



Klasifikace vod podle čistoty

Jakost (kvalita) vod

Čištění vod z rybářských provozů

Doc. Ing. Radovan Kopp, Ph.D.



Mendelova
univerzita
v Brně



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

CZ.1.07/2.2.00/28.0302

Klasifikace vod podle čistoty

JAKOST (= KVALITA) VODY - moderní technický termín jakost vody shrnuje všechny faktory, které ovlivňují využití vody pro člověka.

Povrchové vody jsou zdrojem pitné a užitkové vody a slouží pro rekreační účely, chov ryb aj. Současně jsou však recipientem splaškových a průmyslových odpadních vod.

Vlivem přísunu nečistot se porušuje biologická rovnováha v recipientech a jejich schopnost samočištění.

Vliv odpadních vod na jakost povrchové vody se posuzuje podle chemických, biologických a estetických změn vody, kterými jsou poškozeny veřejné zájmy.

Nejnápadnějším jevem je úhyn ryb.

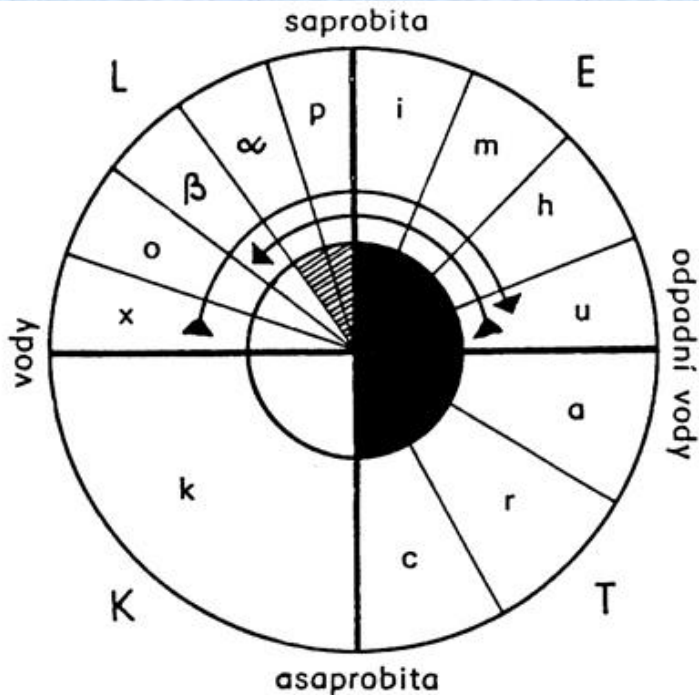
Hodnocení přípustného znečištění vod se posuzuje jednak podle **emisních limitů** (max. přípustné koncentrace v odpadní vodě vypouštěné do recipientu), jednak podle **imisních limitů** (koncentrace ve vodním recipientu, které by při vypouštění odpadních vod neměly být překročeny)

Klasifikační toků se rozumí normované roztrídění toků podle jakosti vody

Ke klasifikaci se využívají ukazatele (indikátory) vyjadřující fyzikální, chemický nebo biologický stav vodního prostředí.

Z biologického hlediska musíme uvažovat tyto faktory jakosti vody:

- **Saprobita** = organické znečištění. Jeví se jako obsah organických látek schopných biochemického rozkladu (vyjádřený jako BSK, TOC, CHSK). Různé stupně organického znečištění dávají vznik určitým životním společenstvům (biocenózám).
- **Toxicita** = vliv jedovatých látek, které brzdí (inhibují) až zcela ničí vodní organismy. Stupně toxicity jsou přímo úměrné koncentraci toxických látek. (akutní, chronická toxicita).
- **Eutrofizace** = obohacování vody minerálními živinami (hlavně P a N) a následné rozbuzení vodního květu, vegetačního zbarvení vody, vláknitých řas, litorální vegetace
- **Acidifikace** = snižování hodnoty pH vodních ekosystémů především vlivem „kyselých“ dešťů (vysoký obsah oxidů síry a dusíku). Úhyny ryb, pokles biodiverzity společenstev, zvýšení koncentrace těžkých kovů (toxicita hliníku)



SAPROBITA - systém saprobity:

KATAROBITA = K, nejčistší (pitné) vody, jejichž kvalita je definována normami na pitnou vodu. Oživení je slabé.

LIMNOSAPROBITA = L, povrchové vody méně či více znečištěné. Ke zhoršení jakosti může docházet jak

přirozeným procesem, tak vlivem člověka.

EUSAPROBITA = E, odpadní vody, obsahující velké množství hnilobných organických látek.

TRANSAPROBITA = T, odpadní vody, v nichž mají rozhodující vliv nesaprobni faktory (jedy, oleje, teplota atd.)

Tabulka 1 - Přehled o rozšířeném saprobním indexu podle PANTLE a BUCKA

Saprobní stupeň a název		Zkratka	Rozmezí	Průměr (střed stupně)
0.	katarobita	k	- 1,5 až - 0,5	- 1,0
1.	xenosaprobita	x	- 0,51 až 0,5	0,0
2.	oligosaprobita	o	0,51 až 1,5	1,0
3.	beta-mesosaprobita	β (b)	1,51 až 2,5	2,0
4.	alfa-mesosaprobita	α (a)	2,51 až 3,5	3,0
5.	polysaprobita	p	3,51 až 4,5	4,0
6.	isosaprobita	i	4,51 až 5,5	5,0
7.	metasaprobita	m	5,51 až 6,5	6,0
8.	hypersaprobita	h	6,51 až 7,5	7,0
9.	ultrasaprobita	u	7,51 až 8,5	8,0

Levá polovina zahrnuje běžné povrchové vody, pravá odpadní vody, horní polovina saprobní a dolní asaprobní podmínky. Hodnoty BSK₅ vzrůstají od x do u, samočištění od u do β.
(Sládeček, 1963)

Nařízení vlády č. 61/2003 Sb.

O ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

Novelizováno nařízením č. 229/2007 Sb.,
č. 23/2011 Sb.

Normy environmentální kvality a požadavky na užívání vod

Ukazatele vyjadřující stav vody ve vodním toku, normy environmentální kvality (nařízení vlády č. 61/2003 Sb. v platném znění, výběr ukazatelů)

Ukazatel	Požadavky pro užívání vody (celoroční aritmetický průměr)				Obecné požadavky (NEK-RP)
	vodárenské účely	koupání	lososové vody	kaprové vody	
Rozpuštěný kyslík (mg/l)					> 9
BSK ₅ (mg/l)			2		3,8
CHSK _{Cr} (mg/l)					26
TOC (mg/l)	8				10
Celkový fosfor (mg/l)	0,05	0,05			0,15
Celkový dusík (mg/l)					6
Teplota vody (°C)					max. 29
N-NH ₄ ⁺ (mg/l)			0,03	0,16	0,23
N-NO ₂ ⁻ (mg/l)			0,09	0,14	
N-NO ₃ ⁻ (mg/l)					5,4
Chlorofyl (µg/l)	25	50			
pH					6-9

Klasifikace tekoucích vod podle čistoty

V ČR se dlouhodobě používá klasifikační systém podle ČSN 757221, Klasifikace jakosti povrchových vod, který dělí tekoucí vody do pěti tříd:

I. Třída	neznečištěná voda	barva světle modrá
II. Třída	mírně znečištěná voda	barva tmavě modrá
III. Třída	znečištěná voda	barva zelená
IV. Třída	silně znečištěná voda	barva žlutá
V. Třída	velmi silně znečištěná voda	barva červená

Mezní hodnoty tříd jakosti vody podle ČSN 757221 (výběr ukazatelů)





Ukazatel	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
BSK ₅ (BOD ₅)	< 2	< 4	< 8	< 15	≥ 15
CHSK _{Cr} (COD _{Cr})	< 15	< 25	< 45	< 60	≥ 60
amoniakální dusík	< 0,3	< 0,7	< 2	< 4	≥ 4
dusičnanový dusík	3	< 6	< 10	< 13	≥ 13
celkový fosfor	0,05	< 0,15	< 0,4	< 1,0	≥ 1,0
saprobní index makrozoobentosu *)	< 1,5	< 2,2	< 3,0	< 3,5	≥ 3,5
rozpuštěný kyslík	> 7,5	> 6,5	> 5,0	> 3,0	≤ 3,0
konduktivita/mS m ⁻¹	< 40	< 70	< 110	< 160	≥ 160
sírany	< 80	< 150	< 250	< 400	≥ 400
chloridy	< 100	< 200	< 300	< 450	≥ 450
vápník	< 150	< 200	< 300	< 400	≥ 400
hořčík	< 50	< 100	< 200	< 300	≥ 300
železo	< 0,5	< 1	< 2	< 3	≥ 3
mangan	< 0,1	< 0,3	< 0,5	< 0,8	≥ 0,8
zinek	< 0,015	< 0,05	< 0,1	< 0,2	≥ 0,2
měď	0,05	< 0,02	< 0,05	< 0,1	≥ 0,1
rtuť/μg l ⁻¹	< 0,05	< 0,1	< 0,5	< 1,0	≥ 1,0
kadmium /μg l ⁻¹	< 0,1	< 0,4	< 1,0	< 2,0	≥ 2,0
CHSK _{Mn} (COD _{Mn})	< 6	< 9	< 14	< 20	≥ 20
TOC	< 7	< 10	16	< 20	≥ 20
AOX	< 0,01	< 0,02	0,03	< 0,04	≥ 0,04
trichlormethan /μg l ⁻¹	< 0,2	< 1,0	< 2,0	< 3,0	≥ 3,0
PAU(PAH) /μg l ⁻¹	< 0,01	0,1	< 0,5	< 3,0	≥ 3,0
ΣPCB /μg l ⁻¹	< 0,005	0,01	0,02	< 0,03	≥ 0,03
chlorofyl-a	< 0,010	< 0,025	< 0,050	< 0,100	≥ 0,100

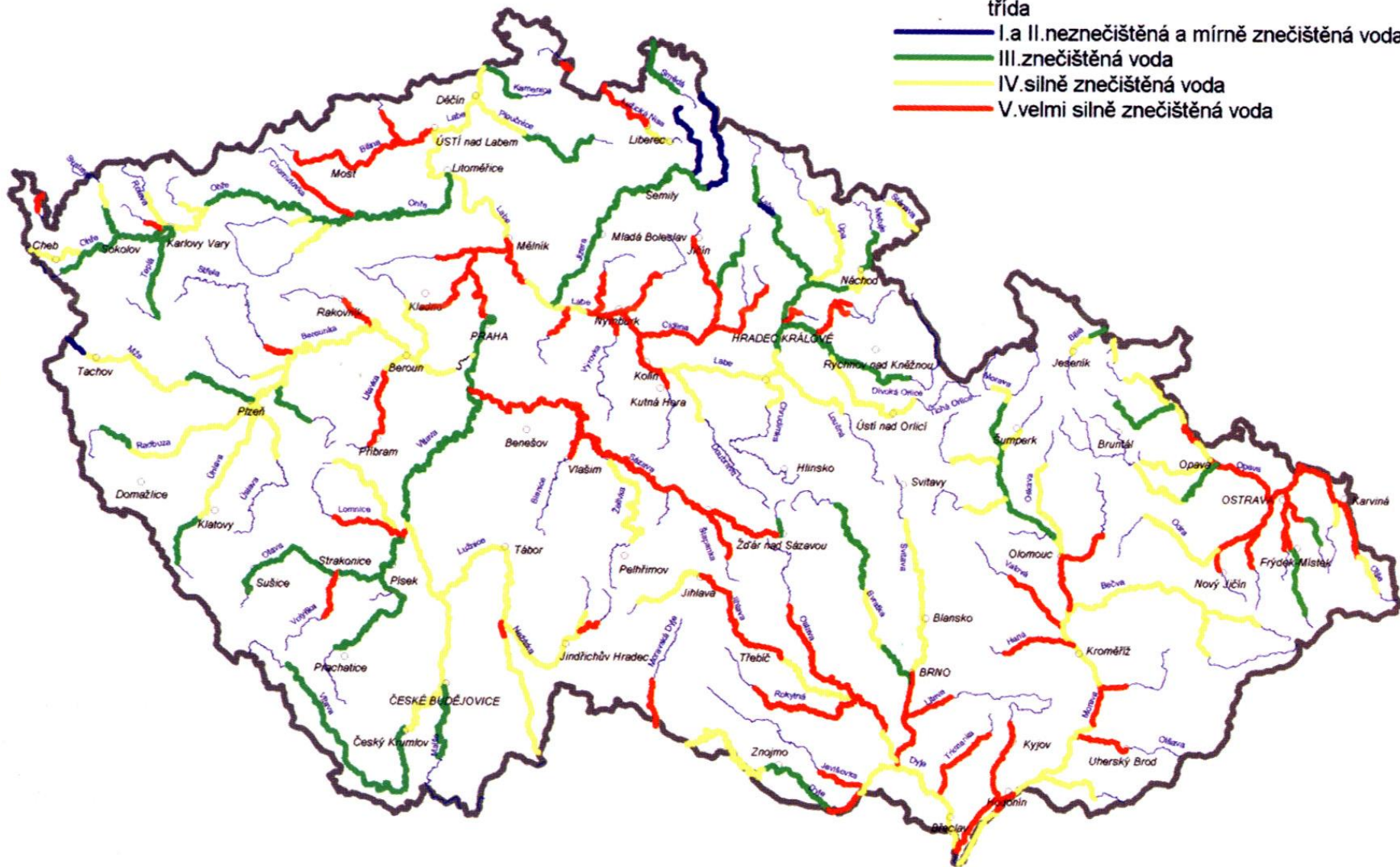
Jakost vody v tocích ČR v letech 1991-1992

HODNOCENÍ PODLE ČSN 75 7221

Základní klasifikace

třída





-  I.a II. neznečištěná a mírně znečištěná voda
-  III. znečištěná voda
-  IV. silně znečištěná voda
-  V. velmi silně znečištěná voda

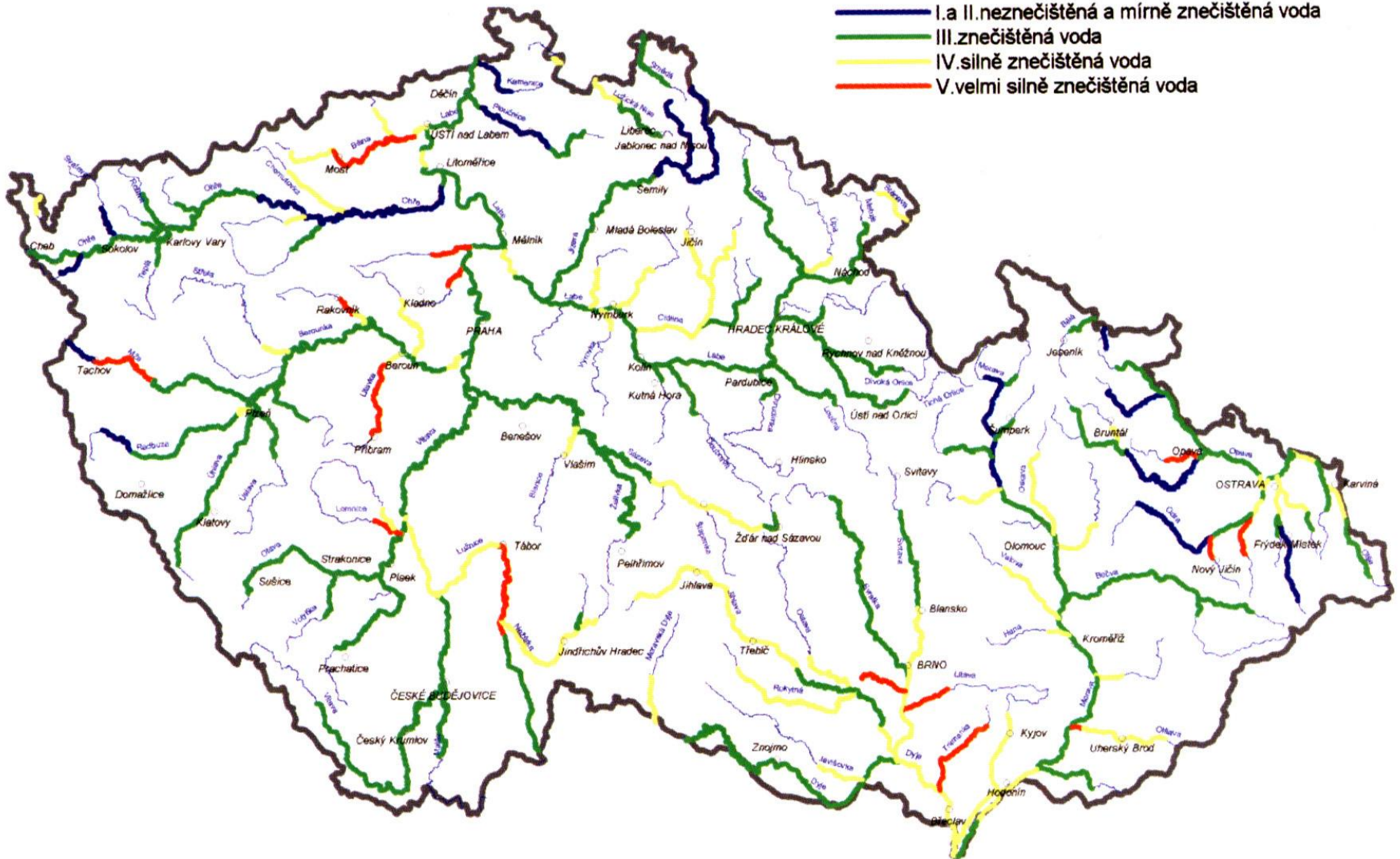


Jakost vody v tocích ČR v letech 2004-2005

Základní klasifikace

třída

-  I.a II. neznečištěná a mírně znečištěná voda
-  III. znečištěná voda
-  IV. silně znečištěná voda
-  V. velmi silně znečištěná voda



Čištění odpadních vod.

Vodní zákon č. 254/2001 Sb.

- „Kdo vypouští odpadní nebo zvláštní vody do vod povrchových nebo podzemních, je **povinen zajišťovat jejich zneškodňování** v souladu s podmínkami stanovenými v povolení k jejich vypouštění. Ten, kdo vypouští odpadní vody, je povinen v souladu s rozhodnutím vodoprávního úřadu **měřit objem vypouštěných vod a míru jejich znečištění a výsledky těchto měření předávat vodoprávnímu úřadu**, který rozhodnutí vydal, a příslušnému správci povodí a pověřenému odbornému subjektu.

Kvalita odpadních vod

- Ukazatelé pro posuzování kvality odpadních vod:

BSK₅, CHSK, N_T, P_T, pH, teplota (ovlivňuje rychlost biochemických reakcí)

BSK₅ [mg.l⁻¹] – vyjadřuje obsah biologicky rozložitelných organických látek v odpadních vodách. Je rovna množství rozpuštěného O₂ spotřebovaného mikroorganismy za určitý časový interval (5 dní)

CHSK [mg.l⁻¹] je mírou obsahu látek schopných chemické oxidace oxidačním činidlem. Je ekvivalentní spotřebě činidla (dichroman draselný).

Poměr **CHSK/ BSK₅** vyjadřuje stupeň biologické rozložitelnosti organických látek. Hodnoty < 0,5 = přítomnost snadno rozložitelných látek.

Základním měřítkem znečištění = ekvivalentní obyvatel (EO)

Hodnoty znečištění na 1EO

BSK₅	CHSK	NL	Nc	Pc
$\text{g.os}^{-1}.\text{d}^{-1}$	$\text{g.os}^{-1}.\text{d}^{-1}$	$\text{g.os}^{-1}.\text{d}^{-1}$	$\text{g.os}^{-1}.\text{d}^{-1}$	$\text{g.os}^{-1}.\text{d}^{-1}$
60	120	55	11	2,5

Dělení odpadních vod (OV)

- Splaškové (městské) odpadní vody
- Průmyslové odpadní vody
- Srážkové vody

- **Splaškové (městské) odpadní vody:** z domácností, škol restaurací, výrazný podíl lidských exkrementů, produkce=spotřeba pitné vody, Ø konc. nerozpušt. l. = 350 ml.l^{-1} , Ø BSK₅ = 400mg, org. l. cukry, tuky, NH₃, polyfosfáty...

- **Průmyslové odpadní vody:** složení a množství závisí na druhu výroby a použité výrobní technologii, důležitý poměr CHSK/BSK₅ (↑poměr= biolog. nerozložitelné látky), toxické látky, hořlavé a nebezpečné látky

- **Srážkové vody:** srážky-smyv pevných částic z okolí, konc. org. látek se může blížit vodám splaškovým, tání sněhu-velké množství solí (Na, K)

Při povolování vypouštění městských odpadních vod do vod povrchových se vychází z nařízení vlády č. 63/2003 Sb., kterými se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových a odpadních vod.

Hodnoty těchto ukazatelů závisí na velikosti zdroje znečištění (EO).

Příklad emisních standardů pro čistírnu odpadních vod nad 100 000 EO.

vše v mg/l	BSK₅	CHSK	NL	Nc	Pc
Přípustná konc.	15	75	20	10	1
Max. příp. konc.	30	125	40	20	3

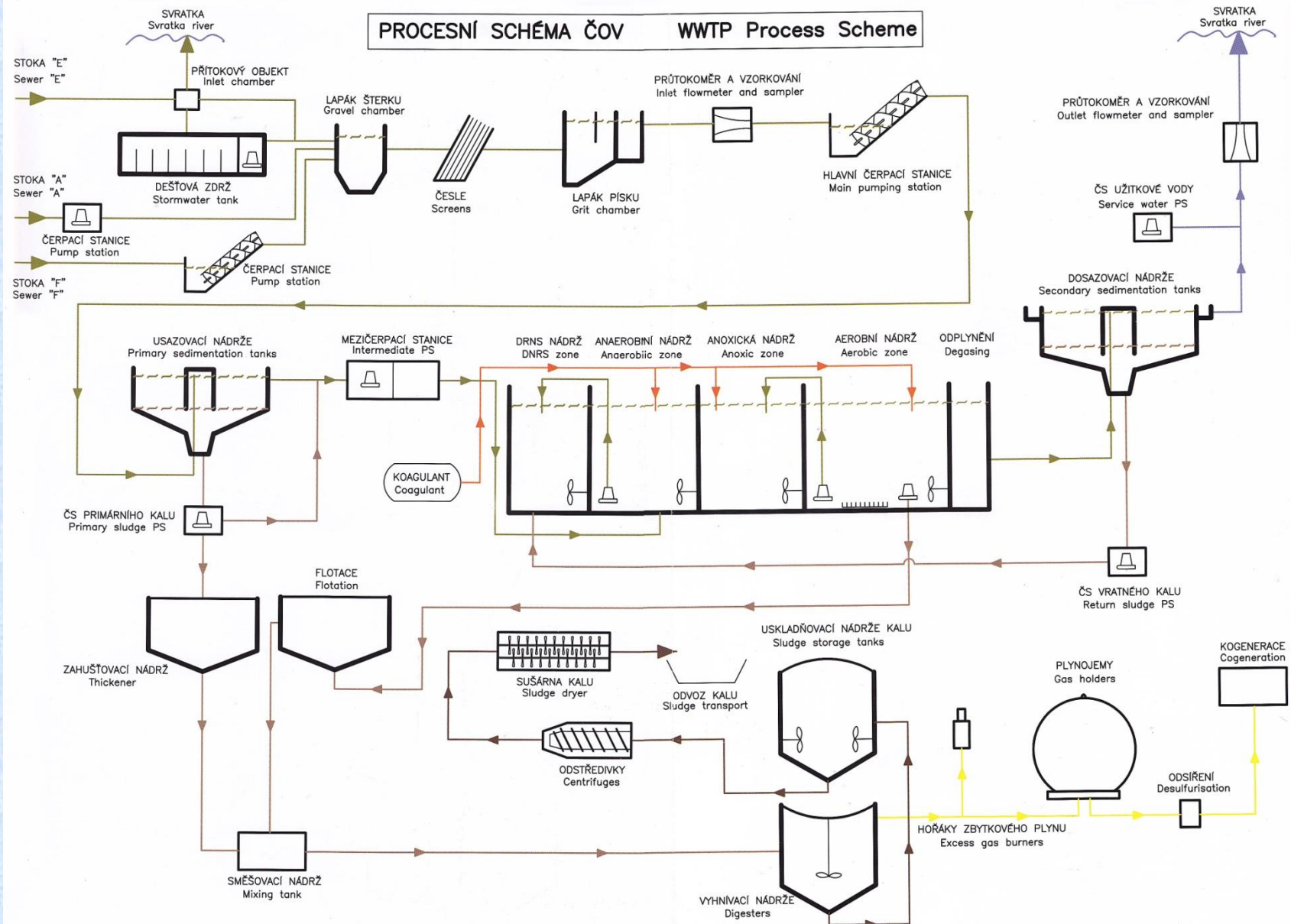
Malé čistírny OV

- a) **Domovní:** do **50 EO** (kapacita do 0-10 m³.den⁻¹)
hlavně u nových domů, jsou preferované
- b) **Malé:** pro **50-500 EO** (10-100 m³.den⁻¹)
- c) **Střední:** pro **500-1000 EO** (10-100 m³.den⁻¹)

3 stupně čištění OV

1. **Primární (mechanické)**
2. **Sekundární (biologické)**
3. **Terciální (dočištění)**

Schéma čistírny odpadních vod Brno-Modřice



ČOV - proces čištění OV

- **Primární stupeň čištění OV (mechanické čištění)**
Hrubé předčištění. Cílem je odstranit velké plovoucí nebo vodou sunuté předměty (PET láhve, větve, hadry....)

Česle – nutné, zachycují velké předměty

- tvořeny řadou česlic
- dle vzdálenosti česlic od sebe: hrubé (> 60 mm)
jemné (< 60 mm)
- shrabky z česlí se buď spalují, kompostují nebo skládkují
- v některých případech se mohou místo jemných česlí používat síta (bubnová)

ČOV - proces čištění OV

Lapáky písku – k zachycování suspendovaných látek (písek, úlomky skla), kompostování, skládkování

- princip: snížení průtočné rychlosti vody (částice 0,2-0,25 mm)

Lapáky oleje – ČOV u masokombinátů

Usazovací nádrž - sedimentace malých částic, primární kal

- dimenzují se na nepřetržitý provoz (většinou druhá zálohová UN)

2. Sekundární stupeň čištění OV (biologické čištění)

Základem biochemické oxidačně redukční reakce

- biologické procesy: aerobní

anaerobní

- organické látky (=substrát pro mikroorganismy) odstraňovány pomocí směsné kultury mikroorganismů za přítomnosti O₂

ČOV - proces čištění OV

- Biologické aerobní čištění:

aktivace

biologické filtry (biofiltry)

biologické nádrže (stabilizační)

Aktivace – nejpoužívanější biologické čištění odpadních vod

- aktivovaný kal (směsná kultura z bakterií, hub, kvasinek...)
- jeho složení závisí na kvalitě substrátu, stáří kalu a době zdržení odpadní vody
- aktivovaný kal má schopnost oddělovat se od kapalně fáze prostou sedimentací
- aktivační proces=biologický proces, kdy mikroorganismy oxidují a mineralizují organickou hmotu (CO₂, vločky)

ČOV - proces čištění OV

- Technologické parametry aktivačního procesu:
 - doba zdržení
 - stáří kalu
 - objemové zatížení
 - zatížení kalu
 - kalový index
- O₂ do aktivační nádrže:
 - pneumatická aerace (stlačený O₂, bublinky z hadičky)
 - mechanické aeratory

Biofiltry: kultivace biomasy (nárost=biofilm)

Biofilmové reaktory (dle kontaktu nosiče s vodou)

zkrápěné biologické kolony

ponořené

rotační biofilmové reaktory

reaktory s kultivací biomasy

ČOV - proces čištění OV

Dosazovací nádrž: funkce jako usazovací nádrže, sedimentace kalu
(část odváděna zpět do AN)

Biologické anaerobní čištění:

Pro stabilizaci kalu: stabilizovaný kal, kalová voda a bioplyn.

- nakládání se stabilizovaným kalem:

- skládkování, zajištění proti úniku do podzemních vod, často se mísí s ostatním odpadem
- spalování, předsušit, často míchán s ostatním odpadem
- kompostování, přeměna na humózní hmotu
- přímé využití, použití jako hnojiva, zemní práce (vylehčování půd)

ČOV - proces čištění OV

- Po roce 1989 brán ohled na životní prostředí → do čistícího procesu zařazen **terciální stupeň čištění** (dočištění) → odstranění biogenních prvků (N, P) z vod

3. Terciální stupeň čištění OV (dočištění)

a) odstranění fosforu: biologicky nebo chemicky (častěji), vysráží se solí (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}), pak se ukládá do sedimentu (v ČOV do kalu, který je následně odstraněn)

biologicky: mikroorganismy akumulují P do svých těl (*Actinobacter*)

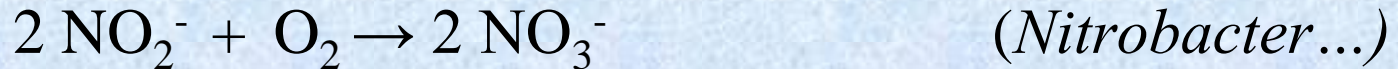
b) odstranění dusíku: nitrifikace (oxidace)



(bakt. *Nitrosomonas*, *Nitrococcus*,...)

ČOV - proces čištění OV

- nitrifikace:



- rychlost reakcí závislá na teplotě (v zimním období dát do čistícího procesu více nitrifikačních bakterií a zajistit delší zdržení kalu v nádržích)
- ideální pH 7,0 - 8,5 (nižší pH zpomalení reakce)

- denitrifikace: (opak nitrifikace)



(*Denitrobacillus, Pseudomonas...*)

- anaerobní proces (redukce), s vyšší teplotou rychlejší reakce
- pH 6,0 – 9,0
- zdroje C pro denitrifikaci: organické látky z odpadních vod, přísady snadno rozložitelných organických látek (škrob, metanol...)

Kvalita vod z rybářských provozů

Vliv rybářského hospodaření na kvalitu vod je rozdílný v závislosti na podmínkách chovu, zda se jedná o chov ryb v rybnících nebo ve speciálních zařízeních.

Rozdíly v jakosti vody odtékající z rybníků v porovnání s přítokovou vodou závisí na celé řadě faktorů (výše obsádky ryb, intenzitě příkrmování, hnojení, vápnění, klimatických podmínkách, kvalitě přítokové vody a mnoha dalších).

Obecně platí, že odtékající voda z rybníků v průběhu vegetačního období má vyšší teplotu, vyšší obsah organických látek, nižší obsah dusičnanového dusíku.

Z hlediska obsahu dusíku a fosforu lze u rybníků obecně sledovat snižování jejich obsahu, neplatí to ale při vysoké intenzitě chovu.

Problematickou situací z hlediska kvality vody je vypouštění rybníka při výlovu. V tomto období se v odtékající vodě výrazně zvyšuje podíl nerozpuštěných látek a hlavních nutrientů – dusíku a fosforu.

Kvalita vod z rybářských provozů

V současnosti, vzhledem k stále se rozšiřujícímu intenzivnímu chovu ryb ve speciálních zařízeních (především recirkulační systémy) vzrůstá i význam zatížení recipientů odtékající vodou z těchto objektů.

Obecně má odtékající voda z těchto zařízení nižší obsah rozpuštěného kyslíku a vyšší podíl nerozpuštěných látek, organických látek, celkového fosforu a dusíku (především v dusičnanové formě).

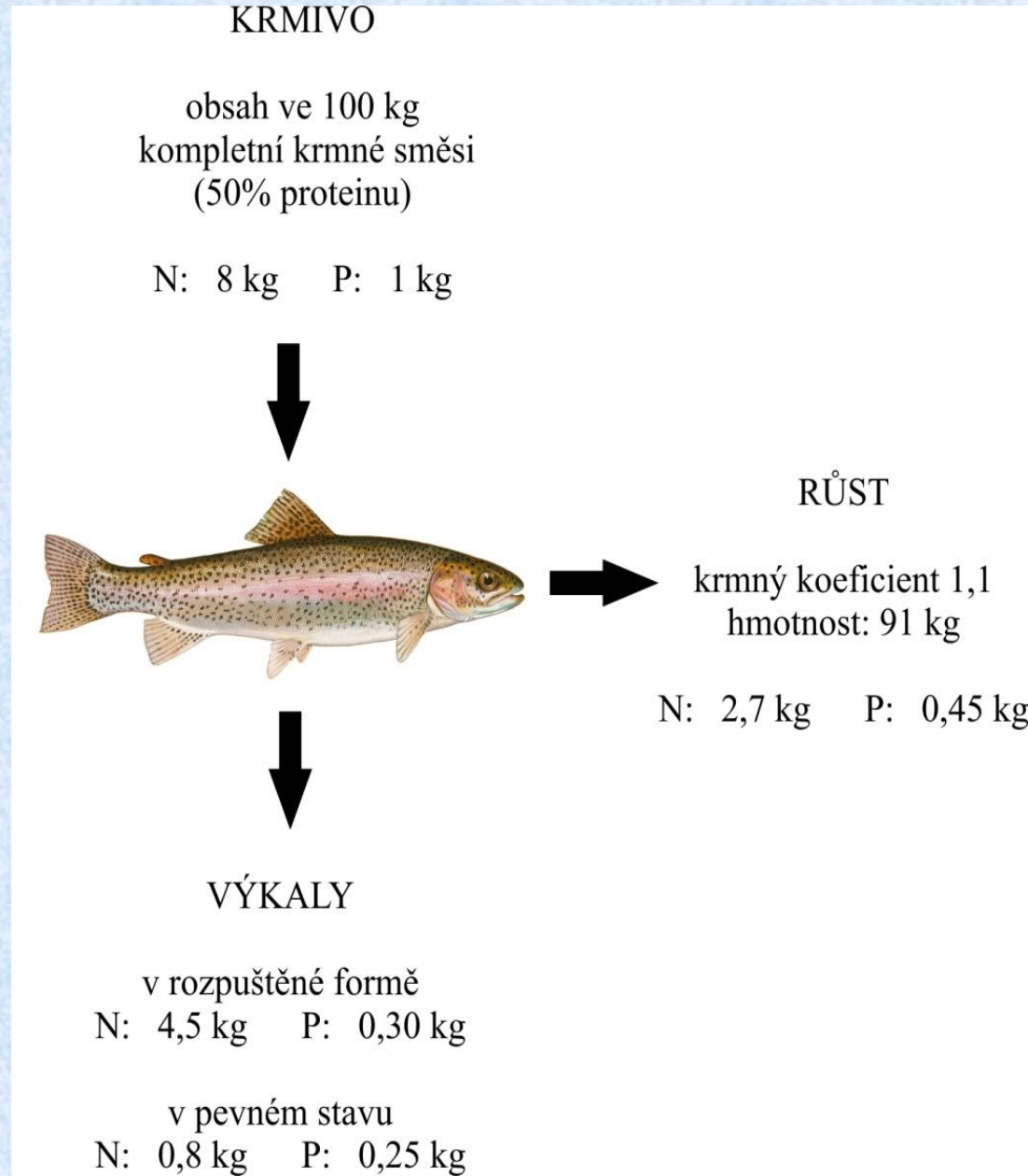
Hlavním znečišťujícím faktorem v intenzivním chovu ryb je krmivo.

Čištění těchto vod je problematické, především pro nízkou koncentraci znečišťujících látek. Hlavní podíl znečišťujících látek je ve formě tuhých exkrementů ryb a zbytků nespotřebovaného krmiva, proto se čištění těchto vod přednostně zaměřuje na separaci nerozpuštěných látek z vody.

Odstraňování nerozpuštěných látek se nejčastěji realizuje formou sedimentace v různých typech usazovacích nádrží nebo v mikrosítových separátorech (nejčastěji bubnový filtr).

Kvalita vod z rybářských provozů

Exkrece dusíku (N) a fosforu (P) u ryb z intenzivních chovů. (Bregnballe, 2010, upraveno)



Kvalita vod z rybářských provozů

Hodnoty vybraných chemických ukazatelů (průměr, min., max.) na odtoku z recirkulačního odchovného zařízení pro intenzivní chov lososovitých ryb.

Ukazatel	průměr	min.	max.
BSK ₅ (mg/l)	4,03	0,49	7,91
CHSK _{Cr} (mg/l)	23,8	7,2	51,9
TOC (mg/l)	13,6	4,1	19,0
Celkový fosfor (mg/l)	0,34	0,10	0,74
Celkový dusík (mg/l)	7,11	2,60	12,90
N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,38	0	1,27
N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,18	0	0,65
N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	4,99	0	11,32



*Tato publikace je spolufinancována z Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky.
Byla vydána za podpory projektu OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0302 Inovace studijních programů AF a ZF MENDELU
směřující k vytvoření mezioborové integrace*



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ