

## MOČOVÉ ÚSTROJÍ

V průběhu metabolických procesů vznikají v rybím organismu škodlivé zplodiny a nadbytečné látky, kterých se ryba zbavuje nejen vyměšovací funkcí střeva a žaber, ale také tvorbou a vylučováním moči. Močový aparát ryb navíc plní významnou osmoregulační, hemopoetickou a endokrinní funkci.

### Ledviny a vývodní močové cesty

Rybí ledviny jsou párové orgány prodlouženého tvaru a tmavočervené barvy, uložené v břišní dutině těsně pod páteří. Probíhají od blízkosti srdce až do koncové části tělní dutiny, u některých rybích druhů vstupují až do ocasního násadce. Z ventrální strany jsou ledviny pokryty pobřišnicí. U ledvin většiny kostnatých ryb rozlišujeme **dvě základní části**:

Přední (hlavová) část leží přibližně nad srdcem a obsahuje tkáň **lymfatickou, hemopoetickou, interrenální a chromafinní** (suprarenální, adrenální). Hemopoetická tkáň převládá od stáří asi jednoho roku, interrenální a chromafinní tkáň plní endokrinní funkci nadledvin, které ryby nemají.

**Střední (trupová) část** probíhá pod páteří až do blízkosti řitního otvoru a je tvořena **exkretorickou** tkání. U kaprovitých ryb se tato část ledvin v oblasti zaškrcení plynového měchýře rozšiřuje v tzv. pyramidální útvar.

U štiky obecné, úhoře říčního, candáta obecného a dalších rybích druhů rozlišujeme ještě **zadní (ocasní) část** ledvin, částečně vstupující do ocasního násadce.

U ryb se v závislosti na stupni fylogeneze a ontogeneze objevují různé typy ledvin. V embryonální periodě jsou to **předledviny** (*pronephros*), které se později mění na **prvoledviny** (*mesonephros*), fungující v dospělosti u většiny druhů kostnatých ryb. U některých rybích druhů však mohou být předledviny zachovány po celý život (např. u živorodek z rodu *Xiphophorus* a *Poecilia*). U paryb se vyskytují oba uvedené typy ledvin, *pronephros* i *mesonephros*, přičemž *pronephros* kaudálně přecházejí v *mesonephros* a *pronephros* mizí ještě před vylíhnutím embrya. *Pronephros* jsou u naprosté většiny ryb uloženy kranialněji a *mesonephros* kaudálněji. Předledviny se vlastně během počátečních fází ontogeneze mění v lymfatický a hemopoetický orgán, tvořící hlavovou část ledvin. U některých druhů ryb (úhoř říční) již dokonce může zadní část *mesonephros* nabývat charakteru pravých ledvin (*metanephros*), typických pro vyšší obratlovce.

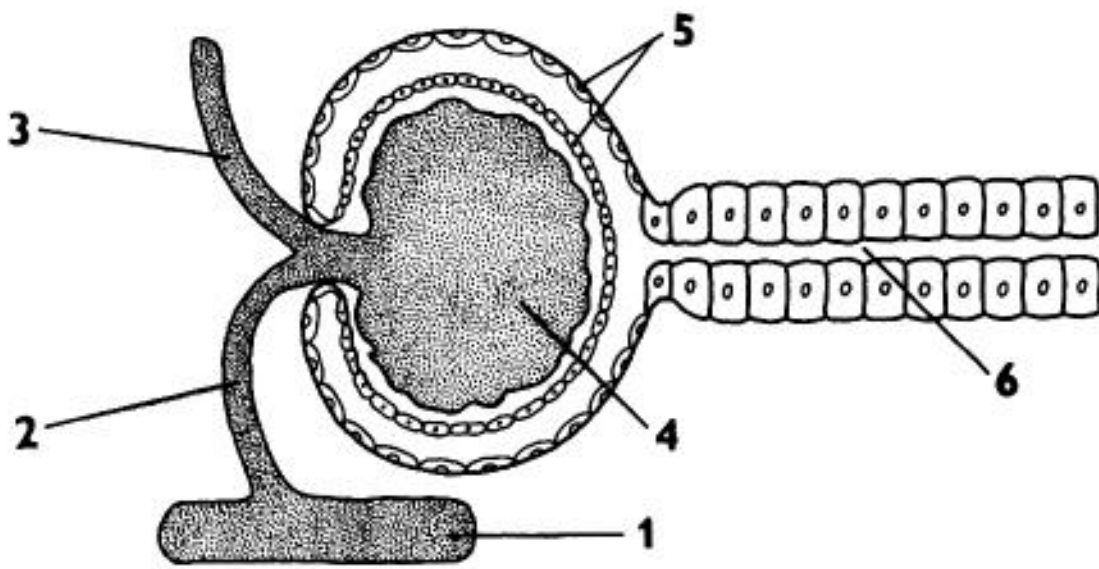
Základní stavební jednotkou *pronephros* i *mesonephros* je odvodný močový kanálek (**nefron**). U *pronephros* tento kanálek začíná nálevkovitým otvorem (**nefrostrom**), otevřeným do tělní dutiny a vystlaným řasinkovými buňkami. K nefrostomu přiléhá klubičko krevních kapilár (*glomerulus*),

vznikající odštěpením od hřbetní aorty. U *mesonephros* se již kanálky neotvírají volně do coelomové dutiny, ale končí slepě váčkovitým rozšířením. To se vtlačením cévního glomerulu mění v pohárkovitý útvar, tzv. **Bowmanovo pouzdro**, které spolu s glomerulem vytváří ledvinné, neboli **Malpighické tělísko**. Jednotlivé nefrony předledvin i prvoledvin se napojují na **Wolffův vývod** (*ductus Wolffii*), který představuje primární močovod. Pokud není přítomen močový měchýř (*vesica urinaria*), primární močovody obou ledvin se spojují v jeden vývod a vyúsťují za řitním a pohlavním otvorem krátkou močovou trubicí. Na primární močovody některých rybích druhů jsou napojeny také vývody pohlavních žláz (např. *Acipenseriformes*), ale u většiny *Teleostei* ústí samostatně. Rybí ledviny, jejichž zadní části mají charakter *metanephros*, jsou vybaveny také **sekundárním močovodem** (*ureter*).

### **Rozdíly ve stavbě a funkci ledvin sladkovodních a mořských ryb**

Nefron **sladkovodních ryb** je charakteristický ledvinným tělískem s glomerulem a kanálkem, který se člení na první a druhý proximální segment, úzký a obrvený intermediární segment, distální segment a sběrný odvodný systém. Za vysokou účinnost ledvin sladkovodních ryb odpovídá intermediární a distální segment nefronu. Ledviny sladkovodních ryb jsou často větší v poměru k hmotnosti těla než u mořských ryb a prochází jimi mnohem větší množství vody. Počet glomerulů v jedné ledvině sladkovodních ryb často přesahuje 10.000 a také pouze ledviny těchto ryb produkují tkáňový hormon renin, který v ledvinách zvyšuje krevní tlak.

Nefron **mořských ryb** je tvořen ledvinným tělískem s glomerulem a kanálkem členěným na 2-3 proximální segmenty, které představují jeho hlavní část. Variabilně je mezi 1. a 2. proximálním segmentem přítomen intermediární segment, distální segment většinou chybí. Ledviny mořských ryb obecně obsahují nižší počet méně dokonale vyvinutých glomerulů než ledviny sladkovodních ryb. U stenohalinních mořských ryb se glomeruly nacházejí v různém stupni involuce, u exotických, pohybově málo aktivních mořských druhů dokonce zcela chybějí. U euryhalinních rybích druhů se nefron vyznačuje malým a chudě vaskularizovaným glomerulem a kanálkem členěným na 1. a 2. proximální segment, distální segment a sběrný odvodný systém.



Obr. 25: Schema nefronu prvoledvin *Teleostei*  
 1 *aorta dorsalis*, 2 přívodná tepénka, 3 odvodná tepénka, 4 *glomerulus*,  
 5 Bowmanovo pouzdro, 6 mezonefrický kanálek

### Exkretorická funkce ledvin

Na exkreci dusíkatých zplodin metabolismu se u sladkovodních i mořských ryb významně podílejí žábry. Dusíkaté látky v rybí moči představují 7-25% celkově vylučovaných dusíkatých látek. V ledvinných glomerulech se tvoří primární moč, jejím průchodem jednotlivými úseky nefronu dochází k tubulární reabsorbci a vzniká definitivní moč. Tubulární funkce spočívá zejména v reabsorbci elektrolytů, ionty  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$  jsou resorbovány téměř beze zbytku (jejich koncentrace v moči sladkovodních ryb je nižší než  $20 \text{ mmo} \cdot \text{l}^{-1}$ ). První proximální segment zřejmě reabsorbuje také glukózu, aminokyseliny a makromolekuly.

Rybí moč (*urina*) je bezbarvá a průhledná tekutina. Sladkovodní ryby vylučují značné množství moči, která je silně hypotonická. U sladkovodních *Teleostei* kolísá denní množství vyloučené moči mezi  $40-400 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ , například u kapra obecného dosahuje toto množství  $40-100 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Naproti tomu u mořských ryb se denní množství vyloučené moči pohybuje v rozmezí  $2-5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$  a moč je slabě hypotonická. Dominantní aktivita ledvin mořských ryb spočívá ve vylučování přebytečných iontů  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{SO}_4^{2-}$  močí. Moč sladkovodních i mořských ryb je slabě kyselá až slabě zásaditá v rozsahu pH 6,4-7,4. Rybí moč obsahuje kreatin, močovinu, amoniak, aminokyseliny,

kyselinu močovou a kreatinin. Kyselost moči stoupá v důsledku stresových stavů díky vyššímu obsahu kyseliny mléčné.

### **Osmoregulace rybího organismu**

Z hlediska požadavků na stálost osmotických podmínek prostředí rozdělujeme ryby na **stenohalinní** a **euryhalinní**. Stenohalinní druhy mohou žít jen v prostředí (mořském nebo sladkovodním) s relativně stálou koncentrací solí. Euryhalinní ryby se naopak mohou přizpůsobit různým osmotickým podmínkám a řadíme mezi ně diadromní druhy, které jsou schopny adaptace jak na hyperosmotické, tak hypoosmotické prostředí.

#### **Mořské ryby**

Koncentrace tělních roztoků u mořských kostnatých ryb dosahuje přibližně 1/3 hodnot koncentrace mořské vody, což ve svém důsledku vede k dehydratačním tendencím u těchto ryb vlivem osmózy. Přestup vody a solí probíhá hlavně přes žaberní aparát, rybí kůže je díky vrstvě slizu relativně nepropustná. Proto mořské ryby nahrazují ztráty vody způsobené osmotickými poměry tím, že mořskou vodu aktivně pijí a to v množství přibližně 0,5% tělesné hmotnosti.hod<sup>-1</sup>. Jak soli, tak voda jsou vstřebávány střevním epitelem a přebytečné soli (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>) jsou vylučovány tzv. **chloridovými buňkami** v žaberním aparátu. Velké množství dvojmocných iontů (hlavně Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> a SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) je vylučováno v exkrementech a malé množství také ledvinami. Množství produkované moči je u mořských ryb nízké a dosahuje kolem 0,05% tělesné hmotnosti.hod<sup>-1</sup>.

#### **Sladkovodní ryby**

U sladkovodních ryb jsou tělní tekutiny mnohem koncentrovanější než okolní prostředí, a tak se voda a v ní rozpuštěné soli stále dostávají osmotickým tlakem do organismu, především přestupem přes žaberní epitel a sliznici ústní dutiny a jícnu. Proto je přebytečná voda z organismu neustále odváděna prostřednictvím zvýšeného množství (0,15-0,42% tělesné hmotnosti.hod<sup>-1</sup>) hypotonické moči. Větším ztrátám solí je bráněno aktivním zachytným mechanismem chloridových buněk v žábrách. Avšak z dosud nezjištěných důvodů i sladkovodní ryby vodu pijí, byť pouze v množství 0,05% tělesné hmotnosti.hod<sup>-1</sup>, tj. asi desetkrát méně než mořské ryby.

#### **Euryhalinní ryby**

**Diadromní** rybí druhy (například lososi a úhoři) mají vyvinuty mechanismy, které jim umožňují dobře snášet osmotické změny prostředí. Mají glomerulární ledviny schopné přizpůsobení osmotickým změnám tvorbou odpovídajícího objemu moči. Většinou jde o mořské druhy (anadromní migrátory), pocházející z fylogeneticky staršího řádu *Clupeiformes*. Z toho je usuzováno, že

mořské rybí druhy se vyznačují lepší adaptační schopností ledvin na změny prostředí než sladkovodní druhy. Uvedeným změnám se přizpůsobuje také žaberní aparát a epitel ústní dutiny a jícnu. Chloridové buňky žaberního epitelu těchto ryb mohou fungovat jak sekrečně, tak absorpčně. K adaptaci organismu dochází v brakické vodě ústí řek a adaptace je spojena s geneticky determinovanými změnami a změnami endokrinní aktivity hypofýzy, štítné žlázy a gonád. Adrenalin a kortikosteroidy mohou ovlivňovat osmoregulaci změnami krevního tlaku v ledvinách. Zajímavé je také zjištění, že euryhalinní ryby pijí ve sladkovodním prostředí vodu.

## POHLAVNÍ SOUSTAVA A ROZMNOŽOVÁNÍ

Většina rybích druhů je odděleného pohlaví (**gonochoristé**) s vnějším typem oplození, **hermafroditismus** se vyskytuje výjimečně u některých mořských druhů (např. u zástupců čeledi *Serranidae*). Pohlavní žlázy jsou obvykle párové orgány, zavěšené na pobřišnicových řasách v horní části břišní dutiny podél vnějších okrajů ledvin a po obou stranách plynového měchýře. U samců (**mlíčáků**) se označují jako varlata (*testes*) a u samic (**jikernaček**) jako vaječníky (*ovaria*).

### Stavba pohlavních orgánů

**Varlata** mohou mít vnitřní stavbu s **hroznovitým** nebo **radiálním** uspořádáním. U rybích druhů s hroznovitou stavbou varlat vytvářejí zárodečné buňky nejprve pruhy, v nichž opakovaným dělením buněk vznikají kulovité shluky, postupně vzájemně oddělené pojivovou tkání. Tyto kulovité útvary se protahují do délky a uvnitř vzniká dutina, obklopená několika vrstvami spermatogonií. V době pohlavního dospívání se jednotlivé váčky a trubičky varlat vzájemně spojují s odvodným vývodem (*ductus deferens*). U druhů s radiálním typem varlat se množí epitelové buňky naléhající na vnitřní stranu zárodečných buněk rychleji a v gonádách tím vznikají radiálně uspořádané páry buněk, které se později větevnatě spojují. Zárodečné buňky se mění na spermatogonie. Varlata pohlavně zralých ryb jsou mléčně zbarvená, protažená do délky a na průřezu oválná nebo trojhranná. Uvnitř varlate je centrální kanálek s postranními kanálky nebo váčky, v nichž vznikají ze zárodečných buněk spermatogonie a z nich postupně spermie. Rybí spermie mají obdobnou stavbu jako u vyšších obratlovců (hlavička, krček a bičík) a jsou velmi malých rozměrů. Velikost spermií a jejich množství je druhově variabilní, např. u okouna říčního jejich délka dosahuje 20  $\mu\text{m}$ , u štiky obecné 45  $\mu\text{m}$ . Počet spermií dosahuje u pstruha duhového 10  $\text{T.l}^{-1}$ , u štiky obecné 20  $\text{T.l}^{-1}$ . Spermie jsou ve varlatech a v pohlavních vývodech nepohyblivé, pohyblivost získávají až ve vodním prostředí. Doba

pohyblivosti spermií je u ryb obecně krátká, přičemž kratší interval pohyblivosti vykazují studenomilné rybí druhy:

pstruh obecný	25 sec.	štika obecná	2 min.
pstruh duhový	40 sec.	kapr obecný	2-3 min.
lipan podhorní	90 sec.	jeseterovití	4-5 min.

V mořské vodě je doba pohyblivosti rybích spermií podstatně delší, například u sledů dosahuje řádové hodiny až dny.

**Vaječníky** se stejně jako varlata zakládají párově, ale v dospělosti je u nich poměrně častá asymetrie. Vnitřní prostor vaječnicků se druhotně zvětšuje lištovými přepážkami, které jsou u některých druhů postaveny příčně, u jiných podélně. Ve folikulech vaječnicků se ze zárodečných buněk tvoří oogonie a z nich postupně vajíčka, která se u ryb označují jako jikry. Vajíčko je na povrchu kryto obalem prvního stupně, tzv. **žloutkovou blánou** (*membrana vitellina*). Oogonie je v raném stadiu ještě obalena vrstvou epiteliálních buněk, tvořících vaječnickový folikul. Z nich u zralého vajíčka vzniká obal druhého stupně typu nebuněčné blány (**chorion**), oddělující vajíčko od folikulu a označovaný jako *zona pellucida*. Protože oba uvedené obaly vznikají před oplozením vajíčka, jsou vybaveny otvory (**mikropyle**) pro vniknutí spermie. U většiny rybích druhů je tento otvor jeden, u zástupců čeledě jeseterovitých (*Acipenseridae*) jich bývá více. Většina rybích druhů má jikry kulovitého tvaru a tzv. **telolecitálního** typu, jejichž žloutek je více soustředěn na vegetativním pólu. Po styku s vodou jikra začíná v důsledku propustnosti vaječných obalů bobtnat, voda přechází i přes žloutkovou blánu, pod níž se vytváří **perivitellinní prostor**. Vlivem aktivity enzymu v perivitellinním roztoku postupně tuhne *zona pellucida* (chorion) a další zásobování jikry vodou již není možné. Bobtnáním jikry se totiž uzavírá mikropyle, čímž je také časově omezena možnost oplození. U jiker mořských ryb je schopnost oplození zachována déle než u sladkovodních ryb. Velikost jiker je druhově charakteristická a je dána množstvím výživného žloutku. Jikry rybích druhů, žijících v méně příznivých teplotních podmínkách jsou obvykle větší, ale jikernačka jich má méně. Největší jikry byly zjištěny u sumce rodu *Arius* a dosahují až 15 mm. Z našich rybích druhů má největší jikry pstruh obecný a nejmenší mník jednovousý:

pstruh obecný	4-5,5 mm	okoun říční	2-2,5 mm
lipan podhorní	3,2-4 mm	kapr obecný	1,2-1,5 mm
štika obecná	2,5-3 mm	mník jednovousý	0,7-0,8 mm

Zbarvení jiker je velmi rozdílné v závislosti na rybím druhu, množství a kvalitě potravy a také zdravotním stavu ryby. U lososovitých ryb mají jikry charakteristicky žluté až oranžové zbarvení díky vysokému obsahu karotenoidů ve žloutku. Naproti tomu jikry některých druhů jsou prakticky bezbarvé (např. amur bílý), odumřelé jikry jsou bělavé v důsledku denaturace bílkovin. S ohledem na specifickou hmotnost rozlišujeme jikry volně se vznášející ve vodním sloupci (**pelagické**) a jikry ponořené (**demerzální**), klesající ke dnu, nebo přichycené k podkladu. Pelagické jikry se vyskytují většinou u mořských ryb, z našich druhů například u ostruchy křivočaré, demerzální jikry jsou charakteristické pro většinu sladkovodních ryb.

### **Uspořádání vývodů pohlavních žláz**

Vývojově vyšší ryby (*Teleostei*) disponují na rozdíl od paryb (*Chondrichthyes*) samostatnými vývody pohlavních žláz, které nemají spojení s vývody ledvin.

**Vývody varlete** (*ductuli efferentes testis*) jsou tedy úplně odděleny od vývodných močových cest, spojují se v samostatný chámovod (*ductus spermaticus*), který ústí nezávisle na Wolffově vývodu (*ductus Wolffii*) do konečného *sinus urogenitalis*.

**Vejcovod** (*oviductus*) je u *Teleostei* tvořen srůstem peritoneální řasy obalující vaječník (ovarium), která tak vytváří peritoneální trubici. U řádu bezostných (*Clupeiformes*) a některých zástupců řádu holobříchých (*Anguilliformes*) vejcovody v různém stupni degenerují. U čeledí *Salmonidae* a *Anguillidae* jsou vejcovody zredukovány na krátké nálevky nebo na pár tzv. abdominálních (genitálních) pórů, ústících za řitním otvorem. V tělní dutině zůstává zachován zbytek počátečního ústí vejcovodů.

U většiny ryb obou pohlaví jsou při ústí pohlavních vývodů vytvořeny **přídavné** (akcesorické) **pohlavní žlázy**, jejichž sekret má ochranný vliv na pohlavní buňky. Pohlavní vývody většiny ryb vyúsťují za řitním otvorem a to buď společně s močovými cestami společným *sinus urogenitalis* na močopohlavní bradavce, anebo samostatně. Potom se nachází vyústění pohlavního vývodu před močovým.

### **Rozmnožování**

Jak již bylo uvedeno, většina ryb se vyznačuje gonochorismem s vnějším oplozením, k němuž dochází ve vodním prostředí během výtěru (bez kopulace). Partenogeneze nebyla v přírodních podmínkách u ryb pozorována. Poměrně vzácně se u ryb vyskytuje **gynogeneze**, která představuje způsob neúplného oplození, kdy spermie pouze aktivuje vajíčko, ale nedochází ke splnutí samčího a

samičho jádra. Z rybích druhů žijících na našem území se spontánně vyskytuje pouze u monosexuálních samičích populací karasa stříbrného (*Carassius auratus*).

### Vývoj pohlavní soustavy (gonadogeneze)

Již během embryonálního vývoje ve stadiu morulace vznikají **prvotní** (primordiální) **pohlavní buňky (gonogonie)**. Tyto buňky migrují a postupně se koncentrují v zadní části trupu, kde společně s buňkami coelomového a germinativního epitelu dávají vznik základu budoucí gonády. Mitotickým dělením gonogonií vzniknou dvě pohlavní prvobuňky, u samců dvě **spermatogonie** a u samic dvě **oogonie**. Každá z těchto buněk se opět mitoticky dělí, takže nakonec vzniknou čtyři pohlavní prvobuňky s diploidním počtem chromozómů. Tím je také ukončeno první zrací období pohlavních buněk a indiferentní období vývoje gonád, formují se varlata a vaječníky. Následuje období růstu spermatogonií a oogonií, které je charakteristické pro dosahování pohlavní dospělosti, a končí přetvořením pohlavních buněk na **spermatocyty** a **oocyty I. řádu**. Potom nastupuje období redukčního dělení, kdy se každý ze spermatocytů I. řádu dělí na dva **spermatocyty II. řádu**, ihned následuje druhé dělení, při němž již vznikají **spermatidy** s haploidním počtem chromozómů. Spermatidy, které mají ještě normální tvar buňky, se nakonec přetvářejí v dospělé **spermie** s hlavičkou, krčkem a bičíkem. **Oocyt I. řádu** se po výrazném období růstu dělí na dva **oocyty II. řádu**, avšak nerovnoměrně. Vzniká tzv. **vaječná buňka**, která si zachovává téměř veškerou cytoplazmu a tzv. **pólová buňka** (přisedlá na vaječnou). Další dělení vaječné buňky probíhá opět nerovnoměrně a vzniká jediné velké **vajíčko** (*ovum*) se třemi drobnými pólovými buňkami.

**Diferenciace pohlaví** je u ryb poměrně složitý a labilní proces. Vývojově původní proces je takový, že z **nediferencovaných gonád přímo** vznikají varlata nebo vaječníky. Druhou formou je tzv. **juvenilní hermafroditismus**, kdy se nediferencované gonády nejprve vyvíjeli samčím nebo samičím směrem a v pozdějších stádiích dojde ke zvratu. Zakotvení pohlaví je u řady rybích druhů rovněž labilní, takže k jeho zvratu (**sexuální inverzi**) dochází i po dosažení pohlavní dospělosti, například změnou podmínek prostředí.

Pro rozlišení stadií vývoje gonád je v ichtyologické praxi používána šestistupňová **klasifikace podle Nikolského (1961)**:

**I. stadium mladosti** - gonády juvenilních ryb, které se ještě netřelv. Jsou slabě vyvinuté v podobě úzkých proužků podél dutiny břišní, okem nelze pohlaví rozlišit.

**II. stadium klidu** - pohlavní produkty se ještě nezačaly vyvíjet nebo jsou vytřené. Gonády jsou velmi malé, ovária jsou zrnitá a vyznačují se protoplazmatickým růstem oocytů, které nejsou pouhým okem viditelné.



**III. stadium dozrání** - hmotnost gonád se zvyšuje a zaujímají až 1/3 prostoru břišní dutiny. V ováriích probíhá trofoplazmatický růst oocytů, které jsou shluklé do malých hrudek a již viditelné pouhým okem. *Testes* mění zbarvení z průzračného na bledě růžové. U mnoha rybích druhů zůstávají gonády v tomto stadiu od podzimu do časného jara.

**IV. stadium zralosti** - pohlsavní produkty dozrály, gonády jsou plně vyvinuté a zaujímají až 2/3 objemu dutiny břišní. Jikry jsou velké, průhledné a lze je od sebe oddělit. Z varlat při řezu vychází mlíčí. Toto stadium trvá u většiny ryb zpravidla jen krátce.

**V. stadium výtěrové** -ve vaječnicích došlo k ovulaci jiker a ve varlatech ke zředění spermií semennou tekutinou. Již při lehkém tlaku na břišní stěnu vycházejí pohlavní produkty z těla.

**VI. stadium povýtěrové** - gonády jsou vyprázdněné a jejich hmotnost se podstatně snižuje. V ováriích zůstávají ojedinele nevytřené (reziduální) jikry a v *testes* zbytky mlíčí. Urogenitální papila je ještě narůžovělá (zejména u samic), gonády po krátké době přecházejí do II. stadia.

Gonády se zralými pohlavními produkty dosahují před výtěrem maximálních rozměrů a zvláště u samic zaujímají značnou část dutiny břišní. Pro objektivní posouzení stavu vývoje gonád se u ryb obou pohlaví používá v ichtyologické a rybářské praxi tzv. **koeficient zralosti**, který vyjadřuje procentický podíl hmotnosti gonád k hmotnosti celé ryby, častěji však k hmotnosti bez vnitřností. V posledních letech se však tento koeficient spíše označuje jako **gonadosomatický index** se zkratkou GSI.

Pohlavní dospívání ryb úzce souvisí s rychlostí růstu a dosahovanou velikostí daného druhu. Krátkověké druhy dorůstající malých rozměrů dospívají již v druhém roce života, dlouhověké druhy obvykle ve věku 3-5 let, někdy i později. Například největší druh jesetera vyza velká (*Huso huso*) dospívá až ve věku 15-20 let, losos obecný (*Salmo salar*) ve věku 3-6 let, kapr obecný ve 3-5 letech a okoun říční ve 2-3 letech. Samci většiny rybích druhů pohlavně dospívají o 1-2 roky dříve než samice a také při menší velikosti. Například mlíčáci štiky obecné často pohlavně dospívají již ve věku jednoho roku. Samci jsou také dříve připraveni k výtěru a výtěrové období je u nich delší.

### Výtěr

Všechny naše ryby jsou **vejcorodé (oviparní)** a oplození vajíčka je vnější. U některých paryb i vyšších ryb se vyskytuje **živorodost (ovoviviparie)**. Ta spočívá ve vnitřním oplození samice a vývoji vajíček v oviduktech až do stadia vstřebání žloutkového váčku embrya. Z pohlavního ústrojí potom vystupují tvarově dotvářené malé rybky. U *Teleostei* je však živorodost vzácná a u nás se s ní setkáme pouze u některých druhů ryb, chovaných v akváriích (např. *Poecilia reticulata*, *Xiphophorus helleri* a další).

**Podle cykličnosti** rozmnožování můžeme ryby rozdělit na druhy **monocyklické** a **polycyklické**. Monocyklické druhy se rozmnožují pouze jedenkrát za život a po dosažení pohlavní dospělosti a vykonaném výtěru hynou. Jedná se většinou diadromní druhy, které podstupují dlouhé výtěrové migrace (řádově až několik tisíc km), během kterých nepřijímají potravu a po výtěru hynou v důsledku vyčerpání energetických rezerv organismu (např. tichomořští lososi rodu *Oncorhynchus*). Z našich rybích druhů patří mezi monocyklické pouze úhoř říční a blatňák tmavý. Téměř všechny naše ryby řadíme mezi druhy polycyklické, které se po dosažení pohlavní dospělosti vytírají v pravidelných cyklech několikrát za život. V našich zeměpisných šířkách se tyto polycyklické druhy zpravidla rozmnožují v pravidelných ročních intervalech, v teplejších oblastech často v intervalech kratších a v chladnějších oblastech v delších, několikaletých intervalech.

Z hlediska **porcionálnosti** výtěru rozeznáváme druhy s **jednodávkovým** a **vícedávkovým** výtěrem. U druhů s jednodávkovým výtěrem dochází k synchronnímu zrání a ovulaci všech oocytů, takže tyto ryby se vytřou jednorázově během krátkého časového intervalu (např. lipan podhorní, štika obecná, okoun říční). Vícedávkový výtěr se vyskytuje u druhů, jejichž oocyty dozrávají v gonádách postupně a vlastní výtěr je potom rozložen do více dávek v období několika týdnů. výjimečně až měsíců (např. cejn velký, parma obecná, lín obecný). Vícedávkovost výtěru je efektivní opatření pro zajištění přežití druhu.

**Plodnost ryb** závisí na druhové příslušnosti, stáří a velikosti ryb, jejich výživném stavu a dalších faktorech. Z hlediska druhové příslušnosti ovlivňuje plodnost zejména velikost jiker a rozvinutost úrovně rodičovské péče o jikry a potomstvo. Plodnost našich ryb se pohybuje od několika desítek jiker u hořavky duhové až po milióny jiker u kapra obecného, úhoře říčního a mníka jednovousého. Mezi nejplodnější druhy patří ryby z čeledě treskovitých (*Gadidae*). U tresek dosahuje absolutní plodnost až 9,5 mil. jiker, u mníka mořského (*Molva molva*) dokonce až 60 mil. jiker. Nejplodnějším známým druhem je mořská ryba měsíčník svítivý (*Mola mola*), který dosahuje hmotnosti kolem 1.000 kg a absolutní plodnosti až 300 mil. jiker.

**Velikost jiker** jednotlivých rybích druhů je určována především množstvím zásobního žloutku, z tohoto pohledu je rozlišujeme na:

**-jikry oligolecitální**, s malým množstvím žloutku, které dosahují v nabobtnalém stavu velikosti do 1,5 mm s poměrem plazmy a žloutku 1:2,2

**-jikry mezolecitální**, se středním množstvím žloutku, které dosahují průměru 1,5-4 mm s poměrem plazmy a žloutku 1:2-1:50,3

**-jikyry polylecitální**, s velkým množstvím žloutku s průměrem v nabobtnalém stavu přes 4 mm a poměrem plazmy a žloutku více než 1:50

Z hlediska **lepkavosti** ještě jikry rozdělujeme na **volné** (nelepkavé) a **adhezivní** (lepkavé). Toto rozdělení se týká pouze **demerzálních** jiker. Volné jikyry leží na dně bez přichycení k substrátu nebo mezi sebou (např. druhy čeledě *Salmonidae*). Lepkavé jikyry mohou být aglutinované, které se slepují vzájemně mezi sebou i se substrátem a mezi jednotlivými jikrami vznikají prostory, jimiž může proudit voda (např. okoun říční), nebo jikyry fixované, které se přichycují a dno, porosty vodních rostlin, kořeny stromů a další substráty (např. štika obecná, kapr obecný, cejn velký).

Z hlediska **ochrany jiker** a péče o potomstvo dělíme ryby na skupiny **ochraňující** jikyry a potomstvo (jejich plodnost je nízká), **ukrývající jikyry** (do štěrku, písku) a **neochraňující** jikyry- ani potomstvo (jejich plodnost je vysoká, většina rybích druhů).

### **Nároky ryb na podmínky prostředí při rozmnožování**

Ryby mají specifické požadavky na podmínky prostředí z hlediska dozrávání pohlavních produktů, vlastního výtěru, ale i vývoje oplozených jiker a vylíhnutí plůdku. Mezi nejdůležitější faktory patří teplota vody, obsah rozpuštěného kyslíku, světelný režim, přítomnost specifického výtěrového substrátu a proudění vody. Některé ryby jsou v požadavcích na tyto podmínky velmi konzervativní a specializované (**stenoekní**), jiné druhy jsou schopny se úspěšně rozmnožovat i ve změněných podmínkách (druhy **euryekní**).

Z faktorů prostředí má největší vliv na pohlavní dozrávání a výtěr ryb teplota vody. Vlastní výtěr nastává u jednotlivých druhů ryb až při dosažení určité teplotní hranice (tzv. **výtěrová teplota**). Při poklesu teploty pod tuto hranici se i již zahájený výtěr přerušuje. Výtěrová teplota je opět druhově charakteristická:

mník jednovousý	0,2-4°C	kapr obecný	17-18°C
cejn velký	10-15°C	sumec velký	18-19°C
candát obecný	12-14°C	lín obecný	19-20°C

Změny ve **světelné intenzitě** mohou působit jako aktivátor dozrávání pohlavních buněk a ovulace a spermiace (přes centrální nervovou soustavu a endokrinní soustavu). Na změnu délky světelného dne (fotoperiody) však rybí druhy nereagují stejně. Přímá závislost na zkracování světelného dne je známa u lososovitých ryb s podzimním výtěrem (pstruh obecný), postupné prodlužování světelného dne stimuluje postupné dozrávání pohlavních produktů a dávkový výtěr u parmy obecné, naopak zkracování fotoperiody tento proces inhibuje.

Z hlediska **vlivu proudění vody** je známo, že některé reofilní rybí druhy vyžadují ke spontánní ovulaci pobyt v proudící vodě.

Podle specifických požadavků na výtěrový substrát rozdělujeme rybí druhy do několika ekologických skupin:

**1. druhy litofilní** - vytírají jikry na čistý a tvrdý substrát (kamenité nebo šterkovité dno) tekoucích vod.

**2. druhy fytofilní** - vytírají silně lepkavé jikry na submerzní vodní rostliny, nebo i na zatopené suchozemské porosty, nikdy však na dno. Bez přítomnosti tohoto substrátu k výtěru nedojde.

**3. druhy indiferentní** - podobně jako fytofilní skupina vytírají jikry na ponořený rostlinný substrát. Pokud ten však není k dispozici, vytrou se na substrát náhradní (ponořené kameny, větve apod.). Do této skupiny patří například ouklej obecná, plotice obecná, cejn velký a okoun říční.

**4. druhy pelagofilní** - mají většinou malé, oligolecitální jikry, které jsou vytírány volně do vodního sloupce. Jikry obsahují tukovou kapénku, nebo mimořádně bobtnají a mnohonásobně zvětšují svůj objem, takže mají nízkou specifickou hmotnost. Jikry jsou unášeny vodními proudy, takže vylíhlý plůdek se nenachází v místě výtěru. Z našich ryb patří mezi pelagofilní druhy ostrucha křivočará, z introdukovaných amur bílý, tolstolobik bílý. Nejvíce pelagofilních druhů se vyskytuje mezi mořskými rybami, jejichž jikry prodělávají inkubaci v teplejších a kyslíkatějších povrchových vrstvách moří a oceánů.

**5. druhy polopelagofilní** - tvoří přechodovou skupinu mezi litofilními a pelagofilními druhy. Jikry jsou vytírány na tvrdý substrát říčního dna, jejich lepkavost je pouze krátkodobá a později jsou unášeny říčním proudem. K těmto druhům patří mník jednovousý a zástupci čeledě *Acipenseridae*.

**6. druhy psamofilní** - vytírají se na písčité povrch dna v tekoucích vodách, jikry jsou velmi malé podobně jako u fytofilních druhů a jsou také lepkavé. Z našich druhů do této skupiny řadíme hrouzka obecného a mřenku mramorovanou.

**7. druhy- ostrakofilní** - samicím těchto druhů se v období výtěru prodlužuje urogenitální papila v dlouhé kladélko, jímž kladou jikry do žaberní dutiny mlžů. Jikry jsou polylecitální a je jich malý počet. Z našich druhů patří do této skupiny hořavka duhová.

## **Ontogeneze**

Ve vývoji rybiho jedince rozlišujeme 5 základních období (period):  
**embryonální, larvální, juvenilní, adultní a senektivní.**

**Embyonální** perioda začíná oplozením vajíčka, končí zahájením vnější (exogenní) výživy a je možno ji rozdělit na:

-**fázi ovulární** (rýhování vajíčka)

-**fázi embryonální** (embryo uvnitř vaječných obalů do vykulení z jikry)

-**fázi eleuteroembryonální** (embryo během vrcholícího líhnutí nebo bezprostředně po jeho skončení, tzv. volný zárodek = váčkový plůdek)

**Larvální perioda** začíná zahájením exogenní výživy jedince a končí zformováním definitivních orgánů, kdy i tělo získává proporce podobné dospělé rybě. Plně již funguje soustava trávicí, dýchací, močové a pohybové ústrojí. Tato perioda může být dále členěna na **fázi rané larvy** (po vstřebání žloutkového váčku) a na **fázi pozdní larvy** (v přechodu do juvenilní periody). Larvální perioda však nemusí u každého rybího druhu existovat. Složitost raného vývoje totiž závisí na velikosti jikry, přesněji na množství výživného žloutku v jikře. Z větších jiker se líhnou celkem dokonalé mladé rybky, které jsou velmi podobné dospělcům, z menších jiker se líhnou embrya, prodělávající během růstu různě dlouhý vývoj a metamorfózu. Přechod z larvální do juvenilní periody může být charakterizován metamorfózou rázu vývojového skoku (např. u úhoře říčního z leptocfalní larvy na sklovitého úhoříka), nebo může probíhat postupně (evolutivně), jak je tomu u většiny našich druhů ryb.

**Juvenilní perioda** začíná dovršením metamorfózy, vytvořením všech tělesných struktur a formy těla typické pro dospělého jedince, u kaprovitých ryb například i vytvořením šupinového pokryvu (u kapra obecného tzv. rychlený plůdek). Končí zahájením přípravy k dosažení pohlavní dospělosti.

**Adultní perioda** představuje období pohlavní zralosti, rozmnožovací aktivity a intenzivního tělesného růstu. Začíná prvním dosažením III. stadia zralosti gonád a trvá až do nástupu trvalých příznaků stárnutí.

**Senektivní perioda** je období stárnutí, jehož začátek se projevuje trvalým snižováním nebo úplným zastavením pohlavní aktivity. Projevuje se snižováním plodnosti, kvality pohlavních produktů i kvality a početnosti potomstva. Perioda končí smrtí jedince.

Charakteristickým znakem rozmnožování ryb je také skutečnost, že se často vyskytují mezidruhová kříženci (hybridi), a to zejména u sladkovodních ryb. Běžní jsou v čeledi *Cyprinidae*, poměrně častí u *Salmonidae*, *Coregonidae* a *Acipenseridae*, ale vyskytují se i u *Esocidae*. Navíc kříženci

fylogeneticky blízkých rybích druhů jsou často dále plně plodní (např. síh severní maréna x síh peled', nebo tolstolobik bílý x tolstolobec pestrý).