. Species interactions and substrate preferences in three small benthic fishes. *Limnetica* **13** (1). 47-53.

Randák T. 2013. Cizorodé látky ve vodním prostředí a jejich vliv na ryby. *Živa* **6/2013**: 275–277.

Randall DJ, Tsui TKN 2002. Ammonia toxicity in fish. *Marine Pollution Bulletin* **45**: 17–23.

Reynaud S, Deschaux P. 2005. The effects of polycyclic aromatic hydrocarbons on the immune system of fish: A review. *Aquatic Toxicology* **77**: 229–238.

Rinchar J, Kestemont P, Kühn ER, Fostier A. 1993. Seasonal Changes in Plasma Levels of Steroid Hormones in an Asynchronous Fish the Gudgeon *Gobio gobio* L. (Teleostei, Cyprinidae). *General and Comparative Endocrinology* **92**(2,):168-178.

Rosecchi E, Thomas F, Crivelli AJ. 2001. Can life-history traits predict the fate of introduced species? A case study on two cyprinid fish in southern France. *Freshwater Biology* **46**(6):845-853.

Saç G, Ozulug M.2020. Life history pattern and feeding habits of *Gobio bulgaricus* (Drensky, 1926) (Pisces: Gobionidae) in an endorheic stream (Istranca Stream, Turkey). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. **19**. 248-261. 10.22092/ijfs.2019.118805.

Saç, G, Ozulug M. 2020. Life history pattern and feeding habits of *Gobio bulgaricus* (Drensky, 1926) (Pisces: Gobionidae) in an endorheic stream (Istranca Stream, Turkey). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. **19**: 248-261. 10.22092/ijfs.2019.118805.

Sanchez W, Bender C, Porcher J-M. 2013. Wild gudgeons (*Gobio gobio*) from French rivers are contaminated by microplastics: Preliminary study and first evidence. *Environmental Research***128**: 10.1016/j.envres.2013.11.004.

- Santoul F, Souldard A, Figuerola J, Cereghino R, Mastrorillo S. 2004. Environmental factors influencing local fish species richness and differences between hydroregions in south-western France. *International Review of Hydrobiology* **89**: 79–87.
- Slootmaekers B, Carteny CC, Belpaire C, Saverwyns S, Fremout W, Blust R, Bervoets L. 2019. Microplastic contamination in gudgeons (*Gobio gobio*) from Flemish rivers (Belgium). *Environmental Pollution* **244**: 675–684.
- Sures B, Nachev M. 2022. Effects of multiple stressors in fish: how parasites and contaminants interact. *Parasitology* **149**(14):1822-1828
- Šanda R, Lusková V, Vukić J. 2005. Notes on the distribution and taxonomic status of *Gobio gobio* from the Morača River basin (Montenegro). *Folia Zoologica* **54** (Suppl. 1): 73–80.
- Šlechtová V, Lusková V, Šlechta V, Halačka K, Lusk S, Koščo J. 2005. Intraspecific allozyme diversity of *Gobio gobio* in Czech and Slovak rivers. *Folia Zoologica* **54** (Suppl. 1): 25–32.
- Takács P. 2012. Morphometric differentiation of gudgeon species inhabiting the Carpathian Basin. *Annales De Limnologie-international Journal of Limnology* **48**: 53-61.
- Takács P, Bihari P, Erős T, Specziár A, Szivák I, Bíró P, Csoma E. 2014. Genetic heterogeneity reveals on-going speciation and cryptic taxonomic diversity of stream-dwelling gudgeons (Teleostei, Cyprinidae) in the middle Danubian hydrosystem (Hungary). *PLoS One* **9**(5):e97278.
- Tang KL, Agnew MK, Chen W-J, Hirt MV et al. 2011. Phylogeny of the gudgeons (Teleostei: Cyprinidae: Gobioninae). *Molecular Phylogeny and Evolution* **61**: 103-124.
- Taslina K, Al-Emran M, Rahman MS, Hasan J et al. 2022. Impacts of heavy metals on early development, growth and reproduction of fish – A review. *Toxicology Reports* **9**: 858-868.

Vaishar A, Hlavinková P, Kirchner P, Lacina J. 2000. Long-term impacts of the 1997 floods in the Morava river basin. *Geografie – sborník České geografické společnosti* **105**(2): 141-154.

Weigleb J, Hirsch PE, Seidel F, Rauter G, Burkhardt-Holm P. 2022. Flow, force, behaviour: assessment of a prototype hydraulic barrier for invasive fish. *Hydrobiologia* **849**:1001–1019.

Winkelmann C, Schneider J, Mewes D, Schmidt S et al. 2013. Top-down and bottom-up control of periphyton by benthivorous fish and light supply in two streams. *Freshwater Biology* **59**: 803-818.

Worischka S, Schmidt I, Hellmann C, Winkelmann C. 2015: Selective predation by benthivorous fish on stream macroinvertebrates – The role of prey traits and prey abundance. *Limnologica* **52**: 41-50.

Zangl L, Daill D, Gessl W, Friedrich T, Koblmüller S. 2020. Austrian gudgeons of the genus *Gobio* (Teleostei: Gobionidae): A mixture of divergent lineages. *Journal of Zoological Systematics and Evolution Research*.**8**: 327– 340.

Zehnalová A. 2006. Analýza společenstev mnohobuněčných parazitů hrouzka obecného (*Gobio gobio* L.). [MSc. Thesis]. Masarykova univerzita, Brno.

SLAVÍK, Ondřej a Pavel HORKÝ. Wild and farmed burbot *Lota lota*: differences in energy consumption and behavior during the spawning season. *AQUACULTURE ENVIRONMENT INTERACTIONS* [online]. 2021, 11 Mar 2021, (13), 63 [cit. 2023-04-21]. Dostupné z: doi:10.3354/aei00389

6 Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Hrouzek obecný (<i>Gobio gobio</i>).....	16
Obrázek 2 - Mapa současného (tj. pro období posledních cca 15 let) výskytu	24

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Přehled základních charakteristik populací hrouzků z jižní a východní Evropy.	21
--	----