

Chemický a fyzikální rozbor vody zahrnuje soubor stanovení jednotlivých chemických a fyzikálních ukazatelů vody. Výběr ukazatelů pro každý druh rozboru (základní, rozšířený, provozní) se vždy řídí druhem analyzované vody a účelem pro který se rozbor vody provádí.

Současná praxe předpokládá, že zadavatel rozboru (hydrochemik, hydrobiolog apod.) sám vybere ze souboru všech možných ukazatelů, který mu nabízí příslušná norma či vyhláška, jen ty ukazatele, které jsou pro analyzovanou vodu a účel rozboru aktuálně potřebné.

Odběr a konzervace vzorků vody



Chyby vzniklé nesprávným odběrem vzorku nebo jeho nesprávným skladováním před započítáním analýzy již nelze napravit!

Vzhledem k velké rozmanitosti podmínek, které musíme při odběru zohledňovat, nelze sestavit podrobný, jednotný a obecný předpis pro odběr vzorků vod.

Technika odběru vzorků jakož i terénní vybavení musí odpovídat účelu, pro jaký se vzorky odebírají.

Typy vzorků

Prostý (bodový) vzorek – jednorázově a nahodile odebraný vzorek z vodního útvaru v časové i místní závislosti.

Směsný (slévaný) vzorek – dva nebo více vzorků se smísí za účelem získání charakteristického složení vody v daném časovém intervalu nebo v daném prostoru

Odběr a konzervace vzorků vody



Druhy vzorků

Jednorázový odběr – vzorek se odebere pouze jednou a hodnotí se samostatně

Řadové odběry – odebírá se více vzorků v prostorové nebo časové návaznosti

Vzorky hloubkového profilu (zonační)

Vzorky plošného profilu

Periodické (časově závislé)

Režimové (závislé objemově nebo průtokově)

Odběr a konzervace vzorků vody



Množství vzorku a vzorkovnice

Množství vzorku se řídí rozsahem rozboru a určí se z množství vzorku, požadovaného pro jednotlivé složky rozboru (nutno pamatovat na případné opakování některého stanovení).

Pro základní rozbor povrchových vod postačuje 1-2 litry vzorku.

Vzorkovnice se plní celá z důvodu nestálosti některých složek na vzduchu.

Vzorek se odebírá do skleněných nebo plastových lahví – vzorkovnic.

Pro většinu ukazatelů rozboru vody lze k odběru vzorku použít obou druhů vzorkovnic (skleněné i plastové).

Vzorkovnice (i nové) je nutno před použitím vždy důkladně vyčistit.

Doporučený druh vzorkovnic pro jednotlivá stanovení.
Upraveno dle ČSN EN ISO 5667–3,

Druh vzorkovnice	Stanovovaný ukazatel
Skleněná nebo plastová	KNK, ZNK, BSK ₅ , organický N, N–NO ₂ , N–NO ₃ , Cl ⁻ , S–SO ₄ , S ²⁻ , Ca, Σ(Ca + Mg), zákal, veškeré látky
Z borokřemičitého skla nebo plastová	Kovy (mimo Hg), stopové prvky
Skleněná	Barva, chuť, pach, sloučeniny fosforu, TOC, CHSK _{Mn} , CHSK _{Cr} , tenzidy, uhlovodíky, tuky, oleje, AOX, rozpuštěný O ₂ (Winklerova metoda), volný chlor (doporučeno tmavé sklo)
Z borokřemičitého skla	Hg, fenoly, sloučeniny fosforu
Plastová	Na, K, Al, B, Si, CN ⁻ , F ⁻

Způsob odběru a odběrová zařízení



Voda se odebírá **přímo do vzorkovnice**, alespoň 1x vypláchnuté vzorkem vody, ponořené alespoň 20 cm pod hladinu vody.

V nádržích zpravidla dochází k teplotní i chemické stratifikaci a je proto žádoucí separátní odběr vzorků vody z různých hloubek nádrže. Větší a členitější nádrže mohou mít rozdílné chemické parametry i v jednotlivých částech nádrže.

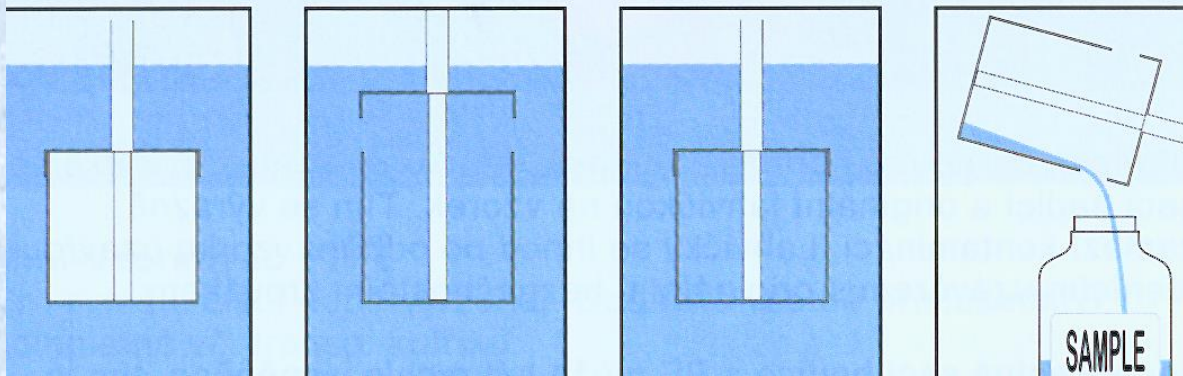
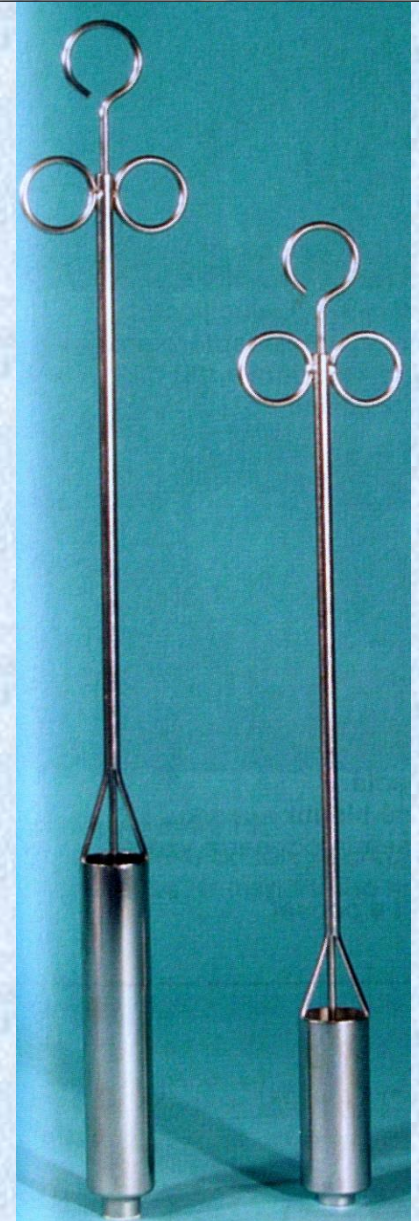
K odběru vzorků vody v různých hloubkách slouží **hlubinné vzorkovače**, které zabezpečí, že vzorkem bude pouze voda ze zvolené hloubky odběru.

Nejčastěji používané jsou **Mayerova láhev** nebo **Hrbáčkova láhev**, **Friedingerův** nebo **Ruttnerův odběrák**.

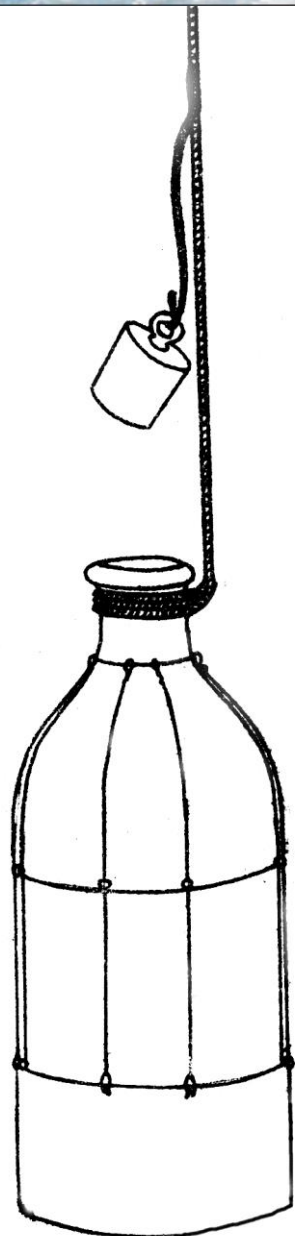
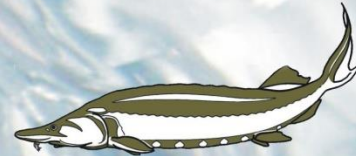
Plastové vzorkovnice



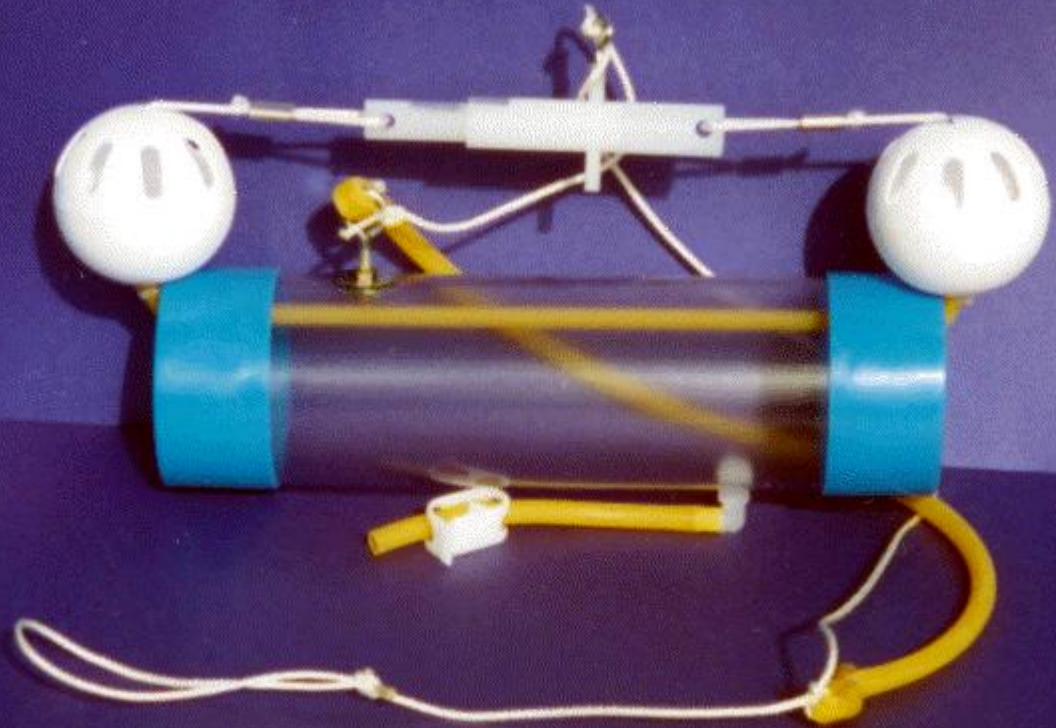
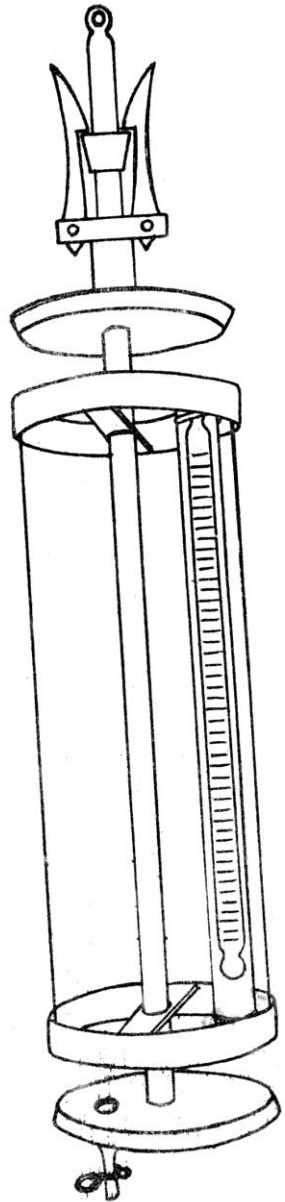
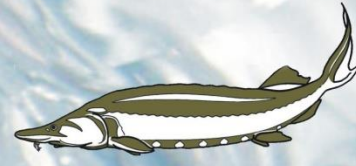
Vzorkovač liquid-sampler



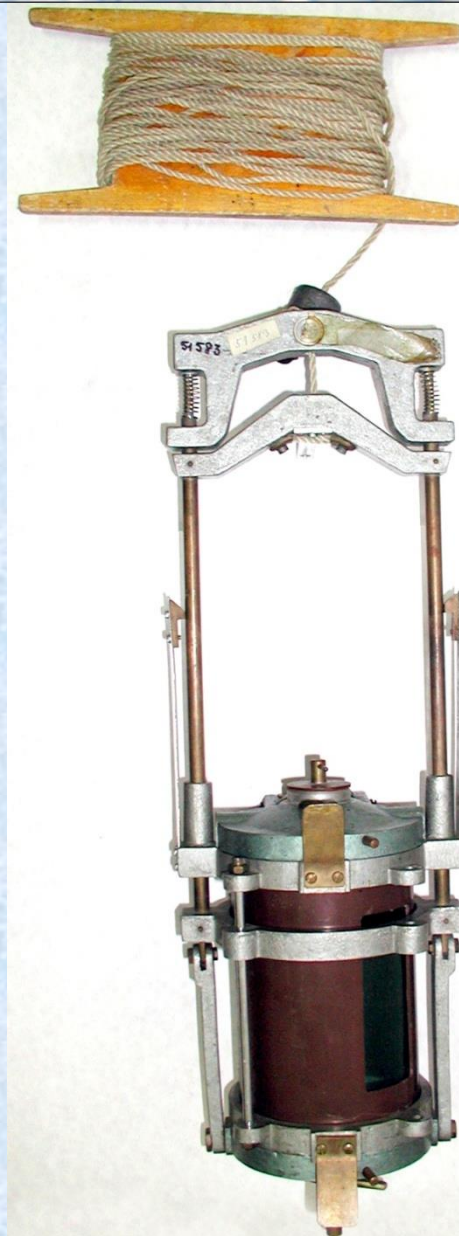
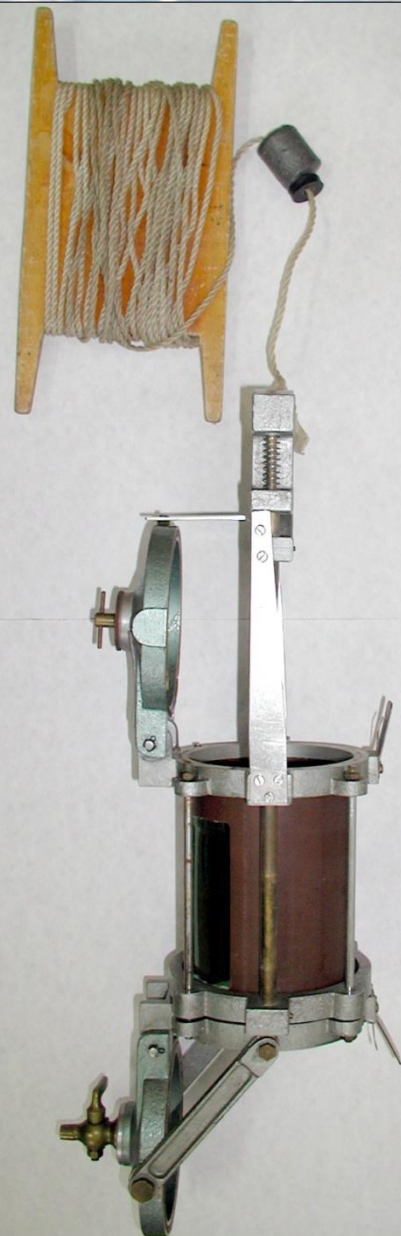
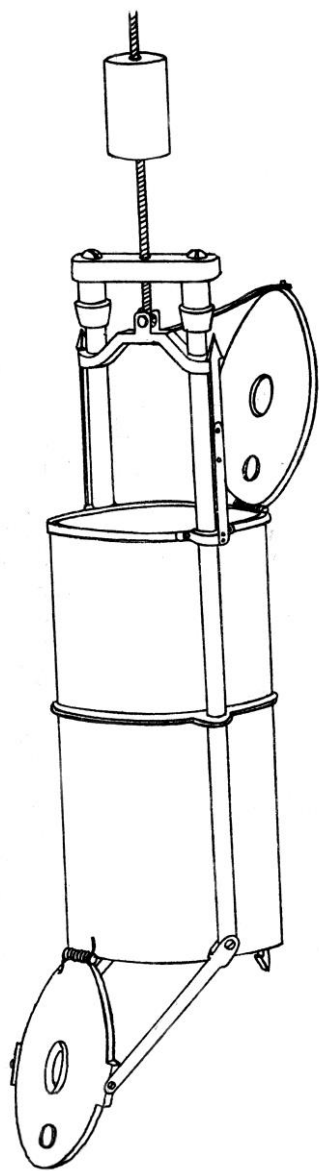
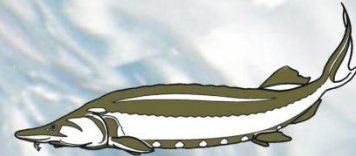
Mayerova láhev



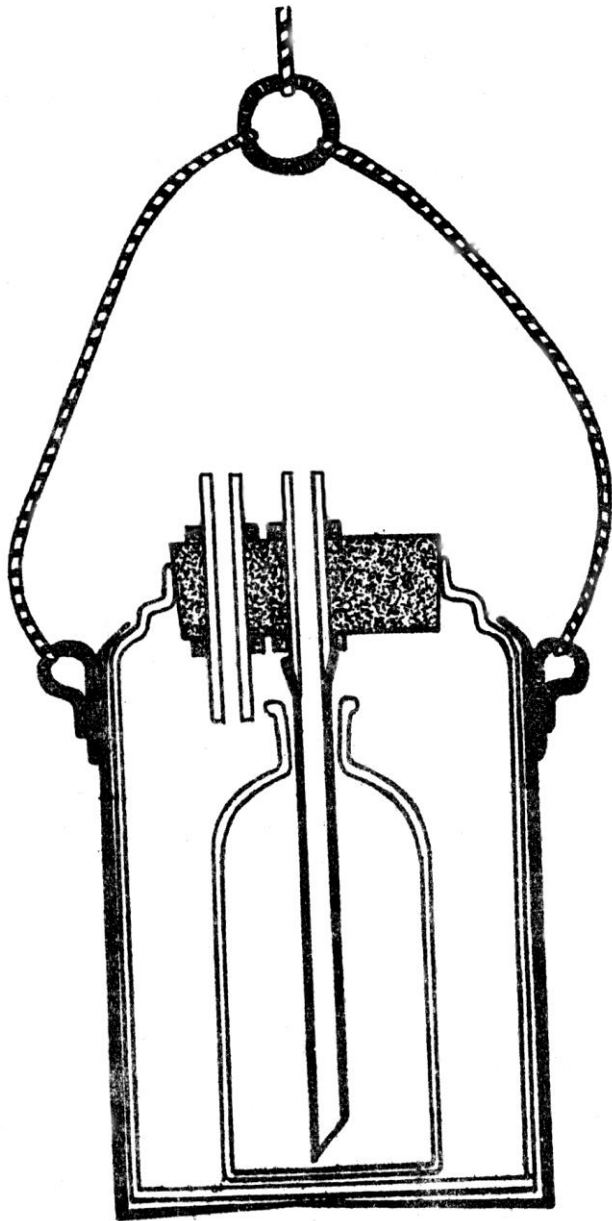
Ruttnerův odběrák



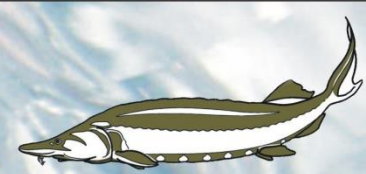
Friedingerův odběrák



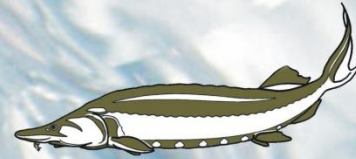
Hrbáčkova láhev



Automatické odběrové zařízení



Konzervace, doprava a skladování vzorků



Doba, která uplyne mezi odběrem a rozbořem vzorku by měla být co nejkratší.

Odebrané vzorky nutno co nejdříve dopravit do laboratoře k analýze (nejlépe v chladících přenosných boxech při teplotě 2-5 °C).

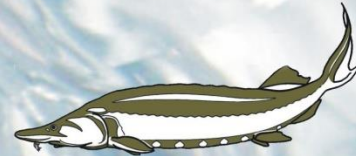
Při odběru vzorku musí být proveden záznam (*protokol*). Je nutné zapsat důležité údaje (místo odběru, typ vzorku, způsob odběru atd.), Dále je třeba zjistit další významné okolnosti týkající se vzorku vody (např. sluneční svit, srážkovou činnost, sílu a směr větru apod.).

Láhve s odebranými vzorky musí být dobře označeny, aby nemohlo dojít k jejich záměně. (číslo vzorku, datum odběru a název lokality).

Doporučený časový interval mezi odběrem vzorku a zahájením analýz. Upraveno dle ČSN EN ISO 5667–3

Interval	Stanovovaný ukazatel	Skladování
Přímo na místě odběru	Rozpuštěné plyny, pH, průhlednost, konduktivita, barva, teplota	Bez úprav teploty
Co nejdříve po odběru	KNK, ZNK, Cl ₂ , formy CO ₂ , Fe	Bez úprav teploty
Do 6 hodin	Amoniakální N, pach	Ochlazení na 2–5 °C
Do 24 hodin	Sloučeniny fosforu a dusíku, BSK, Ca, Σ(Ca + Mg), fenoly	Ochlazení na 2–5 °C
	Zákal	Bez úprav teploty
Do 1 týdne	Sírany	Ochlazení na 2–5 °C
Do 1 měsíce	TOC, CHSK _{Mn} , CHSK _{Cr}	Zmrazení na -20 °C

Konzervace, doprava a skladování vzorků



Při odběru vzorku se ihned na místě měří **teplota vzduchu a vody, průhlednost vody, barva, zápach, zákal, hodnota pH, obsah rozpuštěného kyslíku (popř. se provádí fixace kyslíku) a konduktivita.**

Pokud nelze vzorky analyzovat v předepsané lhůtě, je možné obsah některých iontů na určité období konzervovat (jde o dny, maximálně týdny).

Způsoby konzervace vzorků vody. Upraveno dle Hofmann a kol. 1965

Stanovovaný ukazatel	Způsob konzervace
pH, KNK, ZNK, BSK ₅ , organický N, průhlednost, konduktivita, CO ₂ , veškeré látky, všechny organoleptické vlastnosti	Nelze konzervovat
Amoniakální N, N-NO ₃ , N-NO ₂ , P-PO ₄ , tenzidy, celkový N	2 až 4 ml CHCl ₃ na 1 litr vzorku
Amoniakální N, N-NO ₃ , N-NO ₂ , Cl ⁻ , organický C, CHSK _{Cr} , celkový N, Zn	1 ml H ₂ SO ₄ na 1 litr vzorku
CHSK _{Mn} , extrahovatelné látky	5 ml H ₂ SO ₄ na 1 litr vzorku
Cr, Cd, Mn, Cu, Ni, Pb, Ag, Fe, As	5 ml HNO ₃ na 1 litr vzorku
Al, Cu,	5 ml HCl na 1 litr vzorku
Sulfan a sulfidy	10 ml 10 % octanu kademnatého nebo zinečnatého na 1 litr vzorku
Fenoly, celková S	4 g NaOH na 1 litr vzorku

Úprava vzorku před stanovením



Před vlastním analytickým stanovením složek vody je velmi často třeba vzorek vody upravit. Způsob této úpravy (předúpravy) závisí na vlastnostech vzorku a na účelu, jemuž má úprava vzorku sloužit. Dalším účelem úpravy vzorku před stanovením je odstranění látek, které by při dané analytické metodě rušily stanovení.

Homogenizace

Pro stanovení nerozpuštěných látek a dalších složek při stanovení jejich celkového obsahu (rozpuštěné i nerozpuštěné formy) lze vzorek homogenizovat pouhým protřepáním vzorku vody.

Pokud je pro stanovení konkrétní složky nutný speciální způsob homogenizace vzorku měl by být uveden v předpisu stanovení této složky.

Filtrace



Pro oddělení kapalně a tuhé fáze v odebraném vzorku vody, které je nutné pro stanovení specifických složek rozpuštěných i nerozpuštěných je normativně předepsána filtrace.

Z fyzikálně-chemického hlediska jsou za **nerozpuštěné** (hrubě dispergované, suspendované) látky obvykle považovány látky s rozměrem částic větších než $1,0 \mu\text{m}$.

Za **rozpuštěné** látky jsou považovány ty ionty nebo molekuly, jejichž rozměr dosahuje maximálně jednotek nm.

Látky, jejichž rozměr částic má hodnotu v rozmezí jednotek nm až $1,0 \mu\text{m}$ jsou považovány za látky **koloidně dispergované**.

Filtrace



Z praktických důvodů byla v chemii a technologii vody obecně přijata dohoda, že za tzv. „**rozpuštěné složky**“ se budou považovat látky, které projdou **filtrem s velikostí pórů $0,45 \pm 0,05 \mu\text{m}$** . Nerozpuštěné složky jsou pak ty látky, které se na filtru uvedené porozity zachytí.

V ČR se užívají převážně membránové filtry z nitrocelulosy, stále častěji se ale doporučují filtry ze skleněných vláken. Papírové filtry jsou nevhodné (využitelné max. pro předfiltraci vzorku).

Všechny druhy filtrů je nutno před vlastním použitím zbavit nečistot, obvykle vymýváním destilovanou vodou.

Chemikálie



V ČR jsou běžně obchodně dostupné chemikálie těchto tříd čistoty:

Chemikálie čisté (č.): obsah základní látky je min. 98 %, jednotlivé nečistoty (které by mohly ovlivnit předpokládané použití) jsou přítomny v setinách procenta, látka by neměla obsahovat mechanické nečistoty.

Chemikálie pro analýzu (p.a.): obsah základní látky se pohybuje obvykle mezi 99,0 - 99,8 %, jednotlivé nečistoty jsou přítomny jen v tisícinách procenta, látka nesmí obsahovat mechanické nečistoty.

Chemikálie chemicky čisté (ch.č.): obsah základní látky je vyšší než 99,8 % a obsah jednotlivých nečistot se pohybuje na úrovni 10^{-3} až 10^{-5} %.

Chemikálie zvláště čisté (zv. č. pur. spec.): obsah základní látky vyšší než 99,9 % a obsah nečistot, zvláště těch, které mohou ovlivnit předpokládaný způsob použití, je na úrovni 10^{-5} až 10^{-7} %.

Chemikálie

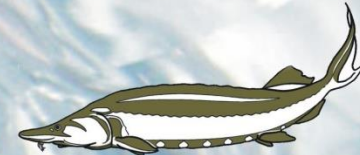












Chemické látky spadají v rámci EU pod jednotný systém evidence a hodnocení. Jedná se o tzv. legislativu **REACH** (Registrace, Evaluace a Autorizace Chemických látek), která vstoupila v platnost 1. 6. 2007, a má zajistit, aby se nejpozději od roku 2020 používaly pouze chemické látky se známými vlastnostmi a to způsobem, který nepoškozuje životní prostředí a zdraví člověka.






V ČR je legislativa REACH, podle které se hodnocení chemických látek a přípravků provádí, implementována v tzv. chemickém zákoně č. 350/2011 Sb. a vyhlášce č. 402/2011 Sb. o hodnocení nebezpečných látek a směsí, balení a značení.

V posledních letech došlo u označování chemikálií ke změně výstražných symbolů nebezpečnosti a rovněž ke změně standardních vět o nebezpečnosti chemických látek a jejich směsí a vět s pokyny pro bezpečné zacházení s chemickými látkami.

Chemikálie



E  výbušný	O  oxidující	F+  extrémně hořlavý	F  vysoce hořlavý	N  nebezpečný pro životní prostředí
C  žravý	Xn  zdraví škodlivý	Xi  dráždivý	T  toxický	T+  vysoce toxický

GHS01  výbušné	GHS02  hořlavé	GHS03  oxidující	GHS04  plyny pod tlakem	GHS05  korozivní a žravé
--	---	---	---	---

GHS06  toxické	GHS07  dráždivé	GHS08  nebezpečný pro zdraví	GHS09  nebezpečný pro vodní prostředí
--	---	---	---

Dřívější R–věty a S–věty (směrnice o nebezpečných látkách – DSD) jsou nově nahrazeny H–větami a P–větami (nařízení o klasifikaci, označování a balení chemických látek a směsí – CLP).

Mikrobiologické a biologické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity



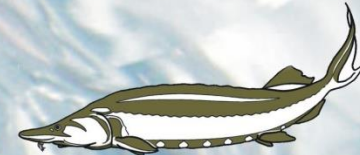
č.	ukazatel	jednotka	limit	typ limitu	Vysvětlivky
1	<i>Clostridium perfringens</i>	KTJ/100 ml	0	MH	1
2	enterokoky	KTJ/100 ml	0	NMH	
		KTJ/250 ml	0	NMH	2
3	<i>Escherichia coli</i>	KTJ/100 ml	0	NMH	
		KTJ/250 ml	0	NMH	2
4	koliformní bakterie	KTJ/100 ml	0	MH	
5	mikroskopický obraz – abioseston	%	10	MH	3, 4
6	mikroskopický obraz – počet organismů	jedinci/ml	50	MH	3, 4
7	mikroskopický obraz – živé organismy	jedinci/ml	0	MH	3, 5
8	počty kolonií při 22 °C	KTJ/ml	200	MH	6
		KTJ/ml	500	NMH	2
9	počty kolonií při 36 °C	KTJ/ml	100	MH	7
		KTJ/ml	20	NMH	2
10	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	KTJ/250 ml	0	NMH	2

Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity



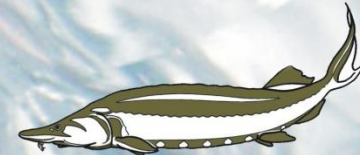
č.	ukazatel	symbol	jednotka	limit	typ limitu	vysvětlivky
11	1,2-dichlorethan		µg/l	3,0	NMH	
12	akrylamid		µg/l	0,1	NMH	8
13	amonné ionty	NH ₄ ⁺	mg/l	0,50	MH	
14	antimon	Sb	µg/l	5,0	NMH	
15	arsen	As	µg/l	10	NMH	
16	barva		mg/l Pt	20	MH	
17	benzen		µg/l	1,0	NMH	9
18	benzo[a]pyren	BaP	µg/l	0,010	NMH	
19	beryllium	Be	µg/l	2,0	NMH	10
20	bor	B	mg/l	1,0	NMH	

Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity



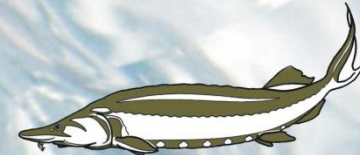
21	bromičnany	BrO_3^-	$\mu\text{g/l}$	10	NMH	11, 36
22	celkový organický uhlík	TOC	mg/l	5,0	MH	12
23	dusičnany	NO_3^-	mg/l	50	NMH	13
24	dusitany	NO_2^-	mg/l	0,50	NMH	13
25	epichlorhydrin		$\mu\text{g/l}$	0,10	NMH	8
26	fluoridy	F^-	mg/l	1,5	NMH	
27	hliník	Al	mg/l	0,20	MH	
28	hořčík	Mg	mg/l	10	MH	14
				20 – 30	DH	15
29	chemická spotřeba kyslíku (manganistanem)	CHSK-Mn	mg/l	3,0	MH	16
30	chlor volný		mg/l	0,30	MH	17
31	chlorethen (vinylchlorid)		$\mu\text{g/l}$	0,50	NMH	8
32	chloridy	Cl^-	mg/l	100	MH	18, 19
33	chloritany	ClO_2^-	$\mu\text{g/l}$	200	MH	11, 17, 35
34	chrom	Cr	$\mu\text{g/l}$	50	NMH	
35	chut'			přijatelná pro odběratele	MH	20

Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity



36	kadmium	Cd	µg/l	5,0	NMH	
37	konduktivita	κ	mS/m	125	MH	19, 21
38	kyanidy celkové	CN ⁻	mg/l	0,050	NMH	
39	mangan	Mn	mg/l	0,050	MH	22
40	měď	Cu	µg/l	1000	NMH	23
41	microcystin-LR		µg/l	1	NMH	24
42	nikl	Ni	µg/l	20	NMH	25
43	olovo	Pb	µg/l	10	NMH	25, 35
44	ozon	O ₃	µg/l	50	MH	17
45	pach			příjemný pro odběratele	MH	20
46	pesticidní látky		µg/l	0,10	NMH	26
47	pesticidní látky celkem		µg/l	0,50	NMH	27
48	pH	pH		6,5 - 9,5	MH	19, 29
49	polycyklické aromatické uhlovodíky	PAU	µg/l	0,10	NMH	28
50	rtuť	Hg	µg/l	1,0	NMH	
51	selen	Se	µg/l	10	NMH	

Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity



52	sírany	SO ₄ ²⁻	mg/l	250	MH	19
53	sodík	Na	mg/l	200	MH	
54	stříbro	Ag	µg/l	50	NMH	30
55	tetrachlorethen	PCE	µg/l	10	NMH	31
56	trihalomethany	THM	µg/l	100	NMH	32
57	trichlorethen	TCE	µg/l	10	NMH	31
58	trichlormethan (chloroform)		µg/l	30	MH	
59	vápník	Ca	mg/l	30	MH	14
				40 - 80	DH	15
60	vápník a hořčík	Ca + Mg	mmol/l	2 - 3,5	DH	15
61	zákal		ZF(t,n)	5	MH	33
62	železo	Fe	mg/l	0,20	MH	34

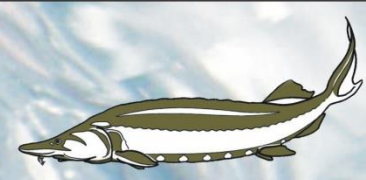
Použité zkratky:

KTJ – kolonie tvořící jednotka

NMH – nejvyšší mezní hodnota

MH – mezní hodnota

DH – doporučená hodnota (§ 3 odst. 1 zákona č. 258/2000 Sb., ve znění zákona č. 274/2003 Sb.)



Nařízení vlády č. 401/2015 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

(Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., č. 229/2007 Sb. a č. 23/2011 Sb. byly zrušena)

Ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod a vod užívaných pro vodárenské účely, koupání osob a lososové a kaprové vody (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., výběr ukazatelů, upraveno).

Ukazatel	Přípustné znečištění (celoroční aritmetický průměr)				
	vodárenské účely	koupání	lososové vody	kaprové vody	všeobecné požadavky
Rozpuštěný kyslík (mg.l ⁻¹)					> 9
BSK ₅ (mg.l ⁻¹)	2,7		1,8	3,2	3,8
CHSK _{Cr} (mg.l ⁻¹)	5,9				26
TOC (mg.l ⁻¹)	4,5				10
Celkový fosfor (mg.l ⁻¹)		0,05			0,15
Celkový dusík (mg.l ⁻¹)					6
Teplota vody (°C)					max. 29
N-NH ₄ ⁺ (mg.l ⁻¹)			0,03	0,16	0,23
N-NO ₂ ⁻ (mg.l ⁻¹)			0,08	0,12	
N-NO ₃ ⁻ (mg.l ⁻¹)					5,4
Chloridy (mg.l ⁻¹)	65				150
pH					5-9

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	Třída				
	I	II	III	IV	V
konduktivita (mS.m ⁻¹)	< 40	< 70	< 110	< 160	≥ 160
rozpuštěný kyslík (mg.l ⁻¹)	> 7,5	> 6,5	> 5	> 3	≤ 3
BSK₅ (mg.l⁻¹)	< 2	< 4	< 8	< 15	≥ 15
CHSK _{Mn} (mg.l ⁻¹)	< 6	< 9	< 14	< 20	≥ 20
CHSK_{Cr} (mg.l⁻¹)	< 15	< 25	< 45	< 60	≥ 60
TOC (mg.l ⁻¹)	< 7	< 10	< 16	< 20	≥ 20
celkový fosfor (mg.l⁻¹)	< 0,05	< 0,15	< 0,4	< 1	≥ 1
N-NH₄ (mg.l⁻¹)	< 0,3	< 0,7	< 2	< 4	≥ 4
N-NO₃ (mg.l⁻¹)	< 3	< 6	< 10	< 13	≥ 13
chloridy Cl ⁻ (mg.l ⁻¹)	< 100	< 200	< 300	< 450	≥ 450
sírany SO ₄ ²⁻ (mg.l ⁻¹)	< 80	< 150	< 250	< 400	≥ 400
hořčík Mg (mg.l ⁻¹)	< 50	< 100	< 200	< 300	≥ 300
vápník Ca (mg.l ⁻¹)	< 150	< 200	< 300	< 400	≥ 400
železo Fe (mg.l ⁻¹)	< 0,5	< 1	< 2	< 3	≥ 3
chlorofyl (μg.l ⁻¹)	< 10	< 25	< 50	< 100	≥ 100
Saprobní index makrozoobentosu	< 1,5	< 2,2	< 3,0	< 3,5	≥ 3,5

Klasifikace jakosti vod musí být založena na hodnocení všech vybraných ukazatelů jakosti vod.

Mezi vybrané ukazatele patří:

**saprobní index
makrozoobentosu,
biochemická spotřeba
kyslíku,
chemická spotřeba kyslíku
dichromanem,
amoniakální dusík,
dusičnanový dusík
a celkový fosfor**





Výsledná třída se určí podle nejnepříznivějšího zařazení u jednotlivých vybraných ukazatelů.

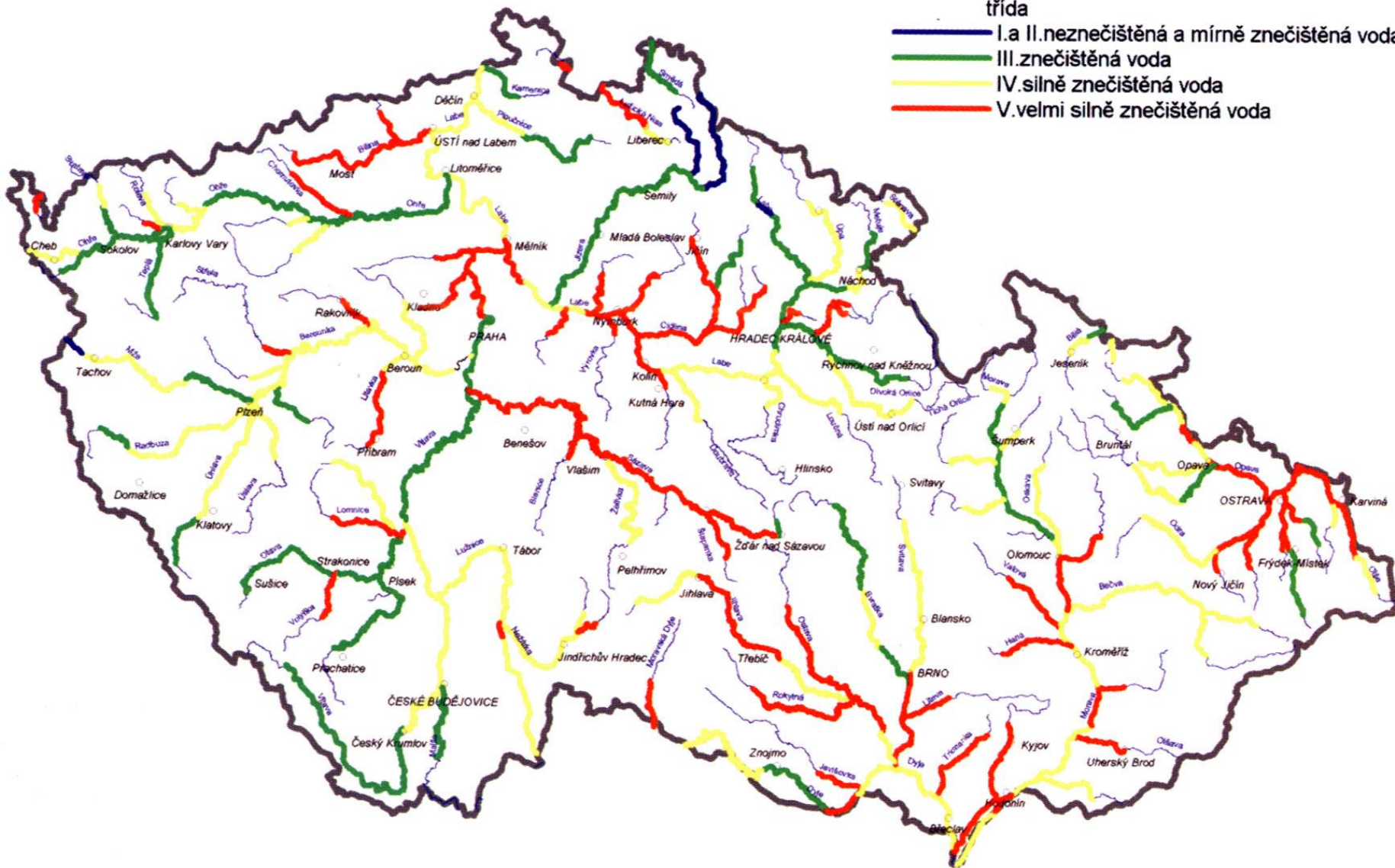
Jakost vody v tocích ČR v letech 1991-1992



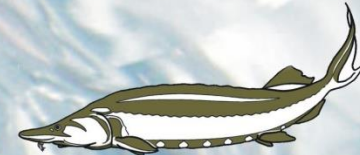
Základní klasifikace

třída

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



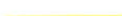



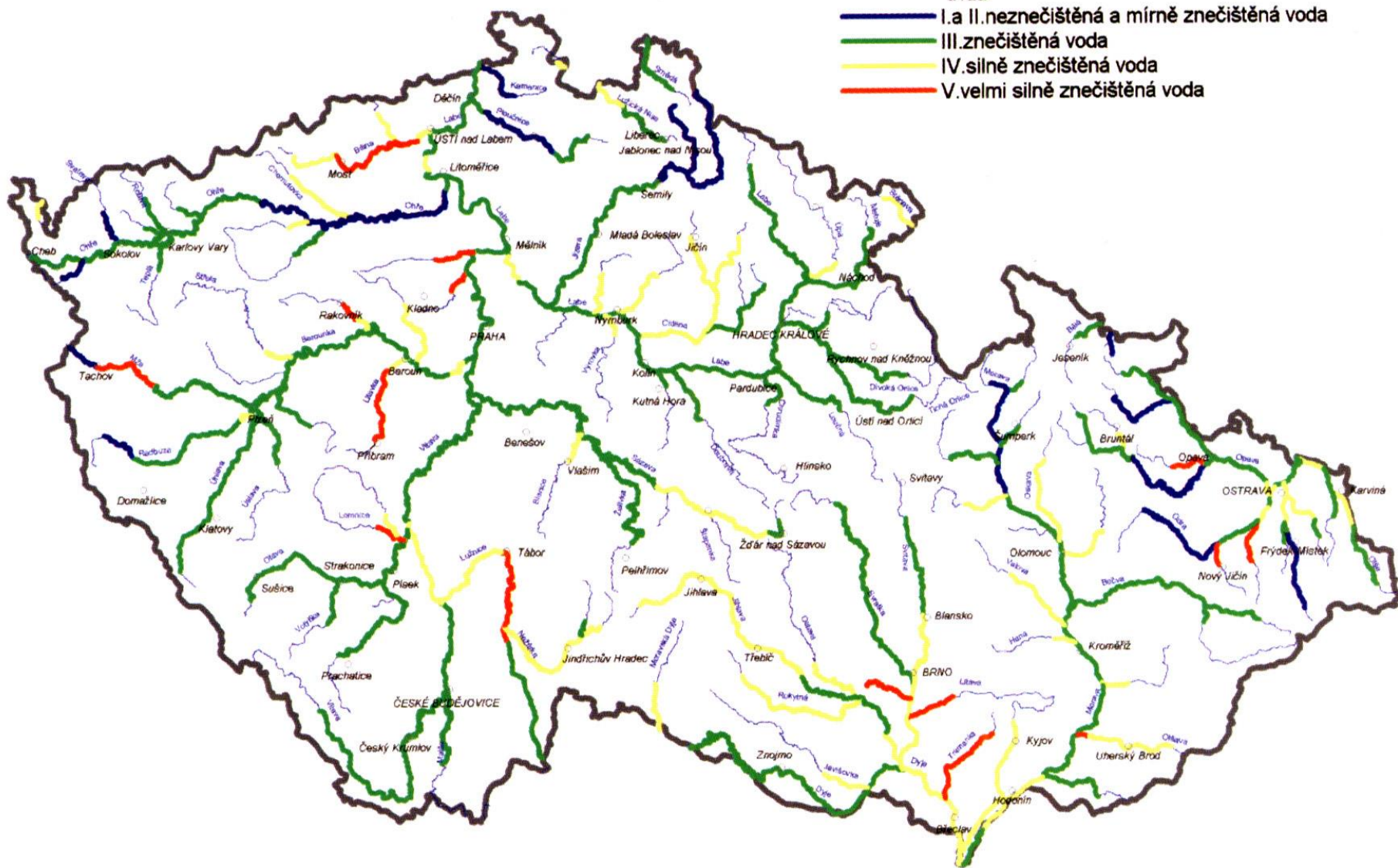
Jakost vody v tocích ČR v letech 2004-2005



Základní klasifikace

třída

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







Jakost vody v tocích ČR v letech 2008-2010

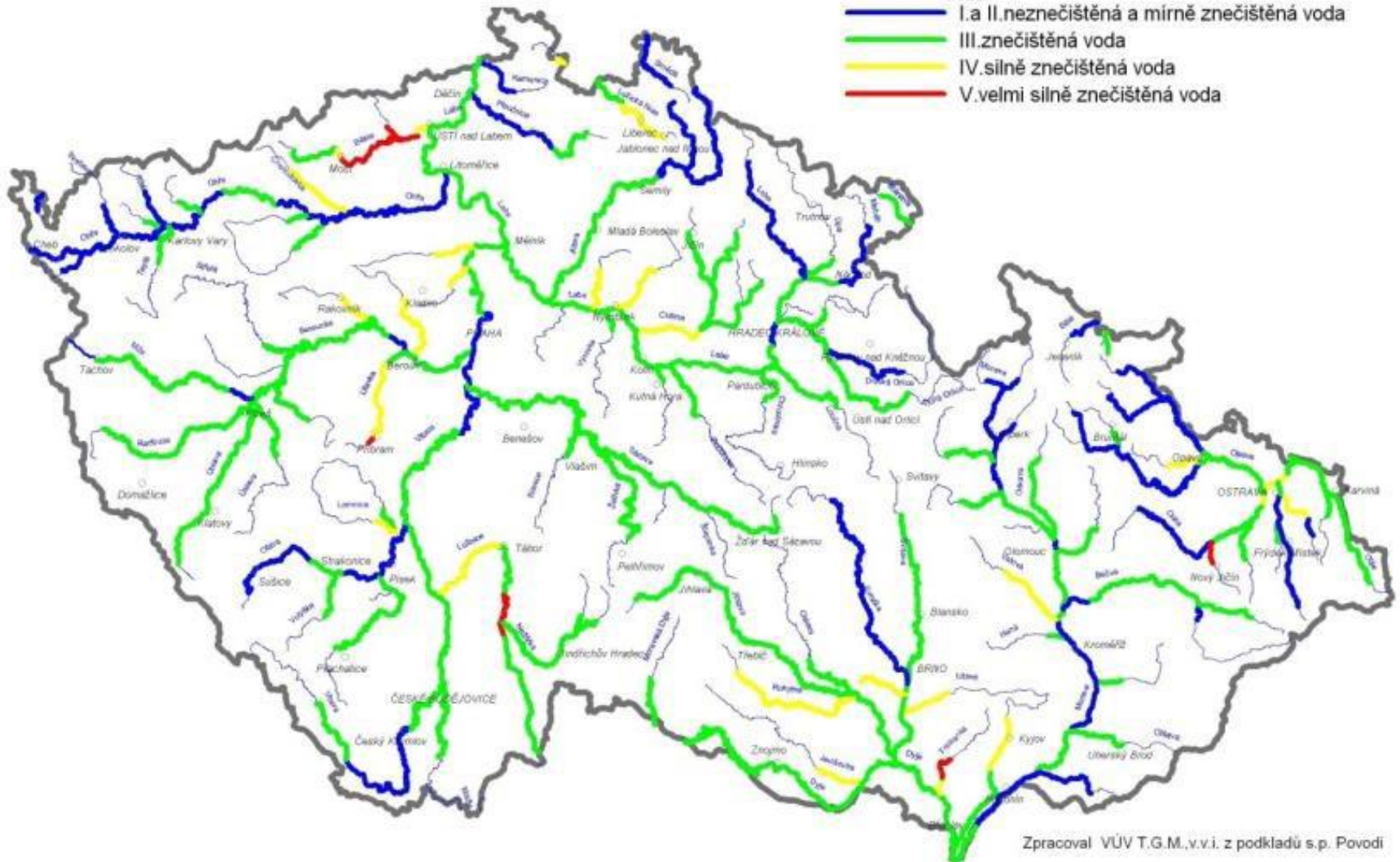


HODNOCENÍ PODLE ČSN 75 7221

Základní klasifikace

třída

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



Zpracoval VUV T.G.M.v.v.i. z podkladů s.p. Povodí