



Definice pitné vody dle zákona č. 258/2000 Sb.

(Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů)

„Pitnou vodou je veškerá voda v původním stavu nebo po úpravě, která je určena k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství, voda, která je určena k péči o tělo, k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami nebo lidským tělem, a k dalším účelům lidské spotřeby, a to bez ohledu na její původ, skupenství a způsob jejího dodávání“.

Definice pitné vody dle Vyhlášky č. 252/2004 Sb.

(Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody)

„Pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví. Pitná a teplá voda nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví“.

Typické schéma zásobování pitnou vodou



- Zdroj a jímání surové vody
 - Doprava vody od zdroje k úpravně
 - Úpravna vody
 - Doprava vody z úpravny k vodojemu
 - Akumulační vodojem
 - Zásobovací řad
 - Rozvodná síť
-
- ***Zdroje surové vody :***
 - Přirozené podzemní vody.
 - Umělé infiltrace (Jizera – Kárané).
 - Krasové vody, štěrkoviště pískovny.
 - Vodárenské nádrže (VD Vír, VD Karolinka, VD Římov).
 - Přímé odběry z toků (Praha – vodárna Podolí).

Zdroje surové vody



U podzemních vod se jedná zpravidla o odstraňování oxidu uhličitého, odželeznění a odmanganování (cca 40 % zdrojů).

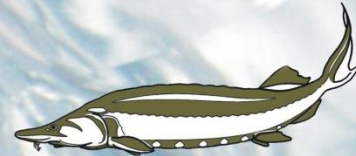
Voda z povrchových zdrojů (cca 60 % zdrojů) je méně kvalitní a spolehlivá, protože se její kvalita může rychle měnit v závislosti na měnících se přírodních podmínkách (kvalita se zhoršuje po jarním tání sněhu a po záplavách). Navíc je většina povrchových vod postižena eutrofizací (zvyšování pH, nežádoucí pachy a příchutě, toxiny sinic, nedostatek kyslíku u dna nádrží – vysoké koncentrace Mn a Fe).

Zvýšení spotřeby chemikálií nutných k úpravě vody.

Zkracování pracovních cyklů jednotlivých separačních stupňů úpravy (vyšší spotřeba prací vody, energie vyšší produkce kalu).

U vody z obou zdrojů je nutné zajistit její zdravotní nezávadnost, především co se týče obsahu bakterií.

Standardní typy úprav surové vody



A1 – Jednoduchá fyzikální úprava a desinfekce, např. rychlá filtrace a desinfekce, prostá písková filtrace, chemické nebo mechanické odkyselení či odstranění plynných složek provzdušňováním.

A2 – Běžná fyzikální úprava a desinfekce, koagulační filtrace, infiltrace, pomalá biologická filtrace, flokulace, usazování, filtrace, desinfekce (konečné chlorování), jednostupňové nebo dvoustupňové odželezování nebo odmanganování.

A3 – Intenzivní fyzikální a chemická úprava, rozšířená úprava a desinfekce (např. chlorování), koagulace, flokulace, usazování, filtrace, adsorpce (aktivní uhlí), desinfekce (ozon, konečné chlorování), jednostupňové nebo dvoustupňové odželezování nebo odmanganování.



Stroj 2

ZÁKLADNÍ PŘEHLED

1

STAV: Provoz - regulace otevření

Řízení: Dálkově - řízeno z PC

Říz.EON: akt. cos ϕ a P

Fázování: dálkově, automatika

QM1: zapnut

Klapka: otevřená

Tlak za: 29.98 m

Chl.voda: průtok

Uzávěr obtoku: zavřen

Hor. hladina: 468.39 m.n.m



P: 240kW

Q: -23kVAr

Cos ϕ : -0.99

Frek.: 50.9Hz

n: 100.00%

odbržděno

RK: 53.1%

otevřeno

Průt.: 0.73m³/s



Poruchy

Nastavení

Pohony

Servis



ESN



Čiření vody



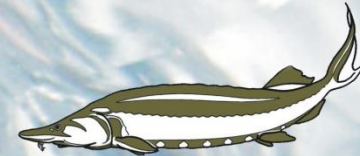
Čiření je základním technologickým procesem při úpravě povrchových vod na vodu pitnou. Jde o odstranění koloidních částic jemných suspenzí. Pro úpravu vody čiřením se dávkuje do vody převážně *síran železnatý, síran hlinitý, chlorid železitý, polyaluminiumchlorid* a *hlinitan sodný*. Ve vodě se utvoří téměř nerozpustný hydroxid hlinitý nebo železitý. Částice se shlukují (agregují) do hrubé disperze a strhávají do sebe nebo na svém povrchu sorbují a nebo chemicky zachycují látky obsažené ve vodě.

Proces agregace (shlukování) se nazývá **koagulace** a proces zbavení vody agregovaných částí se nazývá **čiření**.

Při chemické úpravě vody se za sedimentačními nádržemi nebo čiriči vody zařazuje filtrace. Tento postup se nazývá dvoustupňová úprava. V případech, kdy k čištění vody stačí malá dávka koagulantu, používá se k její separaci pouze filtrace – potom jde o jednostupňovou úpravu vody.



Separační postupy ve vodárenství

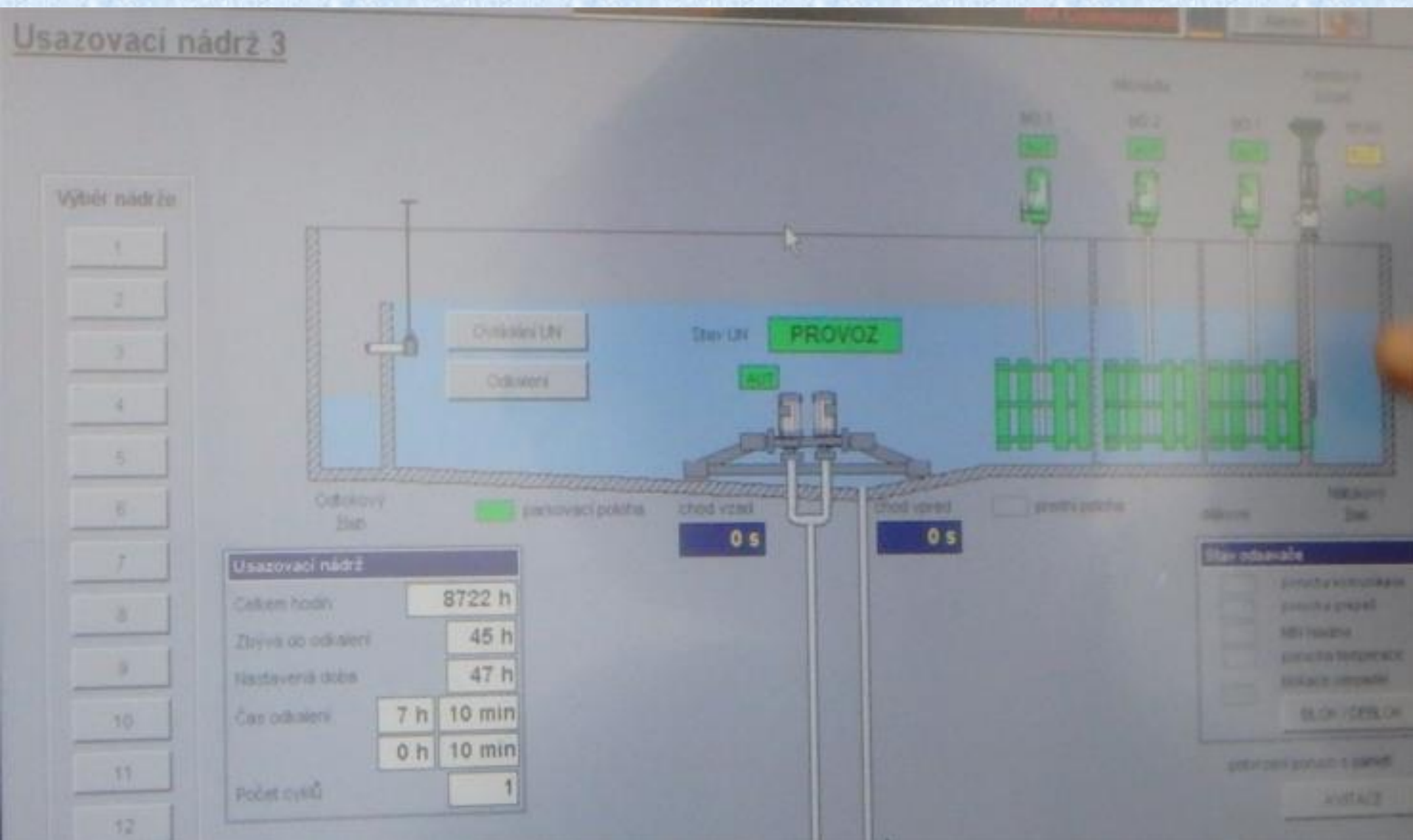


Nejobvyklejšími separačními postupy jsou ***sedimentace*** a ***filtrace***. Sedimentace je v principu stejná jako u čistíren odpadních vod.

Filtrace

- ***Mikrosíta*** (bubnové filtry)
- ***filtrace vrstvou zrnitého materiálu*** (křemenný písek, křemelina, drcený antracit, filtrační polyethylenové kuličky)

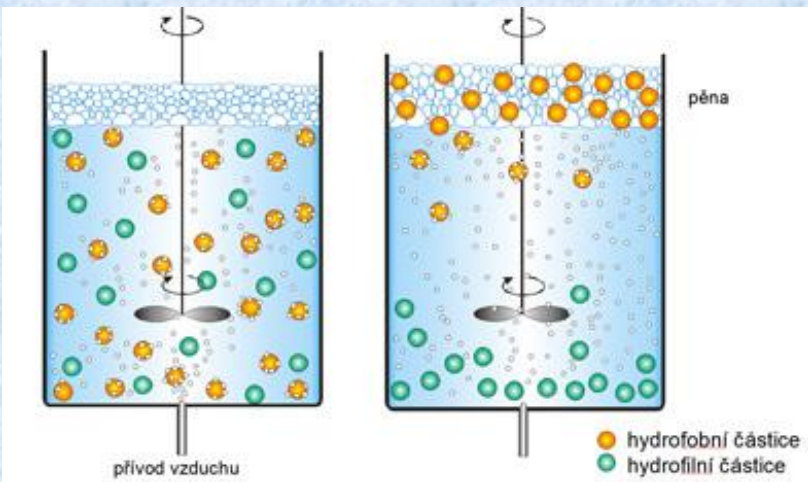




Flotace



Flotace je separační proces založený na rozdílné smáčivosti složek ve směsi. Vzduchové bubliny se lépe zachytávají na hydrofobní (nesmáčivém) povrch částic. Vytvořené shluky - tzv. **flokule** jsou pak vynášeny k hladině, protože jejich hustota je nižší než hustota okolního kapalného prostředí. Hydrofilní (smáčivé) částice zůstávají v nádrži a sedimentují.



Účel chemické čiření



Odstranění koloidních částic jemných suspenzí.

Technologický postup čiření :

Dávkování roztoků hydrolyzujících solí (železitých, hlinitých nebo železnatých), které vytvářejí s vodou hydroxidy většinou s kladným nábojem.

Vzniklé částice koagulují nebo reagují s jemně suspendovanými nebo koloidními částicemi nečistot obvykle se záporným nábojem za vzniku částic (vloček). Jejich odstranění sedimentací, flotací, filtrací.

Desinfekce vody :

Zásobování pitnou vodou velkých měst – výhradně chlorace.

Menší oblasti do 10 000 obyvatel – ozonace (1%), chlordioxid (5%), chloraminace (24 %), chlorace (70 %).

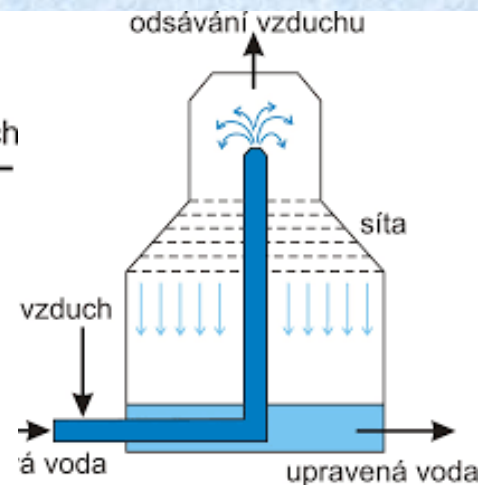
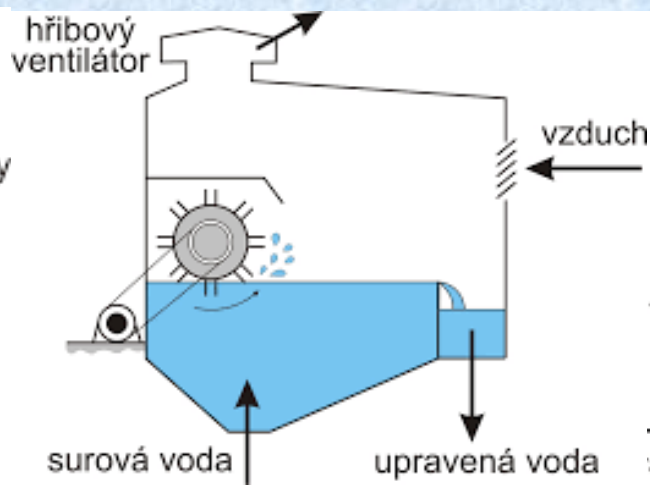
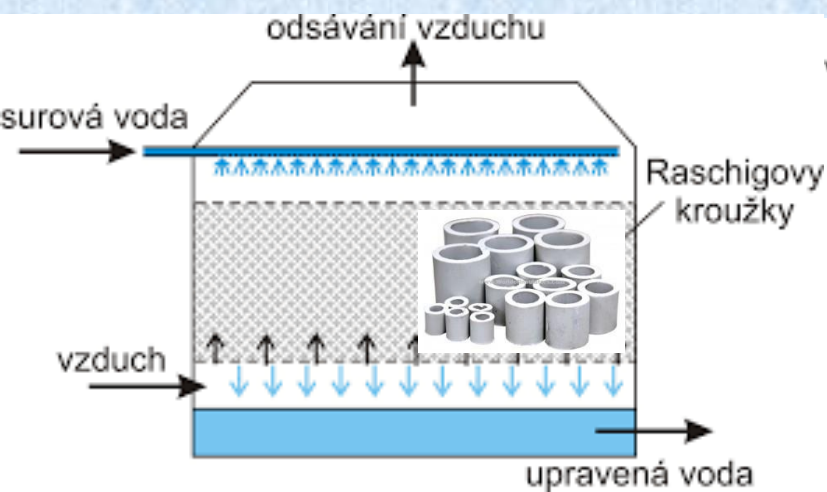
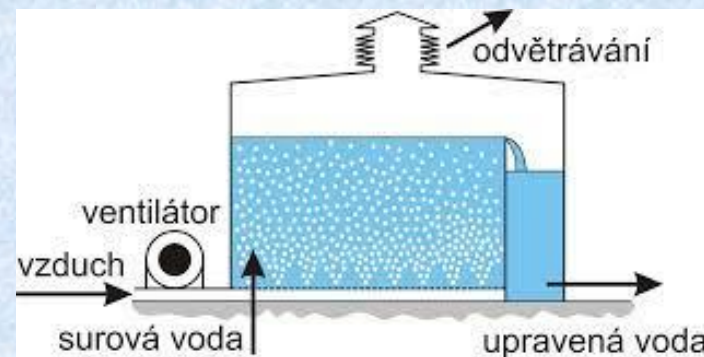
Odkyselování vody



Provzdušňování

Tento způsob odstraňuje plynný CO_2 , je vhodný pro vodu s rovnovážnou koncentrací CO_2 . Při aeraci dochází někdy i k odstranění pachových látek z vody. Okysličením vody se vytváří podmínky pro vylučování hydroxidu železitého, případně manganititého.

1. rozprašování
2. skrápění a sprchování
3. vhánění vzduchu do vody



Chemické odkyselování vody



spočívá na reakci oxidu uhličitého s přidanými chemikáliemi, které jsou ve vodě nerozpustné (postup v koloně), nebo rozpustné (dávkování). U většiny chemických postupů dochází při odkyselování k nárůstu tvrdosti vody.

- *postup v koloně*

užívá se uzavřených nebo uzavřených kolon (filtrů), které jsou plněny příslušným materiálem, reagujícím s oxidem uhličitým. Tento způsob je méně náročný na obsluhu a přizpůsobuje kolísání koncentrace oxidu uhličitého. Hodí se pro malé zdroje. Při zanesení látek použitých v kolonách dochází k nestejnoměrnému odkyselování.

Nejběžnějším materiálem pro odkyselování v komoře je mramor – uhličitán vápenatý, používá se i pálený dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgO}$).

- *dávkování chemikálií*

přesným dávkováním chemikálie podle obsahu oxidu uhličitého ve vodě dosáhneme jakéhokoliv stupně odkyselení. Nejčastěji se používá hydroxid vápenatý ve formě vápenného mléka.



Odželezování vody



Postupy odželezování vody dělíme na:

Oxidační - principem je oxidace kladných iontů Fe^{2+} na Fe^{3+} a následná hydrolyza železité soli na málo rozpustný hydroxid železitý, který se odstraní filtrací, popř. sedimentací.

Jako oxidační činidlo se používá vzdušný kyslík nebo jiná oxidační látka.

Oxidace vzdušným kyslíkem

pH vody by se mělo pohybovat mezi 7-8. provzdušňování vody se provádí buď jejím rozprašováním v komorách nebo vháněním vzduchu do otevřených nebo uzavřených odželezovačích.

Otevřené odželezovače jsou budovány podobně jako flokulační nádrže. Za nimi jsou řazeny pískové filtry. Otevřené odželezovače mají zpravidla větší účinnost než uzavřené. Jejich nevýhodou je však větší prostorová náročnost, vyšší investice a možnost znečištění vody z ovzduší.

Uzavřené odželezovače jsou ocelové nádrže, v horní části je prováděno provzdušňování případně dávkování $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a ve spodní části je filtrační vrstva. Vzduch se vhání kompresorem.

Horizontální aerační zařízení Bubla



Odželezování vody



Oxidace jinými oxidovadly

Nejčastěji se používá chlor. Zejména tam, kde je železo vázáno do komplexů s organickými látkami, které chlor rozkládá. Dávkování chlóru se řídí hodnotou CHSK nebo barvy vody.

V přítomnosti organických látek je pro odželezování účinný i ozon.

Odželezování v iontoměničích

Odstraňování železa na katexu se děje v sodíkovém nebo vápníkovém cyklu. Hmota na výměnu iontů je pevná zrnitá látka z umělé pryskyřice, ve které jsou obsaženy aktivní skupiny iontů. Proto má umělá pryskyřice schopnost vyměňovat anionty nebo kationty. Pro určení změkčovacího zařízení je určující celková tvrdost vody.

Jedna z výhod použití iontové výměny oproti metodám oxidačním je odstranění železa v širokém spektru pH a dlouhá životnost filtrační směsi. Dále nevznikají škodlivé chloridy. Speciální filtrační směsi mimo železa a manganu odstraní i amoniak, tvrdost vody a organické nečistoty.



envites

Odmanganování vody



Postupy odmanganování vody dělíme na:

Oxidační – mangan se oxidaže obtížněji než železo. Principem je oxidace manganatých sloučenin na hydratované oxidy manganu vyšších oxidačních stupňů. Jako oxidační činidlo se používá vzdušný kyslík nebo manganistan draselný.

oxidace vzdušným kyslíkem

je nutná existenci nosiče (pískový filtr), kde se oxid manganičitý uchytl. Je nutné vytvořit vrstvu $\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (hydratovaný oxid manganičitý, tzv. burel). Lze ji vytvořit pomocí přídatku KMnO_4 (manganistan draselný). Není nutný koagulační prostor ani provzdušňování vody. Při společném odželezování a odmanganování se vrstva MnO_2 vytvoří i na zrnech odželezovacích filtrů. Pro odstranění Mn z vody je často nutno zvýšit pH, obvykle přídatkem Ca(OH)_2 .

oxidace vzdušným kyslíkem za součinnosti manganových bakterií

obdoba předchozího způsobu, kde místo burelu jsou využity k oxidaci Mn chemolitotrofní manganové bakterie.

Odmanganování vody



oxidace jinými oxidovadly

pro oxidaci se používá manganistan draselný. Jeho použití je vhodné při náhlém výskytu manganu ve vodě.

odmanganování na iontoměničích

Tento způsob lze použít pro vody, kde je odmanganování obtížné. Jako měnič iontů se používá manganový permutit, na jehož velkém specifickém povrchu je vrstva oxidů manganu.



Zušlechťování pitné vody



Některé látky i ve stopových koncentracích ovlivňují chuť nebo pach vody nepříznivě. Některé sloučeniny mohou být z hygienického hlediska závadné (mutagenní, karcinogenní). Někdy jsou koagulací odstraněny nedostatečně a postupy, kterými se odstraňují z vody lze rozdělit na *adsorpční* a *oxidační*.

Adsorpce z vodných roztoků

Adsorpce je jev, ke kterému dochází na mezifázovém rozhraní. Ve vodním prostředí se látky obsažené ve vodě (adsorbáty) hromadí na povrchu pevné fáze adsorbentu (sorbentu) buď pomocí mezimolekulárních sil, nebo pomocí chemické vazby, nebo přitažlivostí částic elektrickými silami jako důsledek jejich opačného náboje (iontová sorpce).

Mezi adsorbátem a jejím adsorbovaným množstvím se po určitém čase vytvoří dynamická rovnováha.

Zušlechťování pitné vody



Použití aktivního uhlí ve vodárenství

V úpravně povrchové vody na vodu pitnou se aplikuje buď dávkováním práškového uhlí do upravované vody v průtočném profilu vodárny nebo v koloně se zrnitým, nebo granulovaným uhlím, přes které voda protéká. Kolona je umístěna za čiřícím procesem po separaci vložek, na sorbent tedy přivádíme vodu zbavenou většiny nečistot.

Aktivní uhlí lze po vyčerpání regenerovat (složitě).

Fluorizace vody

Dodávání sloučenin fluoru (cca 1 mg.l^{-1}), cílem je příjem fluoru obyvatelstvem. V současnosti již minimálně, fluor se přidává do zubních past.





Dezinfekce vody



Voda povrchová nebo z podzemního zdroje, kterou chceme použít k úpravě na vodu pitnou, obsahuje biologické znečištění. Je proto nezbytné ji dezinfikovat.

Dezinfekci je třeba provést tak, aby byla zabezpečena nejvyšší mikrobiologická bezpečnost a zároveň bylo nejnižší riziko vzniku nežádoucích vedlejších účinků produktů dezinfekce.

Chlorace je dávkování plynného chloru, chlornanu sodného nebo vápenatého do vody.

Dávkování chemikálie je závislé na složení vody a na dezinfekčních limitech.

Účinná dezinfekce nastane nejdříve po dvacetiminutovém působení. Velmi důležité je pH vody.

V případě vod, které jsou organicky znečištěné, může při použití chlorace dojít ke zhoršení chuti a vůně vody a také dochází ke vzniku vedlejších produktů chlorace.

Dezinfekce vody



Chlordioxid (oxid chloričitý) stále častěji nahrazuje chlor v mnoha aplikacích. Má větší dezinfekční účinky a není závislý na hodnotě pH vody. Při jeho použití nedochází ke vzniku vedlejších produktů.

Nejkratší doba působení je patnáct minut.

Chlordioxid má vyšší oxidační schopnost než chlor, silné dezinfekční účinky ve velkém rozsahu pH, dlouhodobý bakteriologický účinek, dobré dezinfekční vlastnosti vůči slizotvorným řasám, virům, zamezení tvorby trihalogenmetanů (THM).

Nevýhodou ClO_2 je nestálost (nutnost výroby na místě), menší rozpustnost ve vodě a obtížnější analytická kontrola.

Ozonizace - ozon je považován za nejsilnější dezinfekční a oxidační prostředek použitelný pro úpravu vody. Nevznikají žádné vedlejší nežádoucí produkty, ozon se rozkládá na kyslík. Je nestabilní a rychle se ve vodě rozkládá. Jeho výhody i nevýhody ve srovnání s chlorem jsou stejné jako u oxidu chloričitého.

Dezinfekce vody



UV záření

Výhodou dezinfekce UV-zářením oproti chemickým prostředkům je spolehlivost dezinfekce, prakticky žádná tvorba vedlejších produktů dezinfekce, žádná změna organoleptických vlastností upravované vody, žádný dopad na životní prostředí, snadnost a bezpečnost provozu UV-zařízení.

Ultrafialové záření (UV) je elektromagnetické záření cca pod 350 nm. Zdrojem bývají rtuťové křemenné lampy, voda musí být čirá, nejúčinnější je záření kolem vlnové délky 260 nm. Doba ozařování je řádově v minutách.

Metoda se používá pro malé zdroje.

Hlavní nevýhodou je krátká doba trvání dezinfekce (druhotná kontaminace – nutno kombinovat s chlorací), krátká životnost lamp a vysoké nároky na energie.

Velice účinná je kombinace UV záření a ozonu na rozklad rezistentních organických sloučenin.

Jakost pitné vody



Stanoví se hygienickými limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů.

Doporučené hodnoty (DH) jsou nezávazné hodnoty ukazatele jakosti pitné vody, která stanovuje minimální nebo přijatelnou hodnotu nebo optimální rozmezí koncentrace látky

Mezní hodnoty (MH) definují horní přípustnou hranici hodnoty ukazatele jakosti pitné vody, jehož překročení obvykle nepředstavuje akutní zdravotní riziko

Nejvyšší mezní hodnoty (NMH) jsou hodnoty ukazatele jakosti pitné vody, jejíž překročení znamená vyloučení použití vody jako pitné pokud neurčí orgán ochrany veřejného zdraví jinak

Mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity.

Mikrobiologické a biologické ukazatele

č.	ukazatel	jednotka	limit	typ limitu	vysvětlivky
1	Clostridium perfringens	KTJ/100 ml	0	MH	1
2	intestinální enterokoky	KTJ/100 ml	0	NMH	2
		KTJ/250 ml	0	NMH	
3	Escherichia coli	KTJ (MPN)/100 ml	0	NMH	2
		KTJ (MPN)/250 ml	0	NMH	
4	koliformní bakterie	KTJ (MPN)/100 ml	0	MH	2
		KTJ (MPN)/250 ml	0	MH	
5	mikroskopický obraz - abioseston	%	5	MH	3
6	mikroskopický obraz - počet organismů	jedinci/ml	50	MH	3, 4
7	mikroskopický obraz - živé organismy	jedinci/ml	0	MH	3, 4, 5
8	počty kolonií při 22 °C	KTJ/ml	Bez abnormálních změn	MH	6
		KTJ/ml	200	DH	7
		KTJ/ml	100	NMH	2
9	počty kolonií při 36 °C	KTJ/ml	Bez abnormálních změn	MH	8
		KTJ/ml	40	DH	9
		KTJ/ml	20	NMH	2
10	Pseudomonas aeruginosa	KTJ/250 ml	0	NMH	2

Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele						
č.	ukazatel	zkratka	jednotka	limit	typ limitu	vysvětlivky
11	1,2-dichlorethan		µg/l	3,0	NMH	
12	akrylamid		µg/l	0,1	NMH	10
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	
18	benzo[a]pyren	BaP	µg/l	0,01	NMH	
19	beryllium	Be	µg/l	2,0	NMH	
20	bor	B	mg/l	1,0	NMH	
21	bromičnany	BrO ₃ ⁻	µg/l	10	NMH	11
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		µg/l	0,10	NMH	10
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	
29	chemická spotřeba kyslíku (manganistanem)	CHSK -Mn	mg/l	3,0	MH	12

Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele						
č.	ukazatel	zkratka	jednotka	limit	typ limitu	vysvětlivky
30	chlor volný	Cl ₂	mg/l	0,3	MH	15
31	chlorečnany	ClO ₃ ⁻	µg/l	200	NMH	11, 16
32	chlorethen (vinylchlorid)		µg/l	0,50	NMH	10
33	chloridy	Cl ⁻	mg/l	100	MH	17, 18
34	chloritany	ClO ₂ ⁻	µg/l	200	NMH	11, 16
35	chrom	Cr	µg/l	50	NMH	
36	chuť			příjemná pro odběratele	MH	19
37	kadmium	Cd	µg/l	5,0	NMH	
38	konduktivita	k	mS/m	125	MH	18,20
39	kyanidy celkové	CN ⁻	mg/l	0,050	NMH	
40	mangan	Mn	mg/l	0,050	MH	21
41	měď	Cu	µg/l	1000	NMH	22
42	microcystin-LR		µg/l	1	NMH	
43	nikl	Ni	µg/l	20	NMH	23
44	olovo	Pb	µg/l	10	NMH	23
45	ozon	O ₃	µg/l	50	NMH	18
46	pach			příjemný pro odběratele	MH	19
47	pesticidní látky	PL	µg/l	0,10	NMH	24,25
48	pesticidní látky celkem	PLC	µg/l	0,50	NMH	24,26
49	PH	pH		6,5-9,5	MH	18,28
50	polycyklické aromatické uhlovodíky	PAU	µg/l	0,10	NMH	27

Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele

č.	ukazatel	zkratka	jednotka	limit	typ limitu	vysvětlivky
51	rtuť	Hg	µg/l	1,0	NMH	
52	selen	Se	Hg/l	10	NMH	
53	sírany	SO ₄ ²⁻	mg/l	250	MH	18
54	sodík	Na	mg/l	200	MH	
55	stříbro	Ag	µg/l	25	NMH	
56	teplota		°C	8-12	DH	
57	tetrachlorethen	PCE	µg/l	10	NMH	29
58	trihalomethany	THM	µg/l	100	NMH	30
59	trichlorethen	TCE	µg/l	10	NMH	29
60	trichlormethan (chloroform)		µg/l	30	NMH	11
61	uran	U	µg/l	15	NMH	
62	vápník	Ca	mg/l	30	MH	14
				40-80	DH	
63	vápník a hořčík	Ca + Mg	mmol/l	2-3,5	DH	
64	zákal		ZF (n)	5	MH	31
65	železo	Fe	mg/l	0,20	MH	32



Specifická spotřeba vody v litrech na obyvatele a den (Brno)

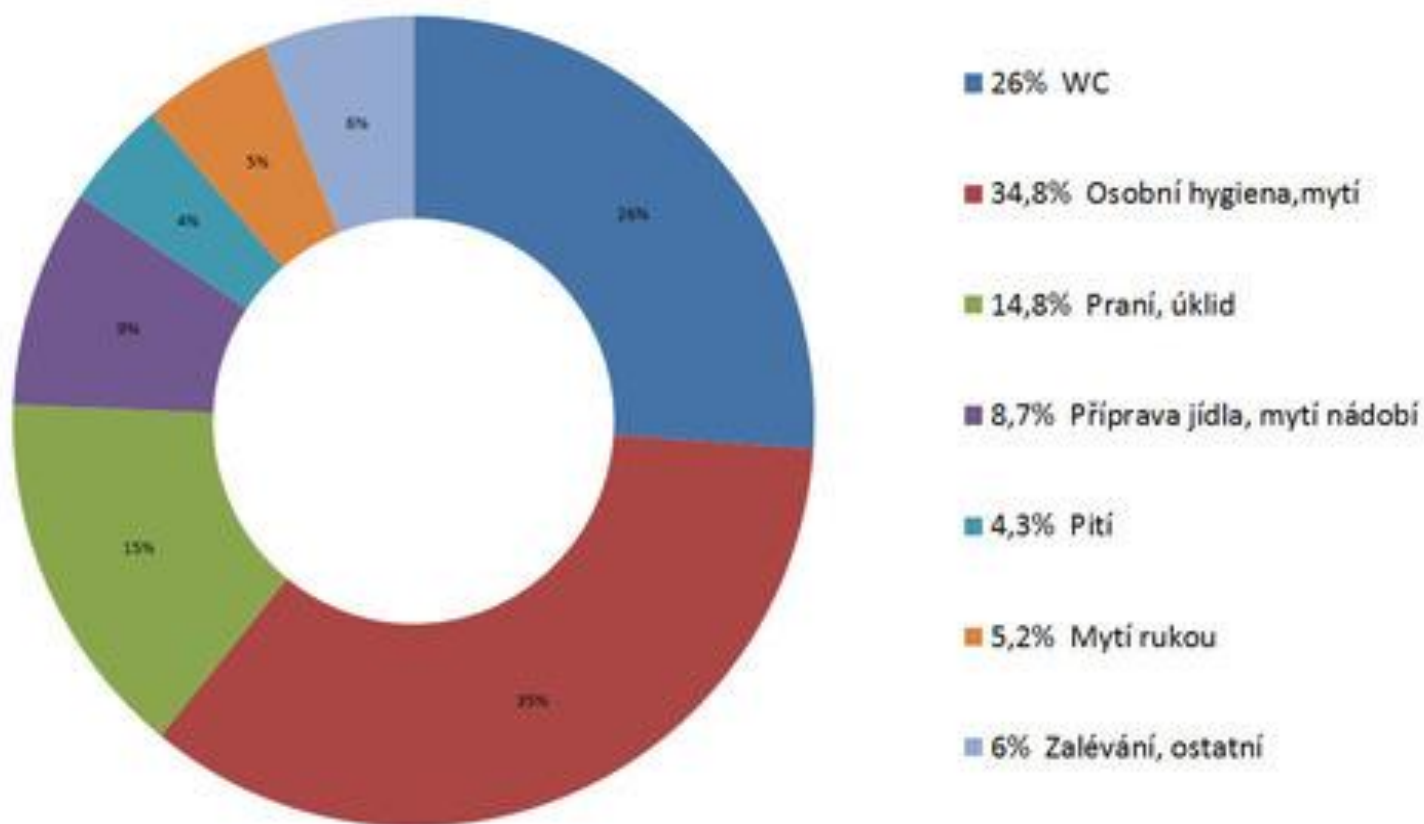
Příklady specifické spotřeby vody [v litrech vody na osobu a den]

Vývoj specifické spotřeby vody v ČR [v litrech vody na osobu a den]		
USA	300	Rok 1760 20
Vyspělé západoevropské země	150 - 200	Rok 1850 80
Česká republika	120	Rok 1945 100
Země třetího světa	10	Rok 1965 300
Hygienické minimum deklarované Světovou zdravotnickou organizací	100	Rok 1990 170
		Rok 2000 137
		Rok 2010 120

rok	spotřeba
2000	129
2001	124
2002	119
2003	121
2004	120
2005	116,3
2006	116,2
2007	117,2
2008	115,7
2009	114,3
2010	113,0
2011	112,4
2012	110,5
2013	108,6
2014	108,4
2015	108,7
2016	109,7
2017	109,2
2018	107,4
2019	106,5
2020	107,1



Spotřeba vody v domácnosti



<https://www.scvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/>