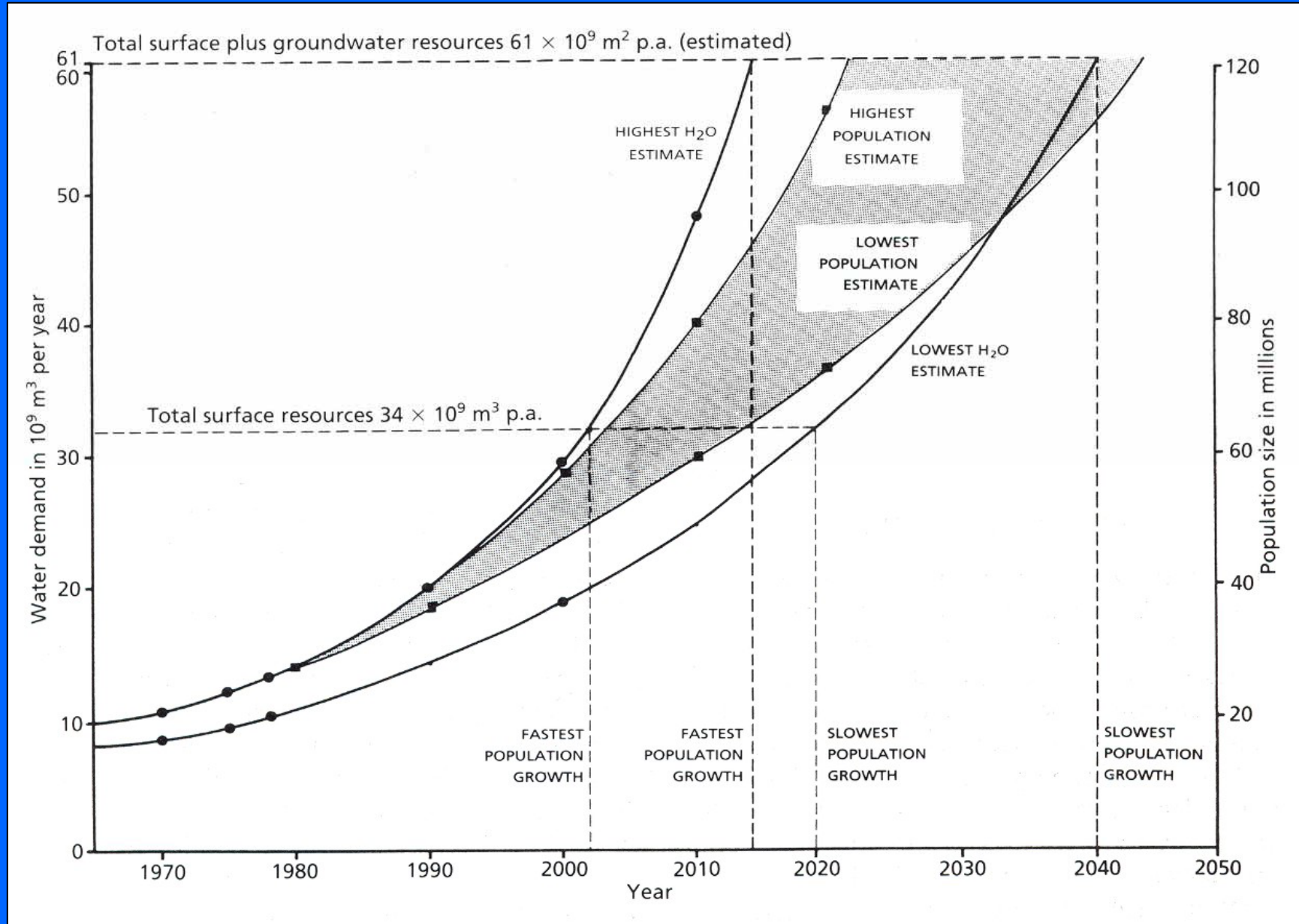


APLIKOVANÁ HYDROBIOLOGIE - VODÁRENSKÁ BIOLOGIE



EVERY CHILD DESERVES TO GROW UP WITH WATER THAT IS PURE TO DRINK, LAKES THAT ARE SAFE FOR SWIMMING, RIVERS THAT ARE TEEMING WITH FISH. WE HAVE TO ACT NOW TO COMBAT THESE POLLUTION CHALLENGES WITH NEW PROTECTIONS TO GIVE ALL OUR CHILDREN THE GIFT OF CLEAN, SAFE WATER IN THE 21ST CENTURY.

BILL CLINTON, 1998



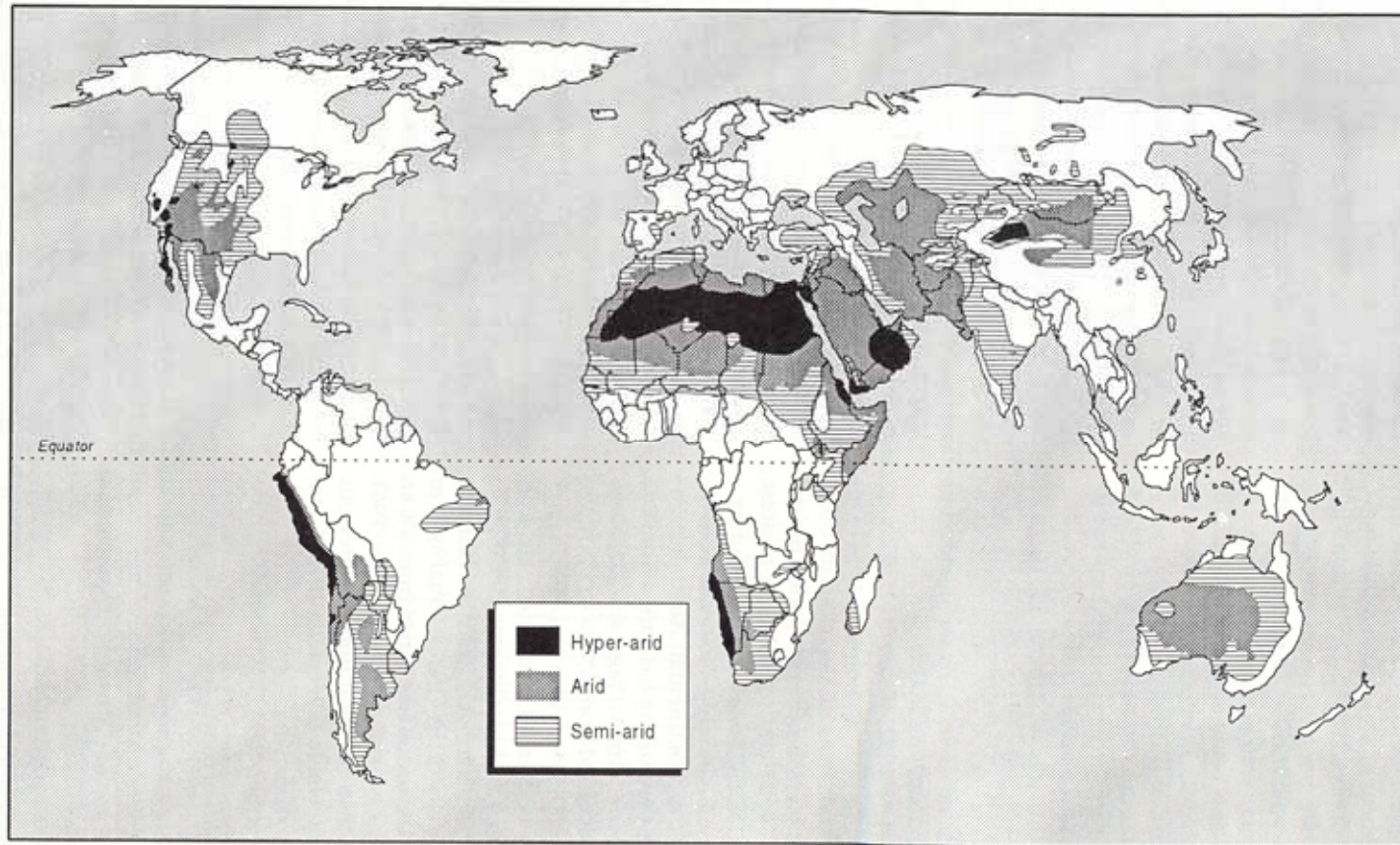
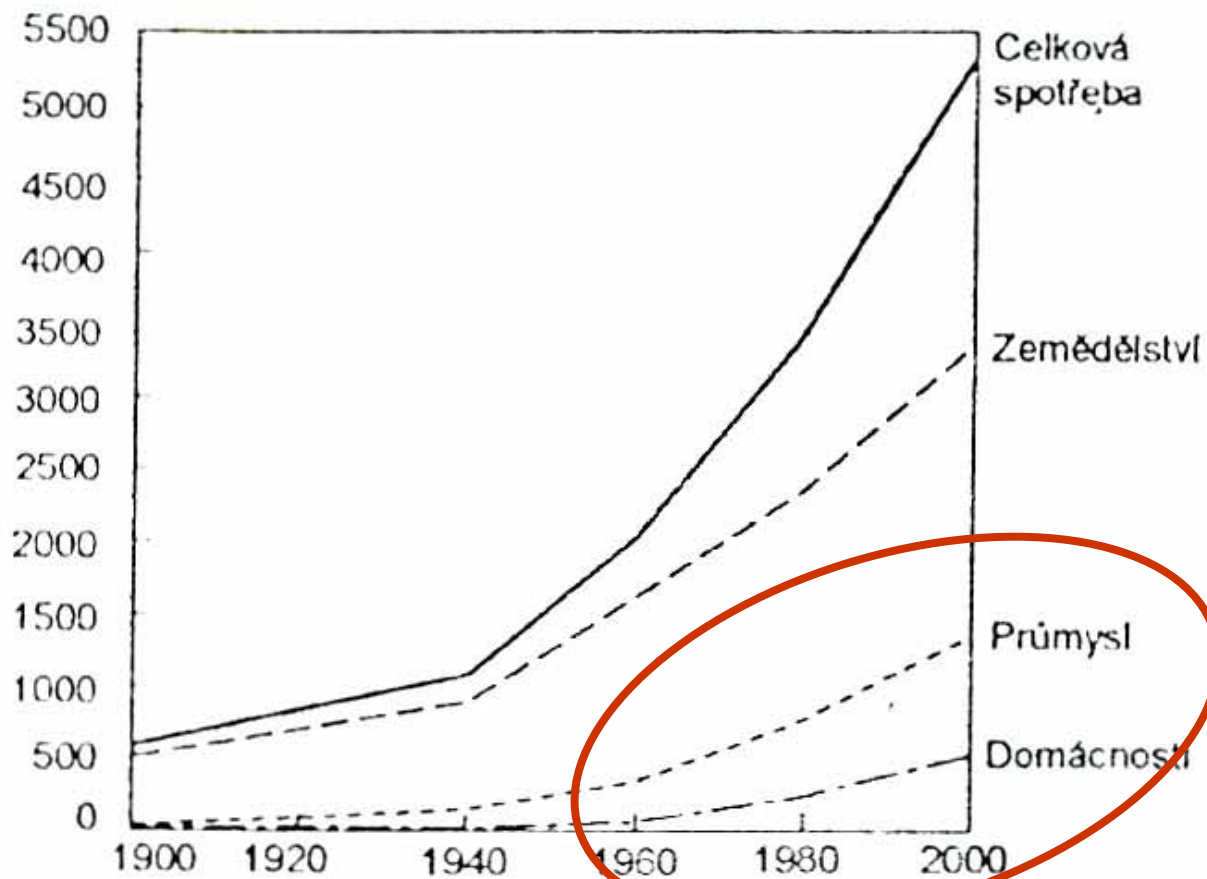
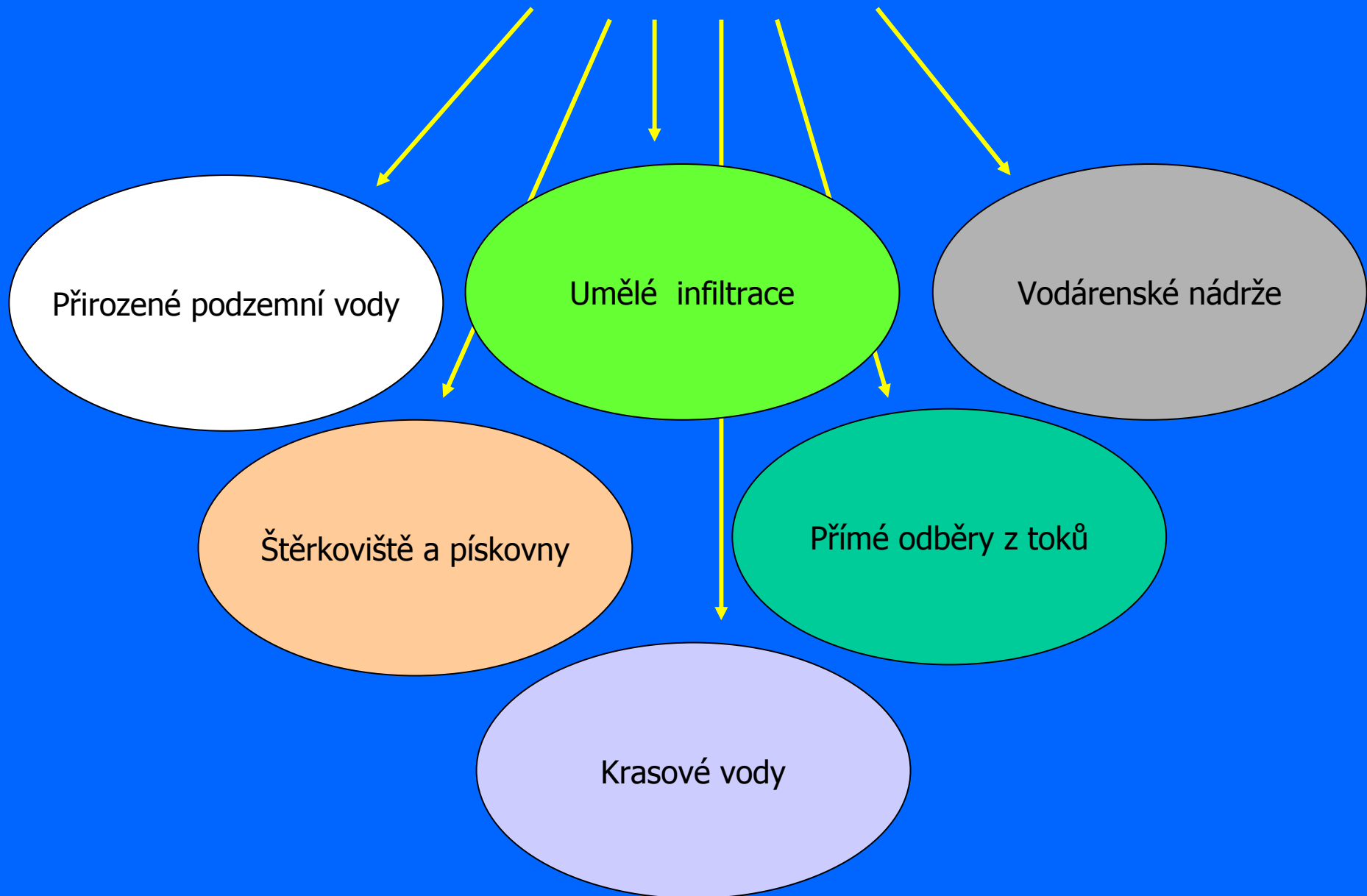


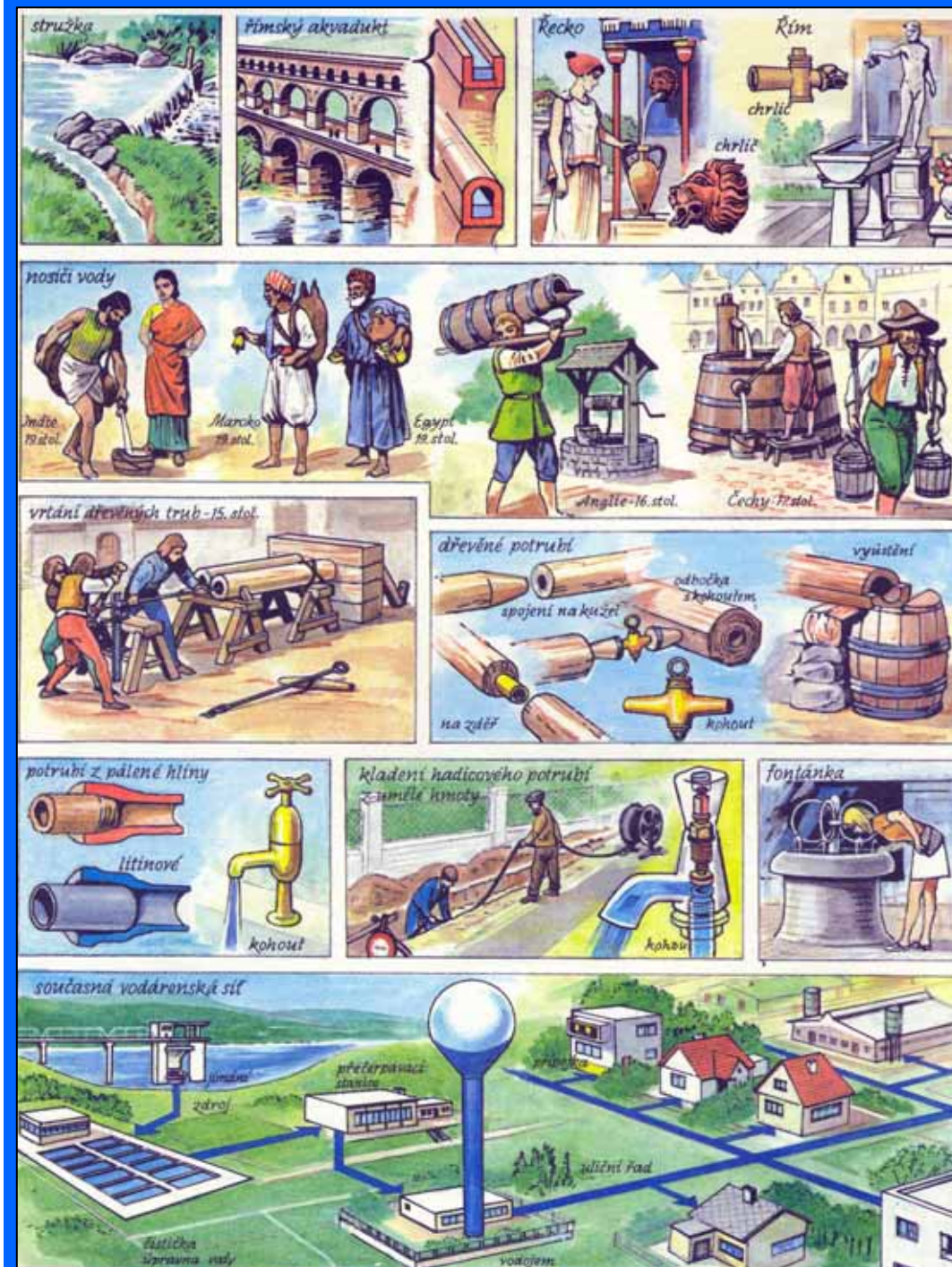
Fig. 25.2 The global distribution of dry regions (after Meigs 1953).

Celosvětová spotřeba vody v letech 1900-2000



Zdroje surové vody

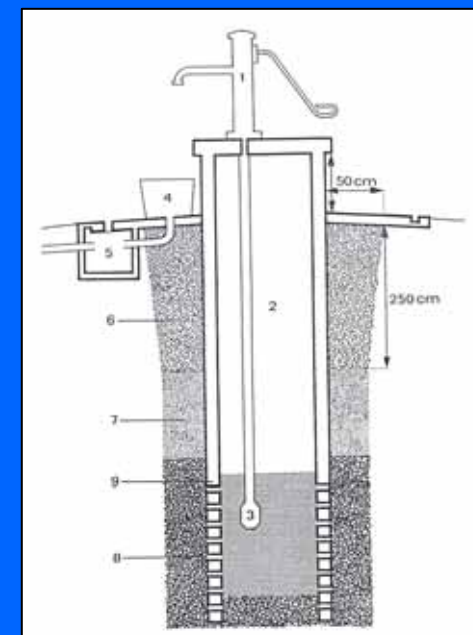




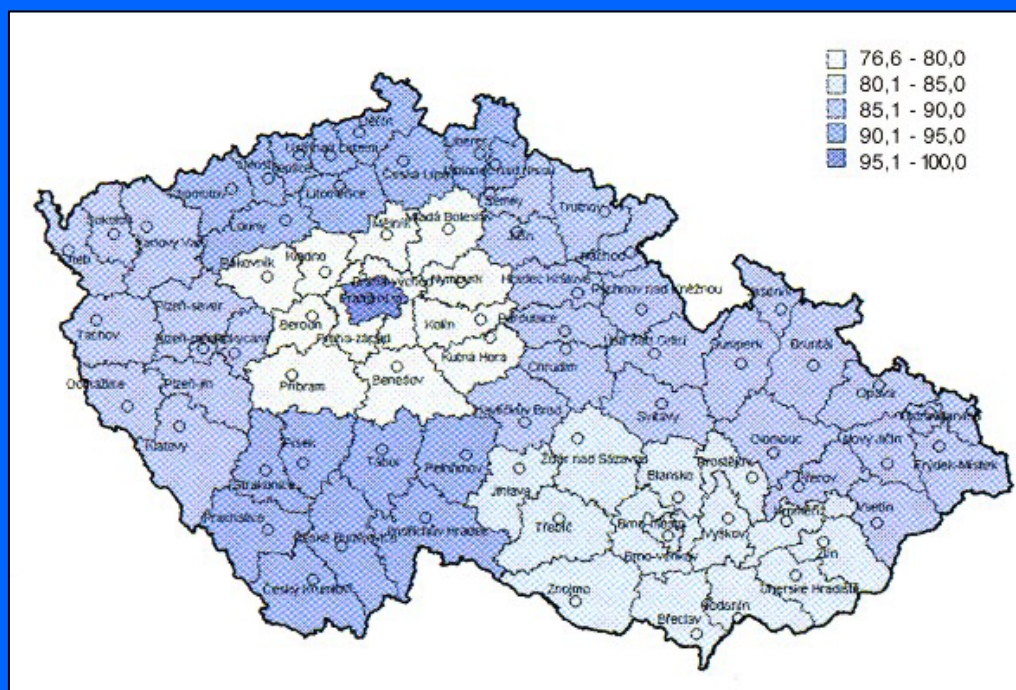
Zásobování obyvatelstva pitnou vodou

V zásadě můžeme způsoby zásobování pitnou vodou rozdělit na dva typy:

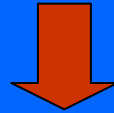
- (1) Individuální zásobování
- (2) Centrální (veřejné, hromadné) zásobování



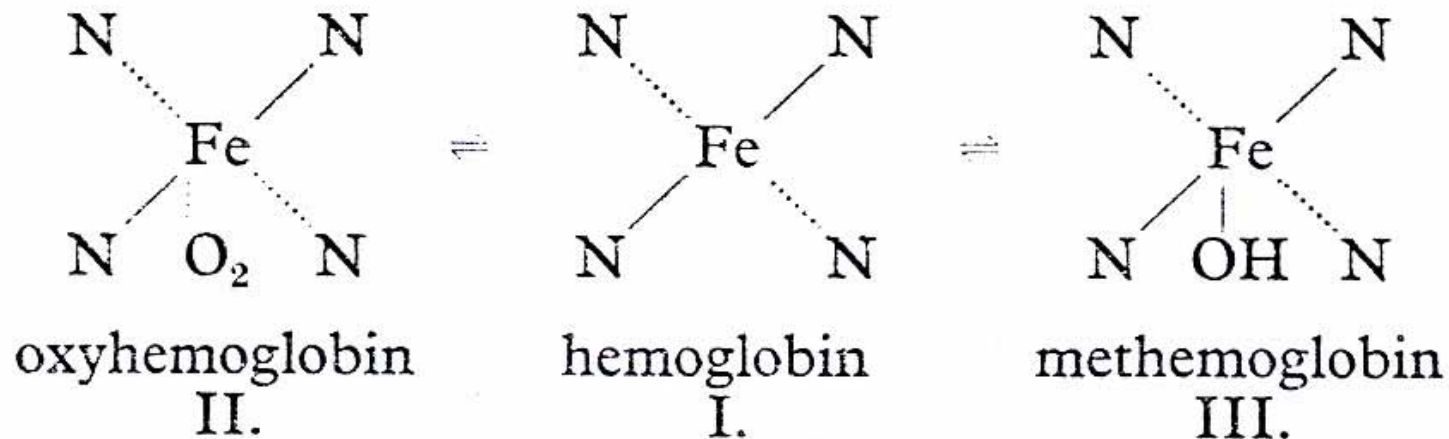
Ukazatel	1997
Celkový počet zásabovaných obyvatel (miliony)	8 513, 8
Počet veřejných vodovodů (miliony)	1927
Množství vyrobené pitné vody (mil. m ³)	870,4
z toho povrchová voda (%)	55
Voda upravovaná (mil. m ³ , %)	626 (72)
Spotřeba vody na jednoho obyvatele (l.os ⁻¹ .den ⁻¹)	115
Průměrná výše vodného (Kč . m ³)	12.99



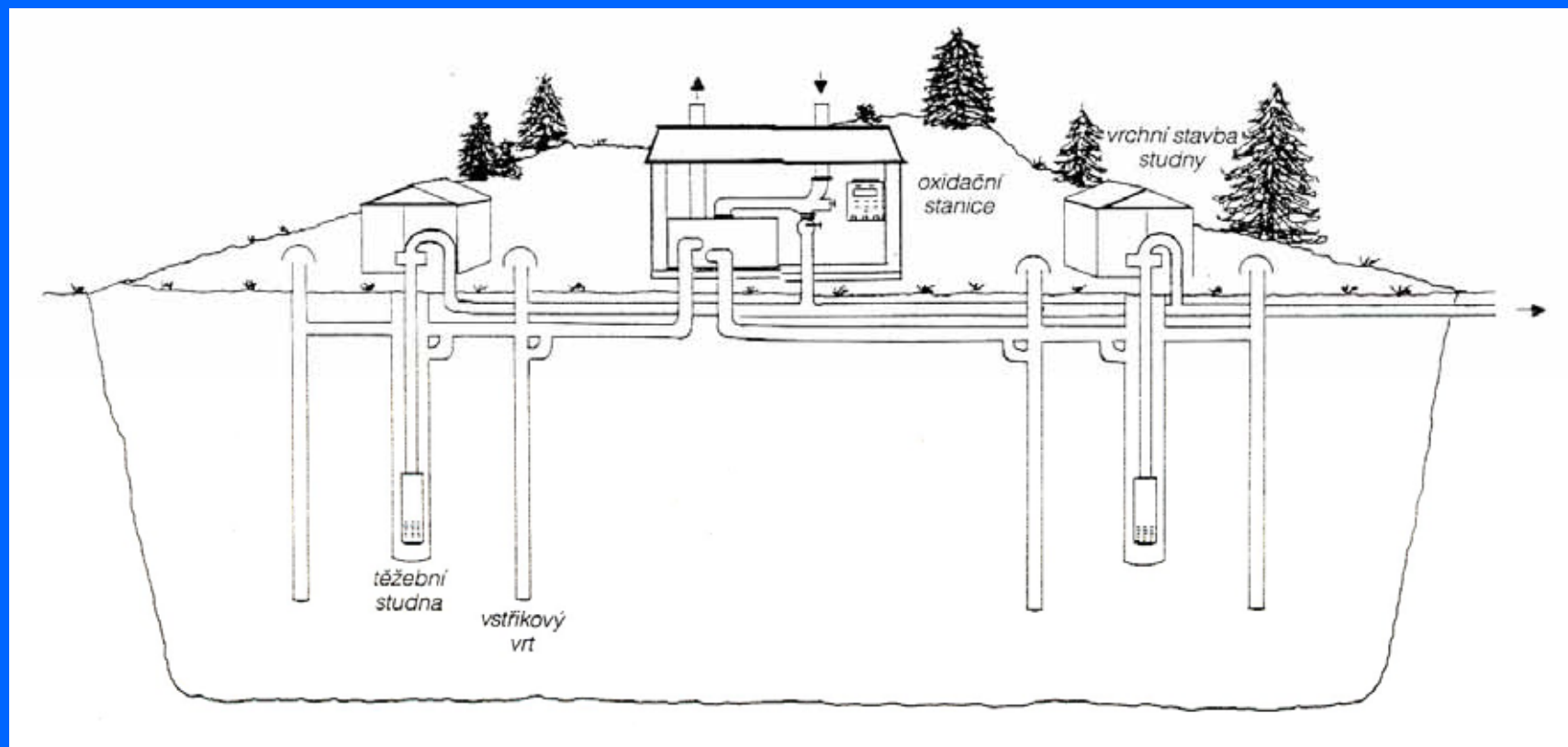
Zvýšené koncentrace dusičnanů a dusitanů v podzemních vodách, které byly použity k přípravě pitné vody pro kojence



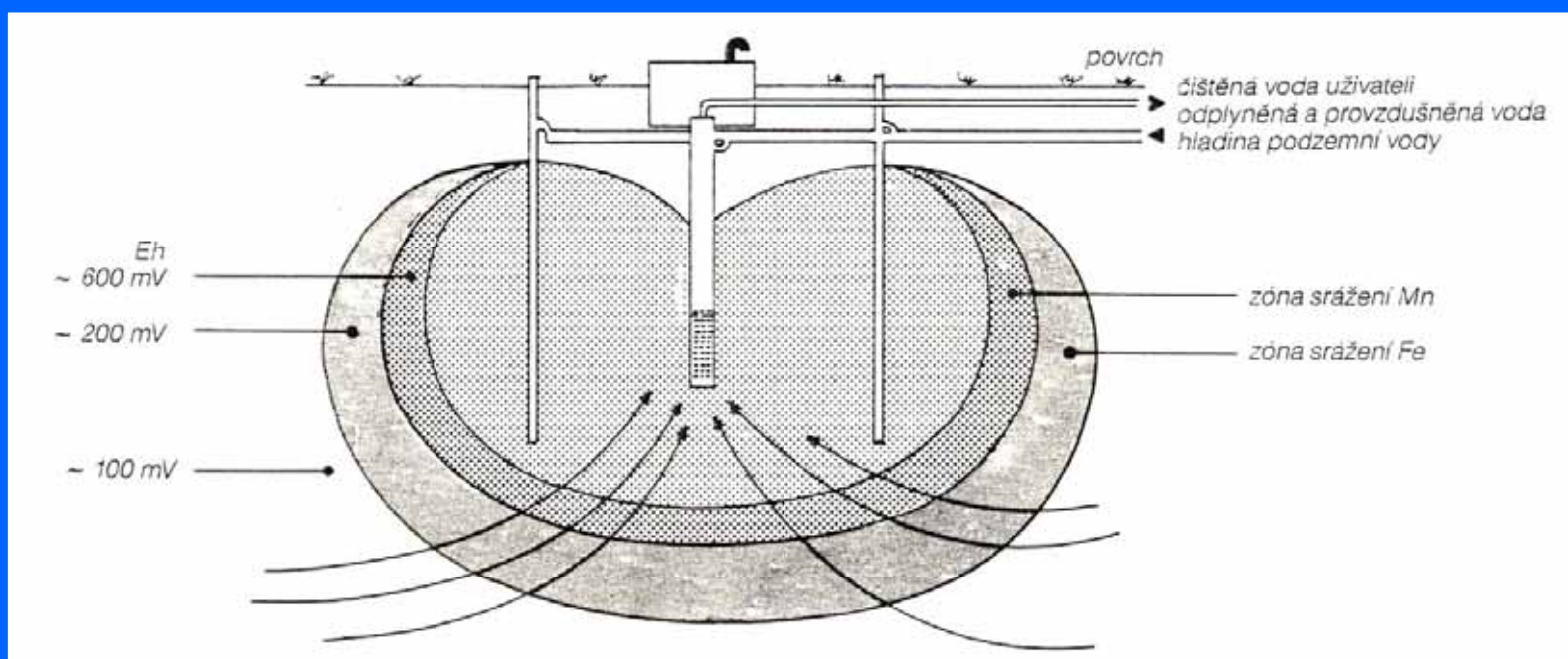
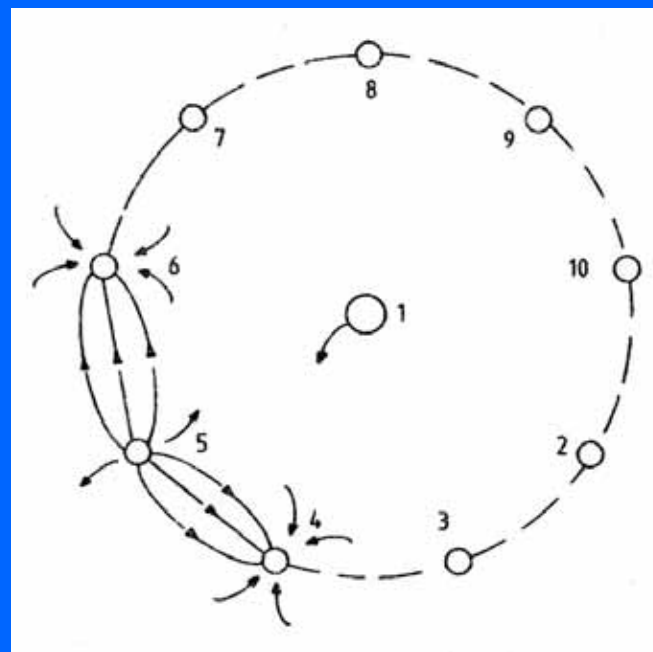
Alimentární dusičnanová methemoglobinemie



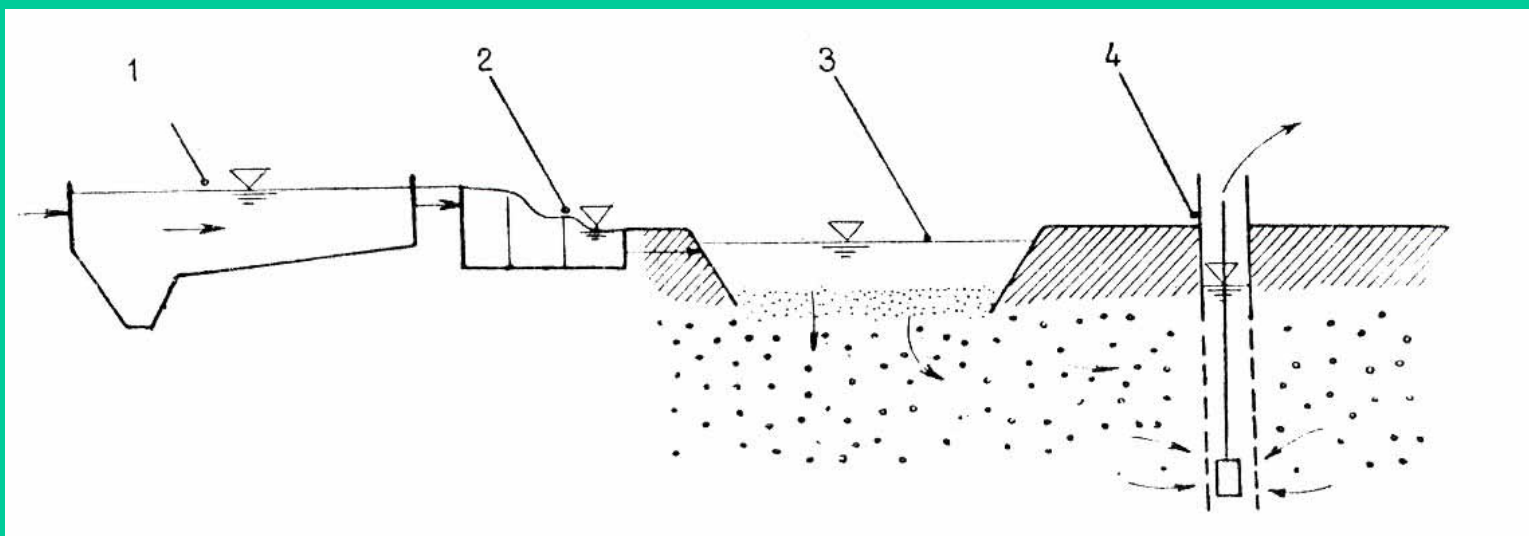
methemoglobinemii vedoucí k cyanózám, kdy červené krvinky patologickou přeměnou svého červeného krevního barviva pozbývají schopnosti přenášet kyslík a tím se zúčastnit procesu dýchání.



System VYREDOX

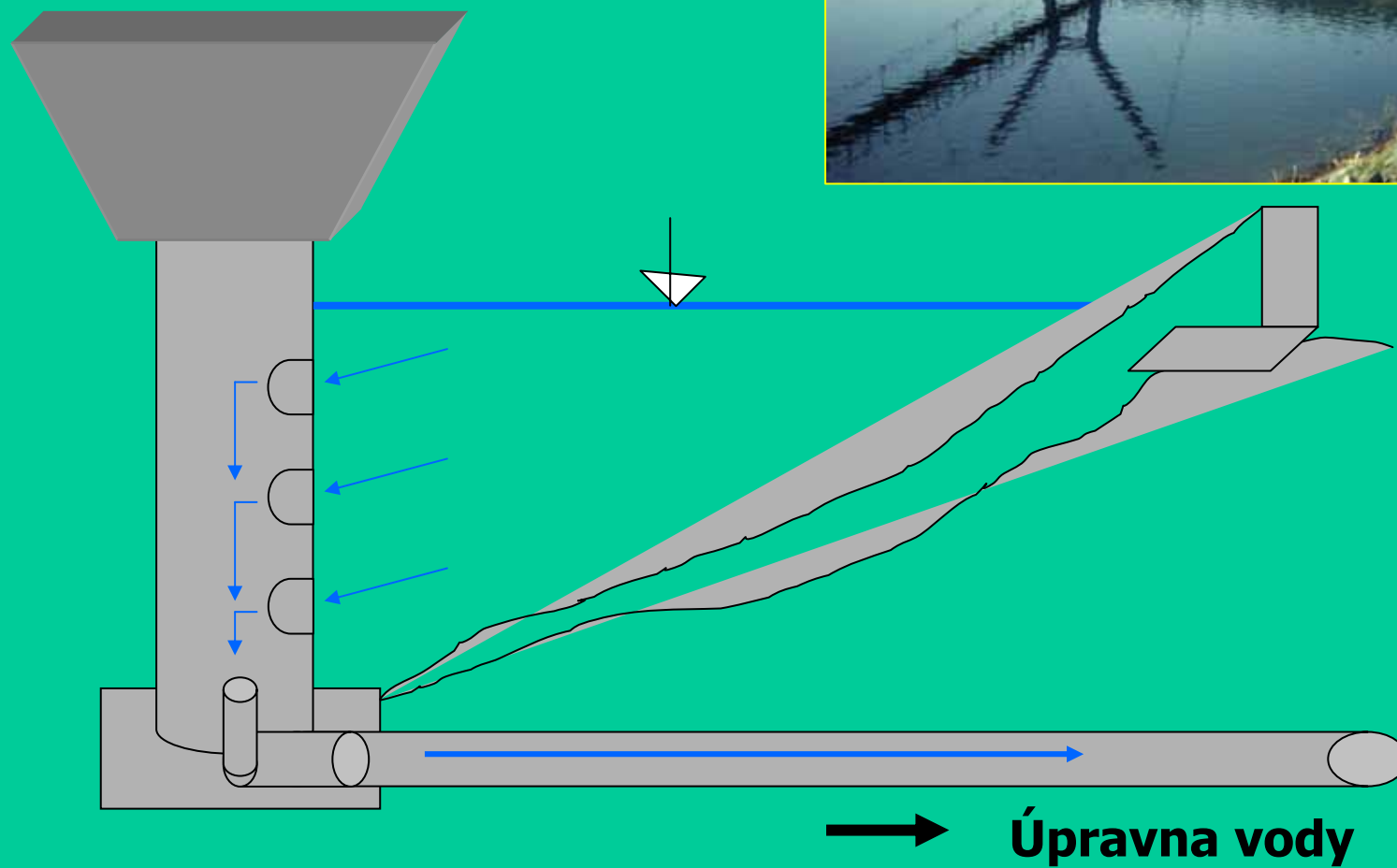


Získávání vody umělou infiltrací



1. usazovací nádrž; 2. provzdušňovací nádrž; 3. vsakovací objekt;
4. jímací studna

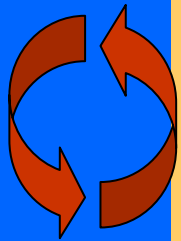
Odběrná věž před sypanou hrází



Nejdůležitější kritéria pro řízení hloubky odběru vodárenských údolních nádrží

Kritérium	Požadavek
Organické látky (TOC, CHSK)	Výběr vrstvy s nejlépe upravitelnou vodou podle koagulačního testu
Alkalita (mmol.l ⁻¹)	Optimalizace vzhledem ke koagulačním testům
Barva, nebo absorbance při 250-387 nm	Minimalizace
Teplota (°C)	< 12 vhodná > 12 nevhodná
Celkové Fe (mg.l ⁻¹)	< 0.3 vhodná > 0.3 nutná separace při úpravě
Rozpuštěný Mn (mg.l ⁻¹)	Minimalizovat, vyšší než 0.1 – nutná separace
NH ₃ a NH ₄ ⁺ (mg.l ⁻¹)	< 0.5 vhodná > 0.5 odstranit při úpravě
Trvalý zákal	Minimalizace
Organismy	Počty bakterií, fytoplanktonu i zooplanktonu minimalizovat

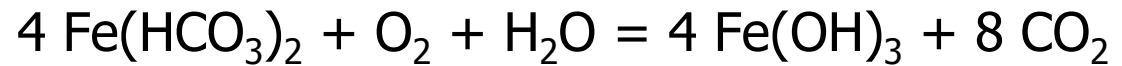
Schematický postup při úpravě povrchových a podzemních vod na vodu pitnou



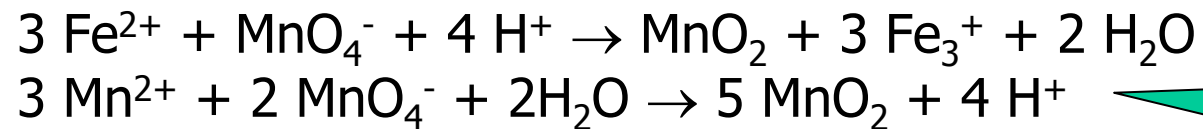
1. Předúprava vody - denitrifikace *in situ*,
2. Mechanické předčištění - sedimentační nádrže, česla
3. Chemické čiření (koagulace)
4. Filtrace vody - mikrosíta, pomalá filtrace, pískové rychlofiltry, tlakové filtry, vícevrstevné filtry, filtry se speciální nápln koagulační filtry
5. Speciální chemická úprava – změkčování vody, odstraňování Fe^{II} , Mn^{II}
6. Dezinfekce vody
7. Skladování upravené vody – vodojemy
8. Rozvod potrubím do domácností

Odželezování a odmangaňování

Principem je oxidace sloučenin železnatých (Fe^{2+}) a manganatých (Mn^{2+}) sloučenin na vyšší mocenství, v němž vytvářejí vločkovitou suspenzi, odstranitelnou separací. Během oxidace spolupůsobí železité a manganové bakterie.



Oxidace vzdušným
kyslíkem



Oxidace
manganistanem
draselným

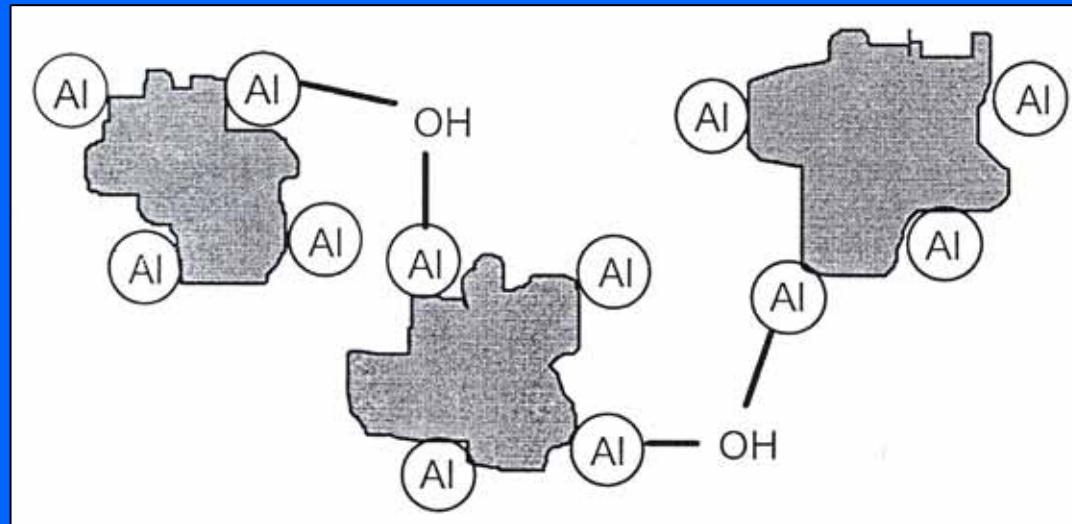
Chemické čiření (koagulace a vložování)

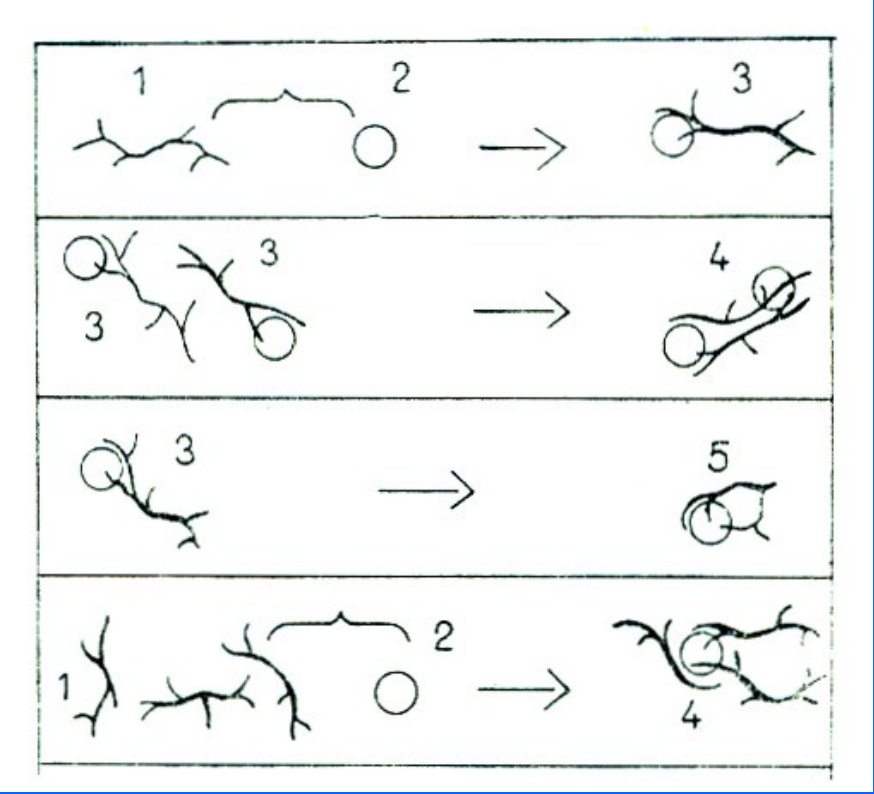
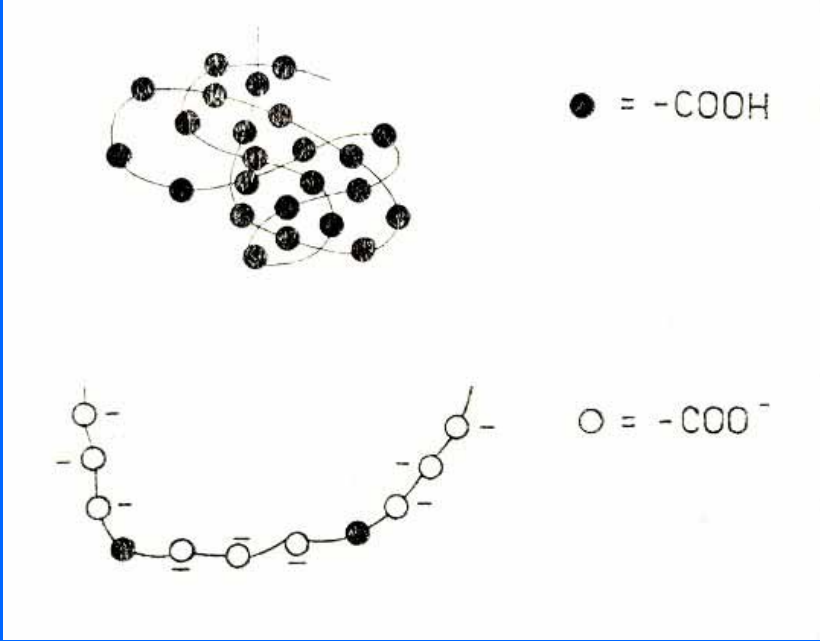
Koagulace

Proces destabilizace koloidů a nečistot ve vodě neutralizací jejich elektrického náboje (elektrokinetického potenciálu povrchu částic a agregace částic za vzniku kompaktní sraženiny.

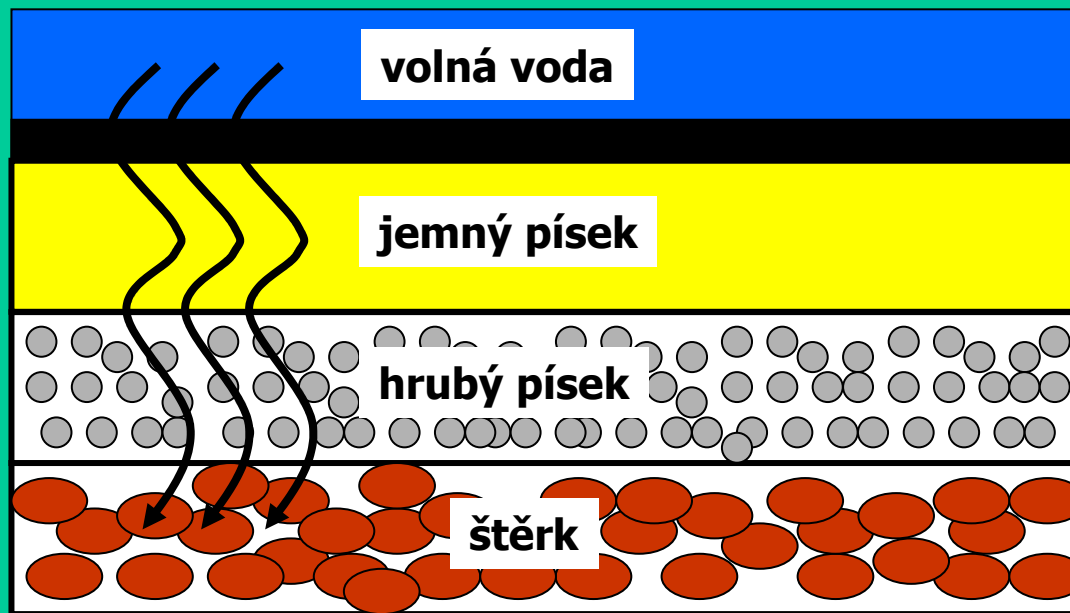
Vložování

Proces shlukující malé částičky dispergované tuhé hmoty vodní suspenze do velkých částic, které se rychle usazují a mohou být dobře odfiltrovány

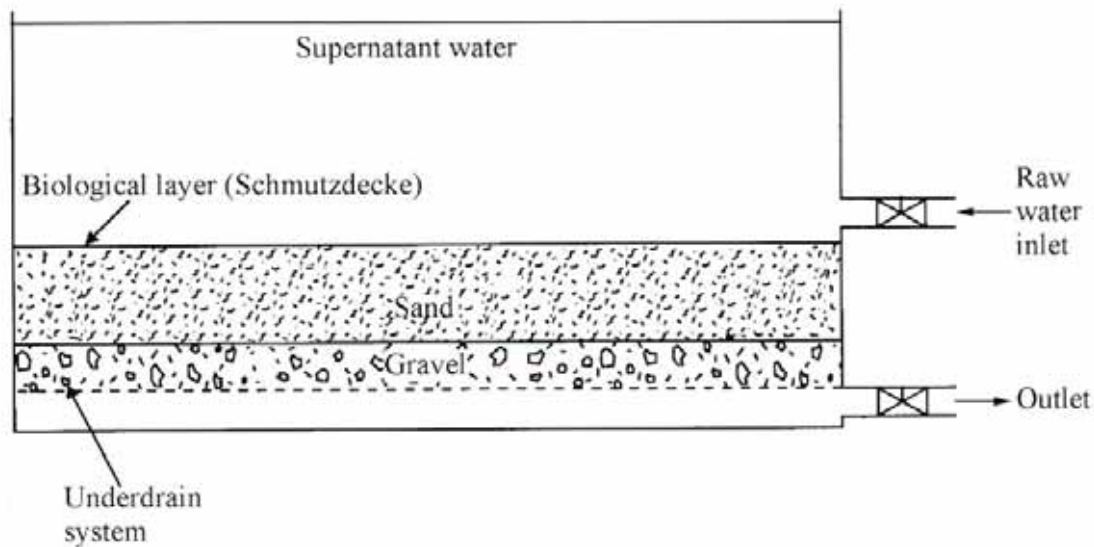


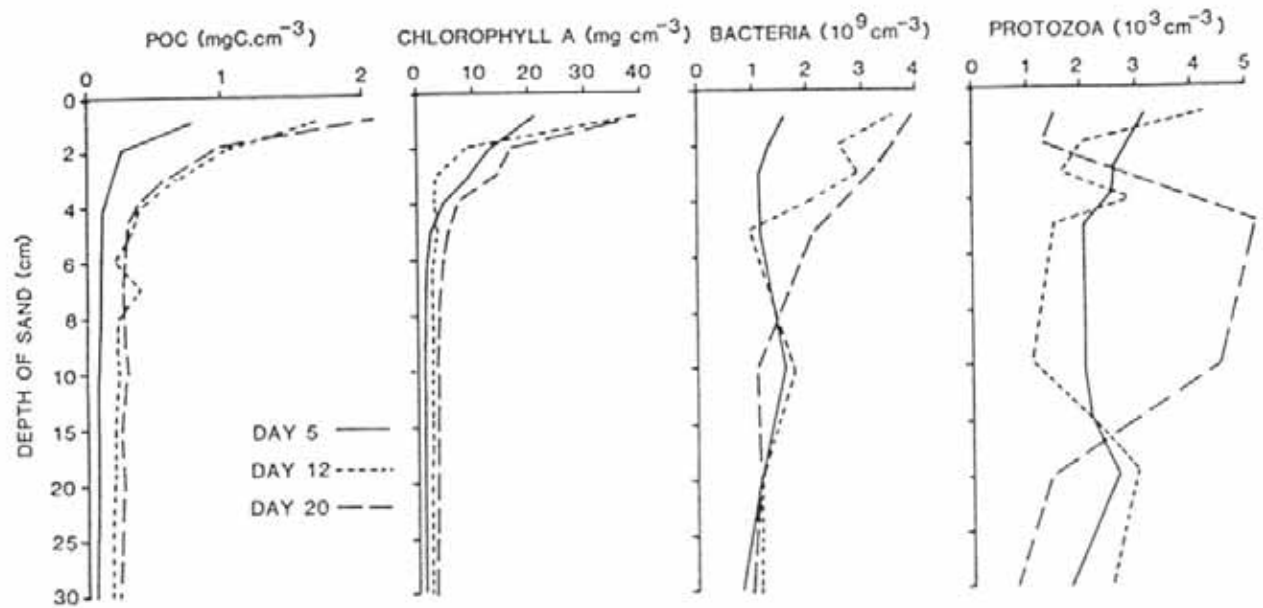
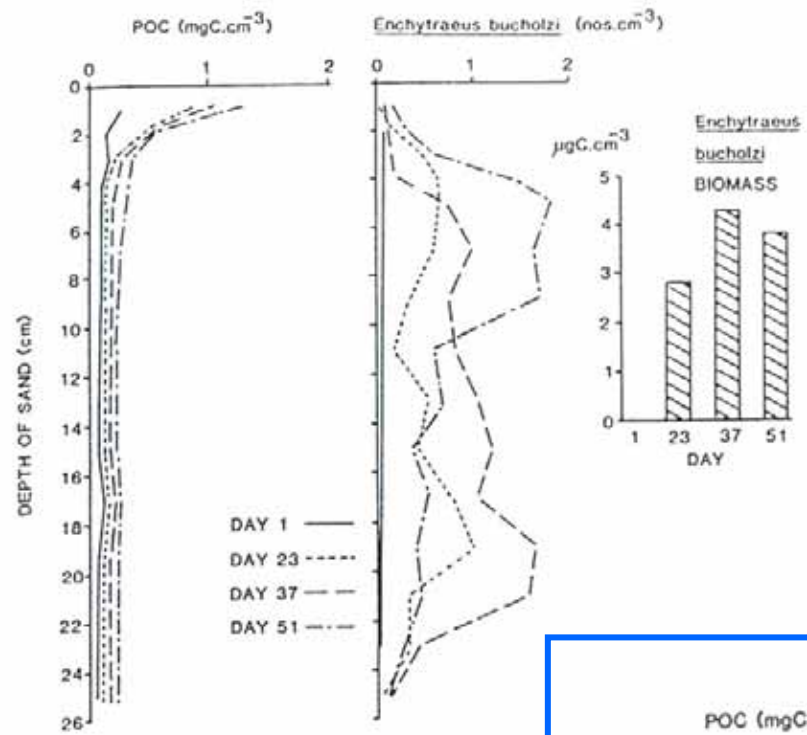


Schema pískového pomalého filtru



← biologická blána





Pískové rychlofiltry



Suspenze vloček
oxidovaného
železa



Praní filtrů

intron

UPRAVNA VODY ČERNOVÍR ver Control web: 13.11.2003, ver PLC: 23.7.2004

8:55:42 - Středa, 12.1.2005 **VÝPIS PORUCHOVÝCH STAVŮ** Kvitovat poruchy

Přihlášení uživatele: Přihlášený uživatel
Ctrl + Alt + mezerník Chromeček

MENU MINULÝ PANEĽ

Filtrace - detail filtru

Krok operace:
18 - Ruční ovládání z operátorského pracoviště

Zbývající čas kroku: **0 sec**
Celkový čas operace: **0 sec**
Tlaková ztráta: **23.1 kPa**

Provoz filtru: RUČNĚ AUTOMATICKY
Spouštění prání: od času od tlakové ztráty od času
Ukončení prání: od času od ztráty
Hodnota ztráty pro ukončení prání: **20 kPa**

START PRÁNÍ FILTRU STOP PRÁNÍ FILTRU
START FILTRACE ODSTAVIT
RESET PORUCH ZARUČENÝ VÝHLED

Střední tlakový přítlak: **0.90**
Základní tlakový tlak: **0.95** m
Aut. start prání - max. tlaková ztráta: **19.0** kPa
Počet filtrů k prání při prání od času: **2**
Volba prání od času:
 jeden filtr za dva dny
 jeden filtr denně
 dva filtry denně

Doba prání vlničkami: **300** sec
Doba prání vlničkami v volbě: **290** sec
Doba prání vlničky: **300** sec
Doba zadržování: **0** sec

Filtr č. 1

Zpět do panelu přehledu všech filtrů

Přechod na další filtry

0.06 m

KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

0.4 kPa
6.3 l.s⁻¹
1611323 m³

61 °C

0.01 m³

SONY



AKTIVNÍ UHLÍ

používá se pro odstraňování pachů a příchutí vody



Dezinfekce pitné vody



zničení či jiná inaktivace patogenních organismů (zejména bakterií
= baktericidní inaktivace)

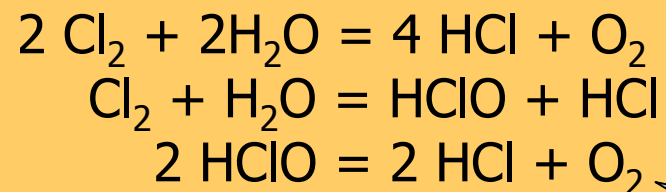
1. Fyzikální dezinfekce (aplikace tepelné energie, UV-záření, gama-záření, X-záření, inverzní osmóza.....)
2. Chemická dezinfekce (aplikace chlóru a jeho derivátů, ozón, jod, brom, peroxid vodíku, manganistan draselný, stříbro, měď, rtuť, kobalt, nikl)

Nebezpečí vzniku vedlejších produktů dezinfekce



Trihalogenmethany (THM)

Chlór (Cl_2) i jeho sloučeniny podléhají ve vodách postupné hydrolýze za vzniku kyseliny chlorné, která je nestálá a uvolňuje kyslík



Uvolněný kyslík napadá protoplasmu bakteriálních buněk a způsobuje jejich destrukci

Baktericidní účinek má koncentrace 0.1 až 0.2 mg.l^{-1} volného chlóru působícího po dobu kontaktu 10 až 15 minut

Při zhoršené jakosti vody se používá většího přebytku volného chlóru („**přechlorování vody**“)

Oxid chloričitý – chlordioxid (ClO_2)

Zejména jsou-li přítomny prekurzory THM

Účinnější než chlór a nemá nežádoucí následné účinky; baktericidní účinek 0.1 až 0.2 mg.l^{-1} při době působení 10 minut,

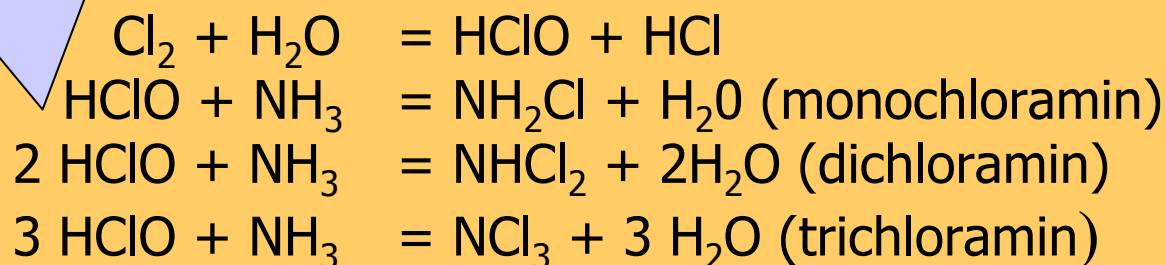
Chloraminování

Při dopravě vody v rozsáhlých skupinových vodovodech

Chloraminy uvolňují z chemické vazby postupně chlór, takže voda má po delší dobu požadovanou koncentraci volného chlóru

Pokud přirozený obsah amoniaku či druh jeho chemické vazby v přirozené vodě nevede ke vzniku chloraminů, přidává se do vody samotný amoniak nebo amonné soli (chloridy, sírany)

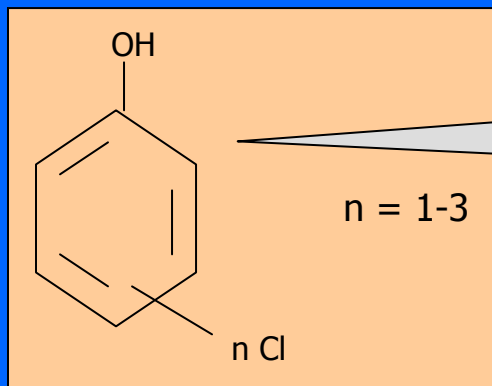
Dávka je obvykle v poměru $\text{Cl}_2 : \text{NH}_3 = 4 : 1$



Některé vedlejší produkty chlorace pitných vod

Chlorfenoly – chlorace fenolických látek + huminových látek

Formaldehyd (CH_2O)



Zhoršení organoleptických vlastností upravené vody (fenolový pach)

THM (Trihalogenmethany = haloformy) CHX_3 ; X = Cl, Br
Bromoform, Dibromchlormethan, Bromdichlormethan, Chloroform (CHCl_3)

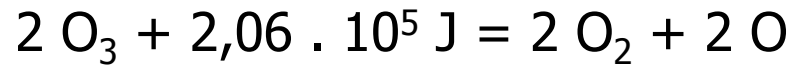
Halogenoctové kyseliny (HAA, CY_3COOH ; Y = H, Cl, Br)
Dichloroctová kyselina, Trichloroctová kyselina

Chloral ($\text{CCl}_3\text{C}(\text{OH})_3$), Chloralhydrát (2,2,2 trichlor-1,1 ethandiol)

Chloracetonitril (CY_3CN ; Y = H nebo Cl)
Dichloracetonitril, Dibromacetonitril, Trichloracetonitril,

Chlorkyan (ClCN)

Ozón - ozonizace



Ozón je značně nestálý a snadno se rozpadá na molekulu kyslíku a velmi reaktivní atomární kyslík

Baktericidní účinek má koncentrace 0.1 až 0.2 mg.l⁻¹ ozónu po dobu působení 1-2 minuty, virocidní účinek koncentrace 0.4 mg.l⁻¹ působící po dobu 4 minut.

- Ozón zlepšuje organoleptické vlastnosti vody, **netvoří THM**, ale jako silné oxidační činidlo může zvyšovat množství prekurzorů !
- Působí korozivně na kovové trubní materiály

Ultrafialové záření (UV)

UV-záření je elektromagnetické záření od cca 100 do 400 nm. Využitelné germicidní účinky vykazuje především oblast záření v rozmezí cca 240-290 nm. Principem UV dezinfekce je fotochemická změna deoxyribonukleové kyseliny (DNA) při záření 260-265 nm, která způsobuje inaktivaci reprodukce mikroorganismů, dochází k utlumení a poruše procesů buněčného metabolismu a/nebo k usmrcení organismů.

Do vody nepřidává žádný dezinfekční prostředek a tím nedochází k tvorbě tzv. indukovaného znečištění

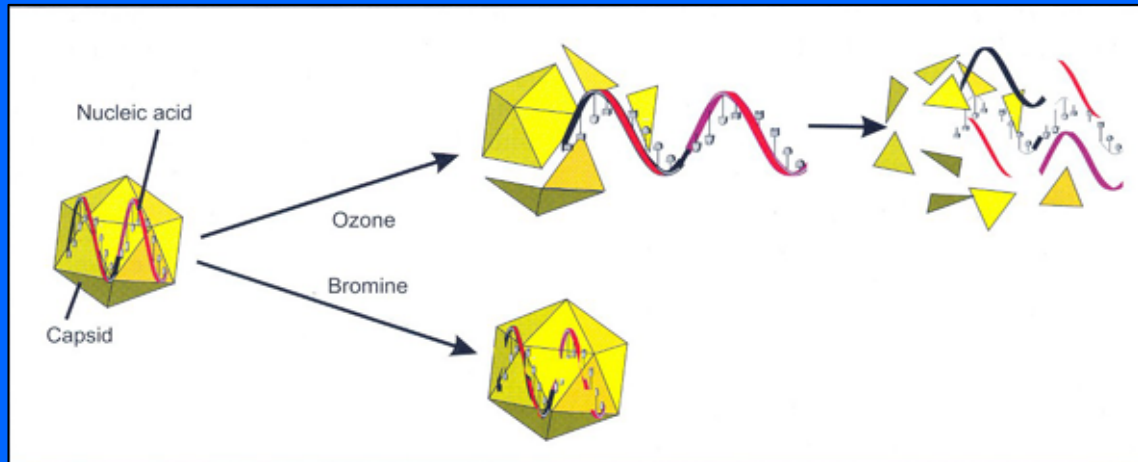
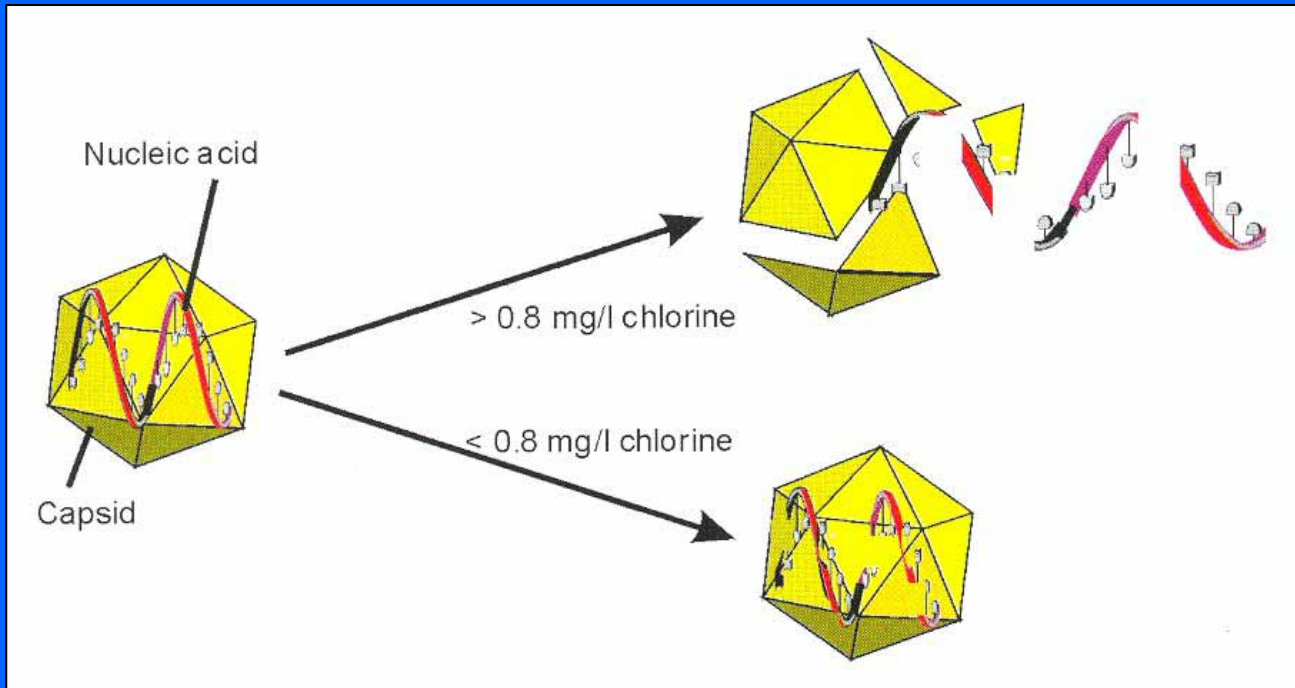
Význam tohoto typu dezinfekce spočívá v tom, že nevznikají vedlejší závadné produkty, voda nemá pach po chloru a voda je dezinfikována okamžitě.

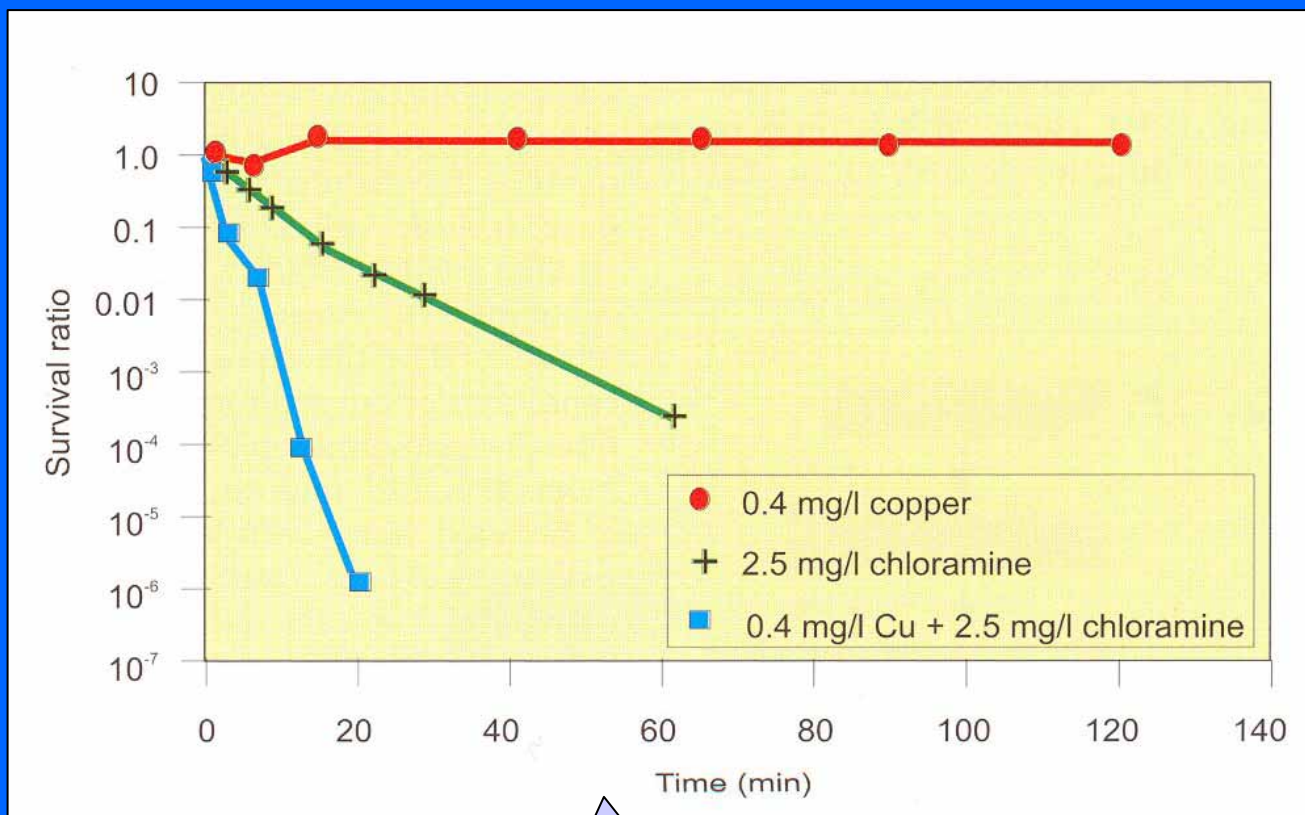
Oxidační potenciály činidel použitelných při úpravě pitné vody na oxidaci a dezinfekci

Oxidační činidlo	vzorec	Oxidační potenciál (V)	Poměr oxid. potenciálu k potenciálu Cl ₂
Chlordioxid	ClO ₂	0.95	0.7
Chlor	Cl ₂	1.36	1.0
Kyselina chlorná	HOCl	1.49	1.10
Peroxid vodíku	H ₂ O ₂	1.77	1.30
Ozón	O ₃	2.07	1.52
Atomární kyslík	O	2.42	1.78
Hydroxylový radikál	OH	2.8	2.05

Mechanismy inaktivace běžných dezinfekčních prostředků

Cíl	Prostředek	Vliv
Buněčná stěna	Aldehydy Anionické surfaktanty	Interakce s $-NH_2$ skupinami Lýze buněk
Cytoplasmatická membrána	Kvartérní amonné sloučeniny	Vyplavení nízkomolekulárních látek
Nukleové kyseliny	Barviva, alkylované látky, ionizující a UV záření	Štěpení vazeb, vazba látek na nukleové kyseliny, cross-linking
Enzymy nebo proteiny	Kovy (Ag, Cu), alkylované látky, oxidační činidla (chlor, peroxid vodíku)	Vazba na $-SH$ skupiny enzymů Sloučení s DNA nebo RNA





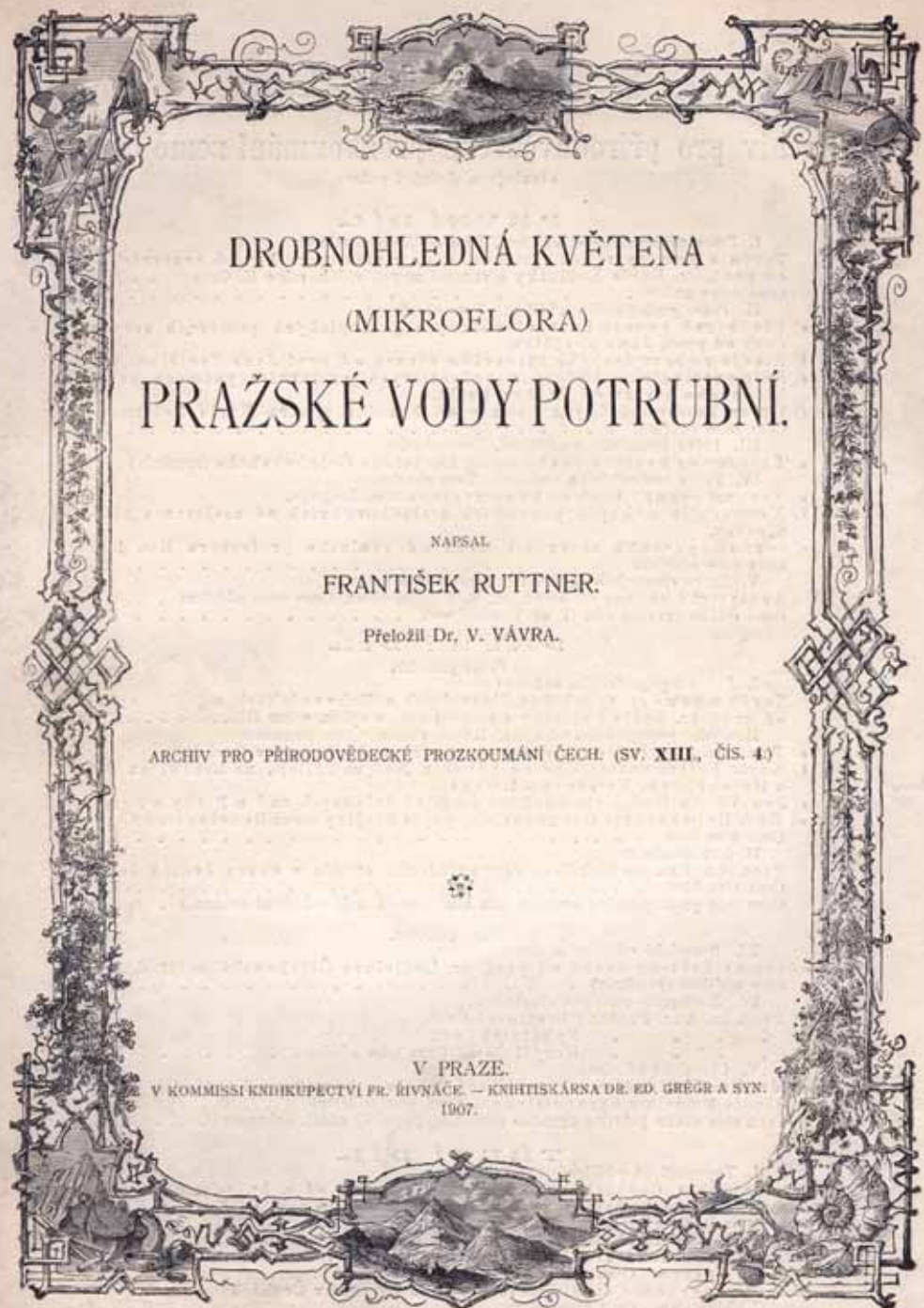
Synergistické působení
chloru a kovu

Čas potřebný k usmrcení daného množství organismů při specifické teplotě se nazývá „**thermal death time**“ (TDT)

Doba a teplota (TDT) nutná k usmrcení vodních a z potravy přijatých patogenních organismů

Organismus	Teplota [°C/čas(min)]
<i>Campylobacter</i> spp.	75/1
<i>Escherichia coli</i>	65/1
<i>Legionella</i>	66/0.45
<i>Mycobacterium</i> spp.	70/2
<i>Salmonella</i> spp.	65/1
<i>Shigella</i> spp.	65/1
<i>Vibrio cholerae</i>	55/1
<i>Cryptosporidium parvum</i>	72.4/1
<i>Giardia lamblia</i>	50/1
Poliovirus	60/25
Hepatitis A virus	70/10
Rotavirus	50/30

Organismy v pitných vodách



Viry ve vodárenství

Z hlediska zabezpečení hygieny pitné vody jsou nejdůležitější enterické viry, které jsou přítomny v trávicím traktu člověka a při vylučování se dostávají do vodního prostředí

Komunální odpadní vody, které vykazují až $10^5/l$ infekčních virových částic
Splachy z polí hnojených přirozenými hnojivy
Vletním období je možná přímá kontaminace rekreačně využívaných nádrží.

Rychlá adsorpce na živé či neživé částice



Koagulace viry neodstraní, pouze inaktivuje !!!

Nejúčinnější dezinfekce = UV záření v kombinaci s peroxidem vodíku

Bakterie v pitných vodách

Základem mikrobiologického vyšetřování pitných vod je sledování výskytu bakterií, které indikují obecné a fekální znečištění vody.

indikátory obecného znečištění vod
(organotrofní mezofilní a psychofilní b.)

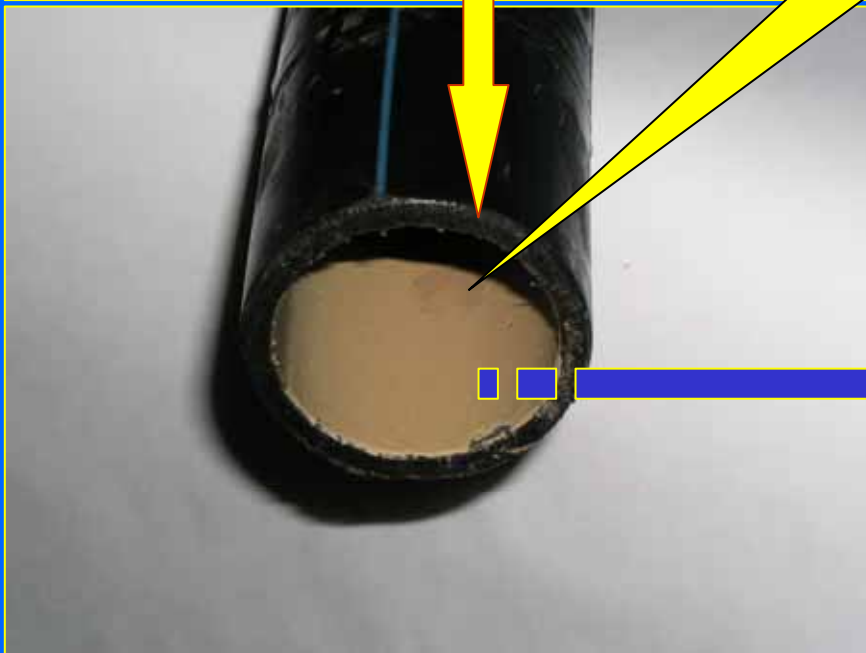
indikátory fekálního znečištění vod
(koliformní b., enterokoky, anaerobní klostridia)

patogenní a podmíněně patogenní bakterie
(onemocnění lid a zvířat)

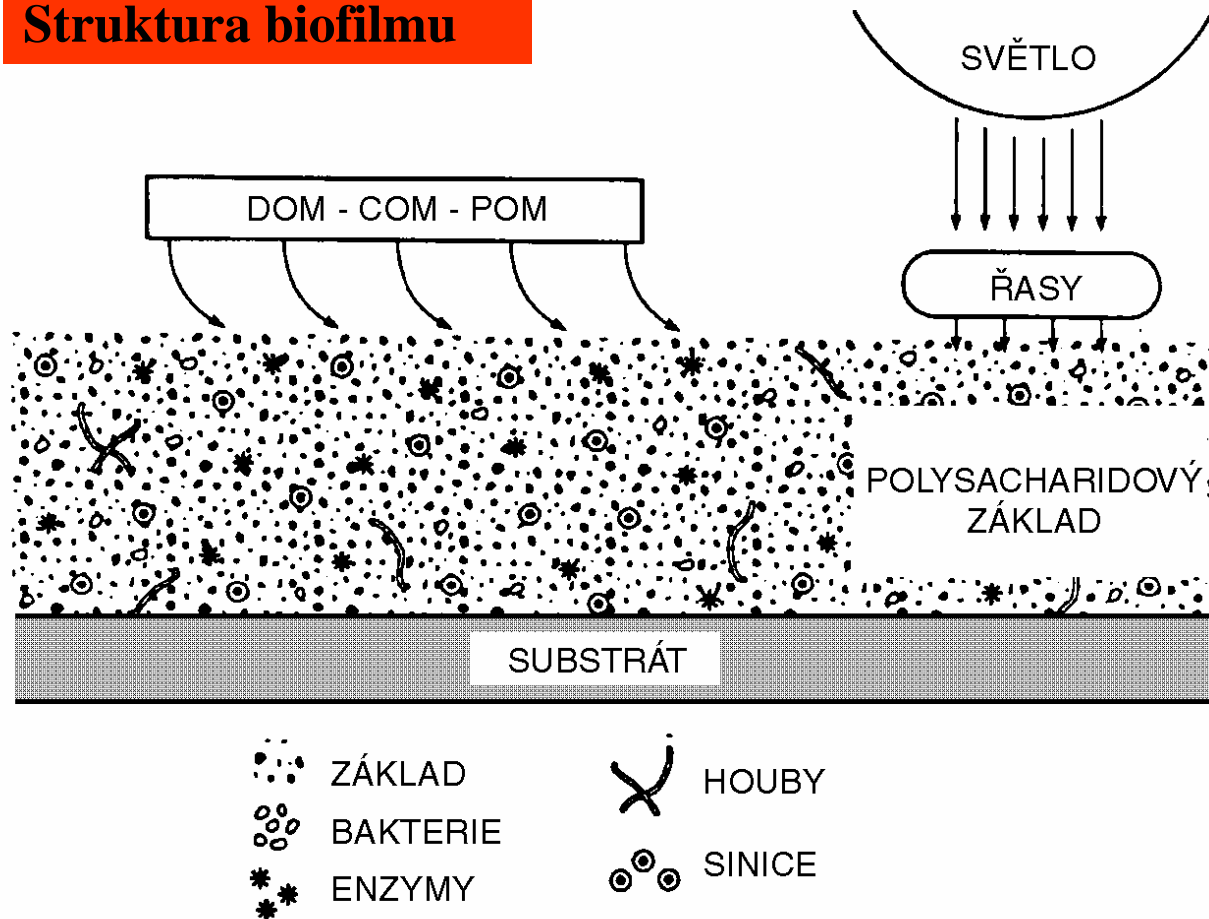
baktérie tzv. funkčních skupin
(železité, manganové)
Problémy v technologii



Anorganické inkrustace
(uhličitany) + mikrobiální
biofilm na vnitřní stěně
exponovaných trubek (18
týdnů)



Struktura biofilmu

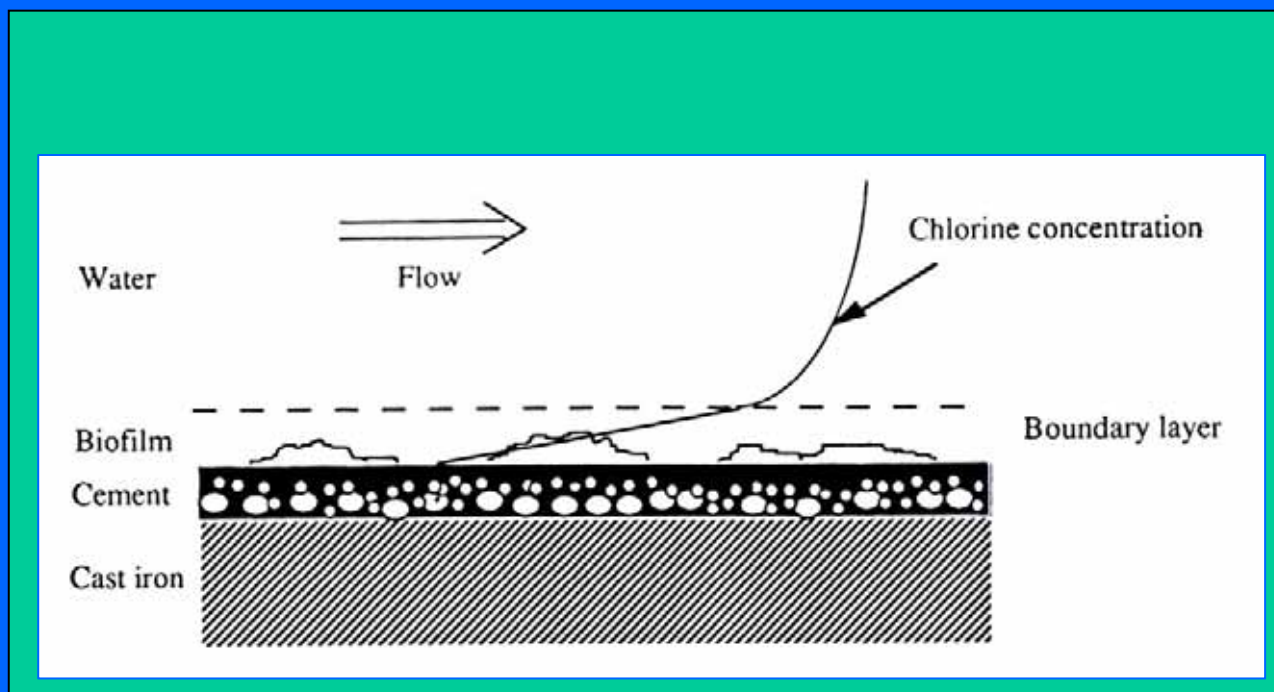


Biofilm

- heterotrofní vs autotrofní biofilmy
- monospeciové vs polyspeciové biofilmy

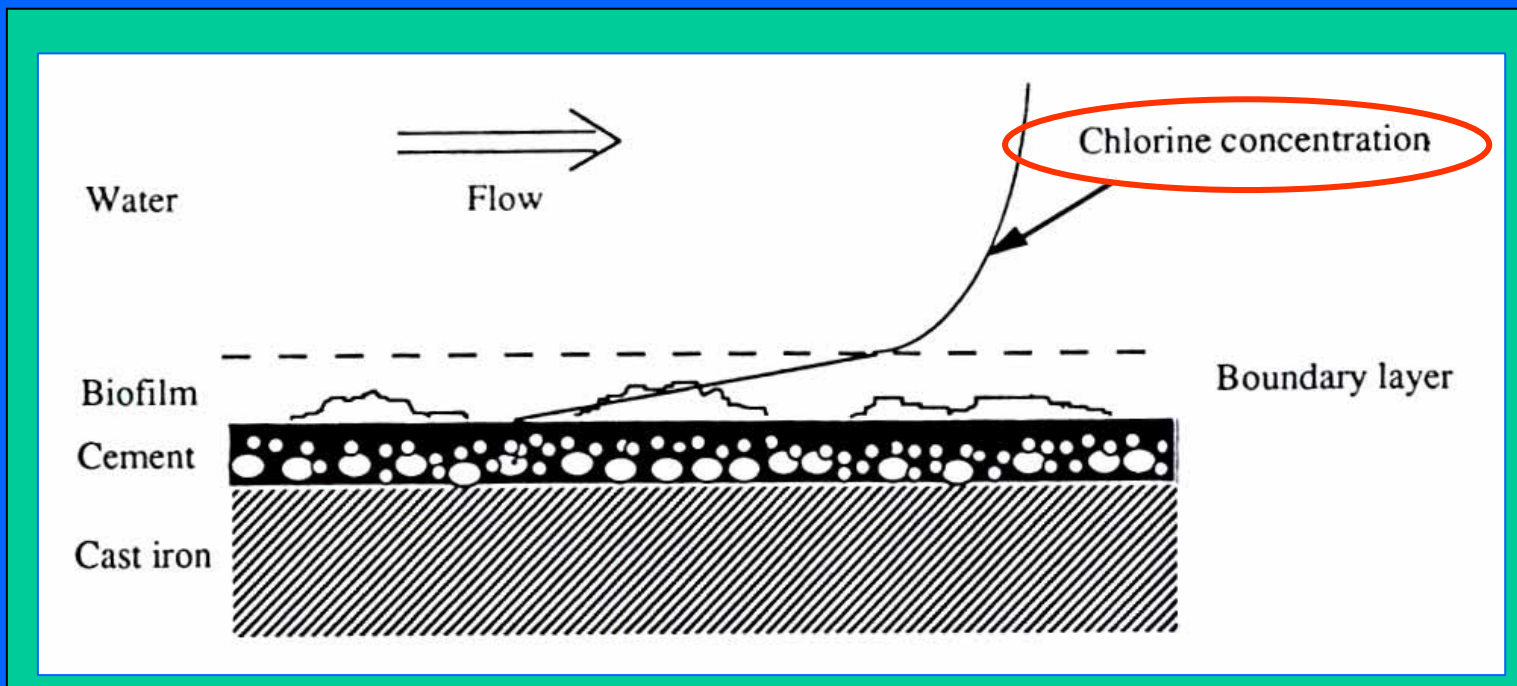
Aktivní biologická vrstva složená z mikroorganismů (baktérií, řas, hub, mikroprotozoa, metazoa) a jejich extracelulárních polymerních produktů, která je přichycena na povrch nejrůznějších podkladů, které mohou být či jsou v kontaktu s vodou.

Tvorba biofilmů ve vodárenských zařízeních



1. Biofilmy i sekundárně pomnožená bakteriální biomasa volné vody zvyšují obsah organických látek a tím i spotřebu chlóru v rozvodné síti ⇒ jeho předčasné vyčerpání a snížení koncentrace aktivního chlóru, potřebného pro hygienické zabezpečení pitné vody
2. Tvorba biofilmů umožňuje pomnožení oportunních patogenních bakterií včetně rodů *Legionella*, *Mycobacterium* a *Aeromonas* a dále k pomnožení koliformních bakterií

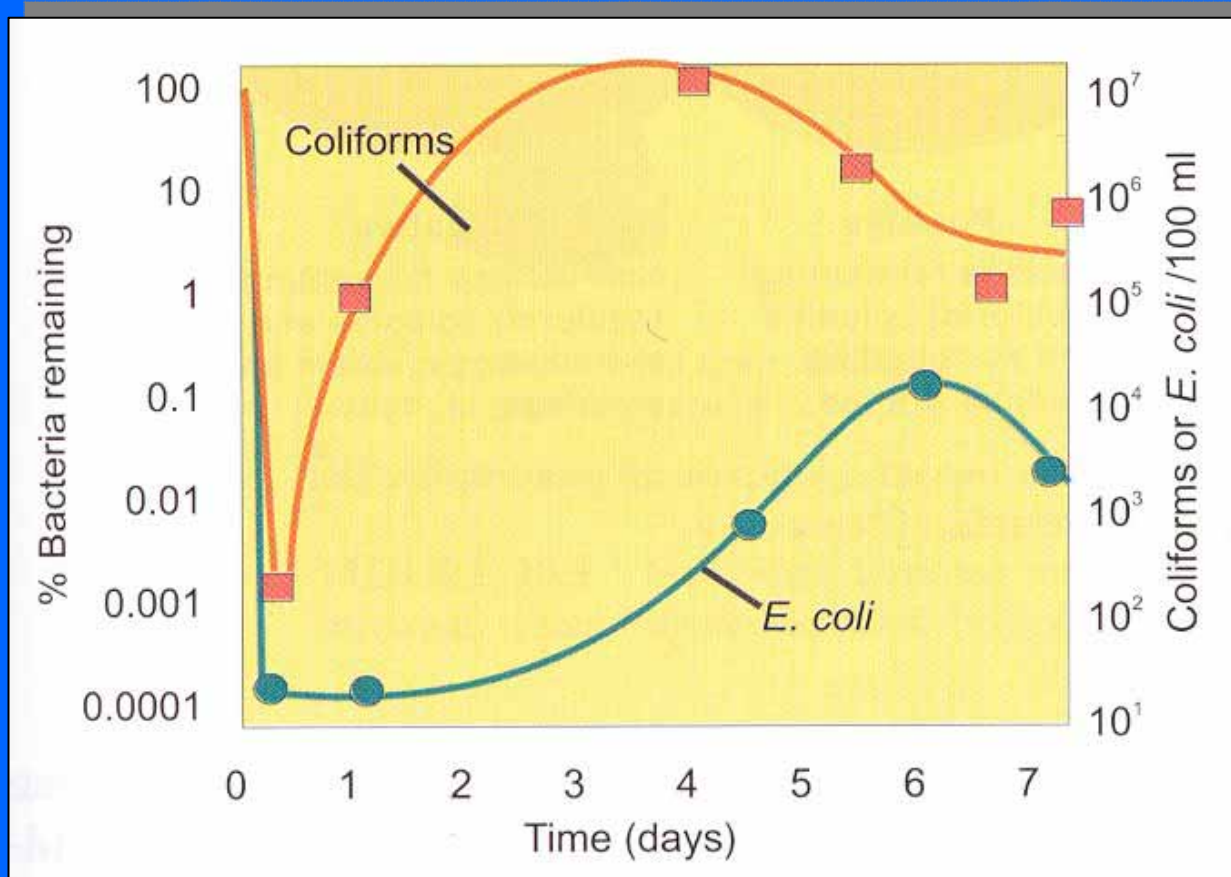
Tvorba biofilmů ve vodárenských zařízeních

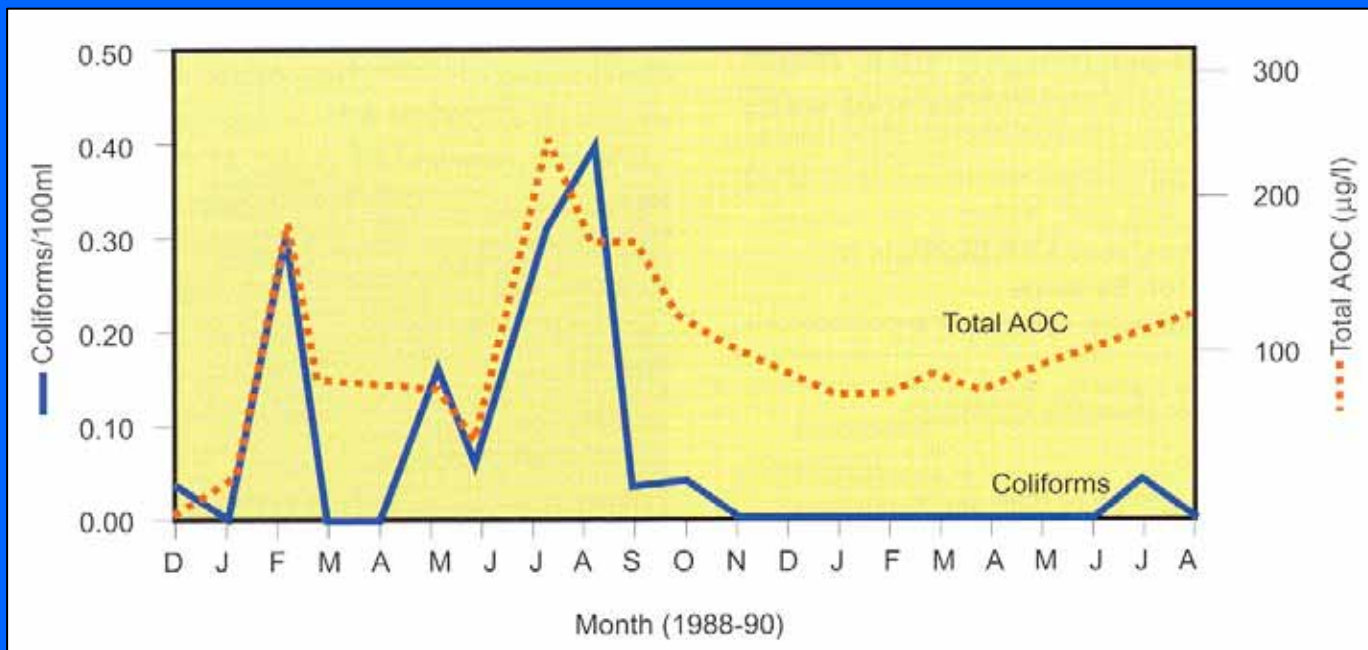


Dezinfekční prostředek proniká biofilmem v subletálních dávkách – **selektce rezistentních bakterií**

Vliv monochloraminu (0.3 mg/l) na heterotrofní biofilm s *Aeromonas hydrophila* a *Echerichia coli*

Čas (dny)	Živé počty (\log_{10} KTJ/ml)		
	Hetrotrofové	<i>A. hydrophila</i>	<i>E.coli</i>
	4.9	3.3	2.8
4	5.9	3.0	5.1
7	5.3	4.3	4.6
14	5.6	4.2	4.2
21	5.3	4.5	4.3





Vztah mezi TOC ve vodě a počtem bakterií

Zdroj	TOC (mg/l)	Geometrický průměr (CFU/ml)
Studna	0.2-0.3	1-4
Řeka	1.7	32
Moorland reservoir	1.0-1.1	18
Přehradní nádrž	1.0	100
Nížinná přehradní nádrž	4.6	347
Zadržená říční voda	2.4-2.9	4.075
Přímá abstrakce říční vody	3.1-3.8	4.000-51.000

Typická účinnost odstranění vodárenskými technologickými postupy a kvalita na odtoku

Organismus	Koagulace a sedimentace	Rychlofiltrace (% odstranění)	Pomalá filtrace (% odstranění)
Celkové koliformní	74-97	50-98	> 99.999
Fekální koliformy	76-83	50-98	> 99.999
Enterické viry	88-95	10-99	> 99.999
<i>Giardia</i>	58-99	97-99.9	> 99
<i>Cryptosporidium</i>	90	99	99

Biologická stabilita pitné vody



je definována jako míra odolnosti pitné vody proti rozvoji mikroorganismů a tvorbě biofilmů při její akumulaci a distribuci v podmínkách absence dezinfekčních prostředků

Sekundární pomnožování mikroorganismů (regrowth) a tvorba biofilmů na vnitřním povrchu potrubí, na stěnách komor vodojemů a dalších zařízeních ve vodárenských rozvodných sítí se považuje za projevy nedostatečné biologické stability vody

Snižování biolog. stability

- 1) průnikem lehce biologicky odbouratelných látek (BDOC), které jsou živným substrátem pro heterotrofní mikrobiální složku. Zdrojem těchto látek bývá nejčastěji eutrofizovaná surová voda z vodárenských nádrží a toků.
- 2) Amonné ionty, železo a mangan jsou živinami pro chemolitotrofní nitrifikační, železité a manganové bakterie – organická hmota vytvořená těmito b. je zdrojem uhlíku pro heterotrofní bakterie

Mikromycety

Z **vláknitých mikromycet** byly nejčastěji a v relativně největším množství izolovány druhy rodu *Penicillium*, *Cladosporium* a *Trichoderma*, zástupci rodů *Alternaria*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Mucor*, *Paecilomyces*, *Rhizopus* a *Verticillium*.

Z **kvasinek** se v pitných vodách nejčastěji vyskytují zástupci rodů *Rhodotorula* a *Candida*. Jejich patogenita pro člověka je sporná, jejich velký výskyt v pitné vodě každopádně zhoršuje její kvalitu tím, že se zvýší podíl organických látek a dále se jejich biomasa může substrátem pro rozvoj dalších mikroorganismů.

Při velkém výskytu spor penicillioz může být jejich inhalace (rovněž u rodu *Aspergillus*, *Alternaria*, *Rhizopus*) jednou z příčin onemocnění dýchacího systému (chronické bronchiální katary, bronchopneumonie). Některá penicillia mohou být dále původci zánětu zvukovodů, některé druhy ostatních shora jmenovaných rodů jsou známy jako původci nebezpečných mykóz nebo jako producenti mykotoxinů.

Představitelé rodu *Candida* vyvolávají četná onemocnění lidí, především kůže, nehtů, dýchacího, zažívacího a urogenitálního systému

FYTOPLANKTON a SINICE

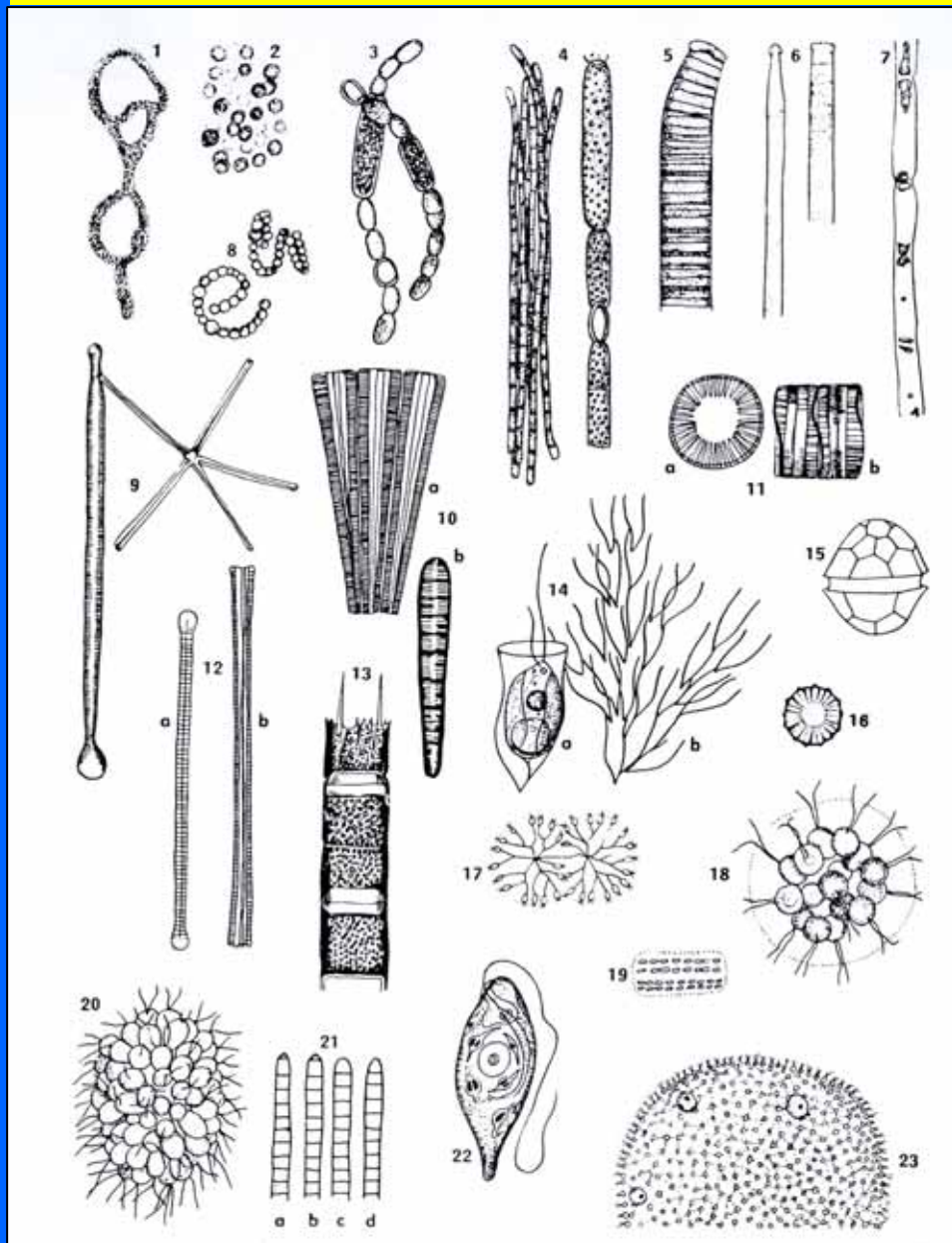
Přítomnost řas a jejich metabolických produktů v surové vodě znamená (Moravcová 1985):

- a) negativní ovlivnění organoleptických vlastností upravené vody
- b) negativní ovlivnění technologických postupů (mechanické zanášení sacích košů, špatná koagulace a zanášení filtrů)

Limity oživení surové vody

1. množství organismů nižší než 3.000 org. v 1 ml	- úprava snadná i jednostupňová
2. množství od 3.000 do 10.000 org. v 1 ml	- počátek obtíží úpravy, zejména souvisejících se zkracováním pracovního chodu filtrů - začátek potíží s průnikem organismů
3. množství od 10.000 do 50.000 org. v 1 ml	-průnik organismů do výsledné upravené vody -možnost vzniku organoleptických potíží - nadměrné zkracování pracovního chodu filtrů
4. množství nad 50.000 org. v 1 ml	- voda nevhodná k úpravě na vodu pitnou

Řasy způsobující pachové závady pitné vody

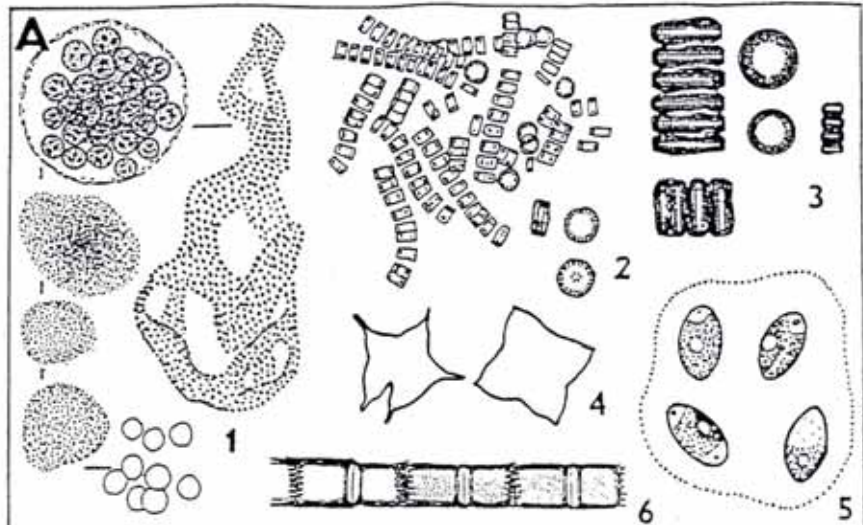


Rybí pach, typický pro vodní květy a řasy obývající přibřežní pás (*Pandorina*, *Volvox*, *Gonium*, *Eudorina*, *Mallomonas*, *Euglena*, *Ceratium*, *Tribonema*), se připisuje různým aminům. Bylo zjištěno, že každý druh řasy produkuje charakteristické aminy. Výskyt aminů z hlediska škodlivosti (organoleptické vlastnosti) je hygienicky významný, neboť aminy jsou fyziologicky velmi účinné látky

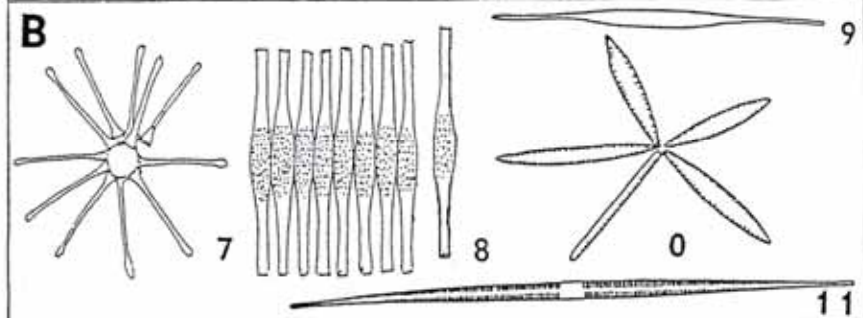
400 až 800 buněk *Asterionella formosa* vyvolá zemitoaromatický pach vody, do 1600 jedinců v 1 ml vody vyvolá aromatický pach po kakostu (pelargóniích) a masový výskyt vede k odpornému rybímu zápachu

Kategorie odstranitelnosti organismů z vody její úpravou

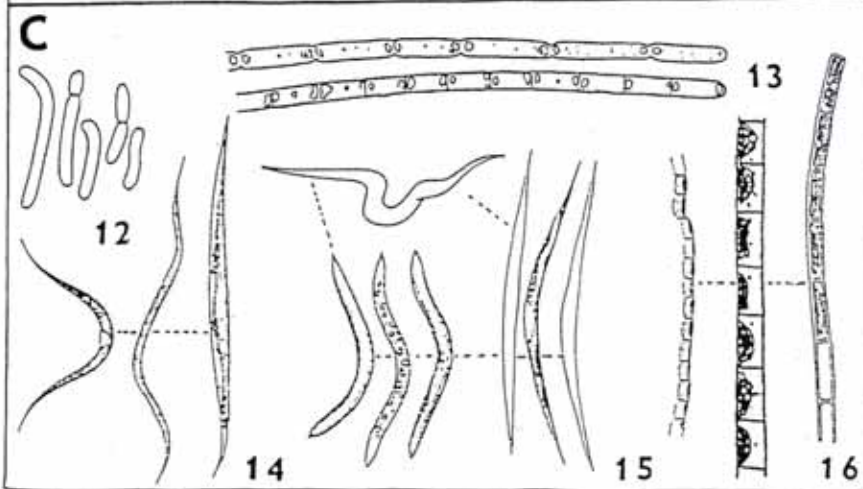
Kategorie	Charakteristika upravitelnosti vody	Odpovídající kategorie ČSN 75 7214 ???????
I	Velmi dobře odstranitelné organismy pouhou pískovou filtrací	A
II	Dobře odstranitelné organismy, např. koagulační filtrací (s nízkou dávkou koagulantu)	B
III	Organismy odstranitelné dvoustupňovou úpravou (s optimální dávkou koagulantu)	C
IV	Organismy odstranitelné dvoustupňovou úpravou s dávkováním pomocného flokulantu, aplikací oxidačních prostředků v technologickém procesu a popř. i filtrací přes zrněné aktivní uhlí	C
V	Organismy neodstranitelné na mez přípustnou ČSN 757111 „Pitná voda“ ani velmi složitou technologií	D



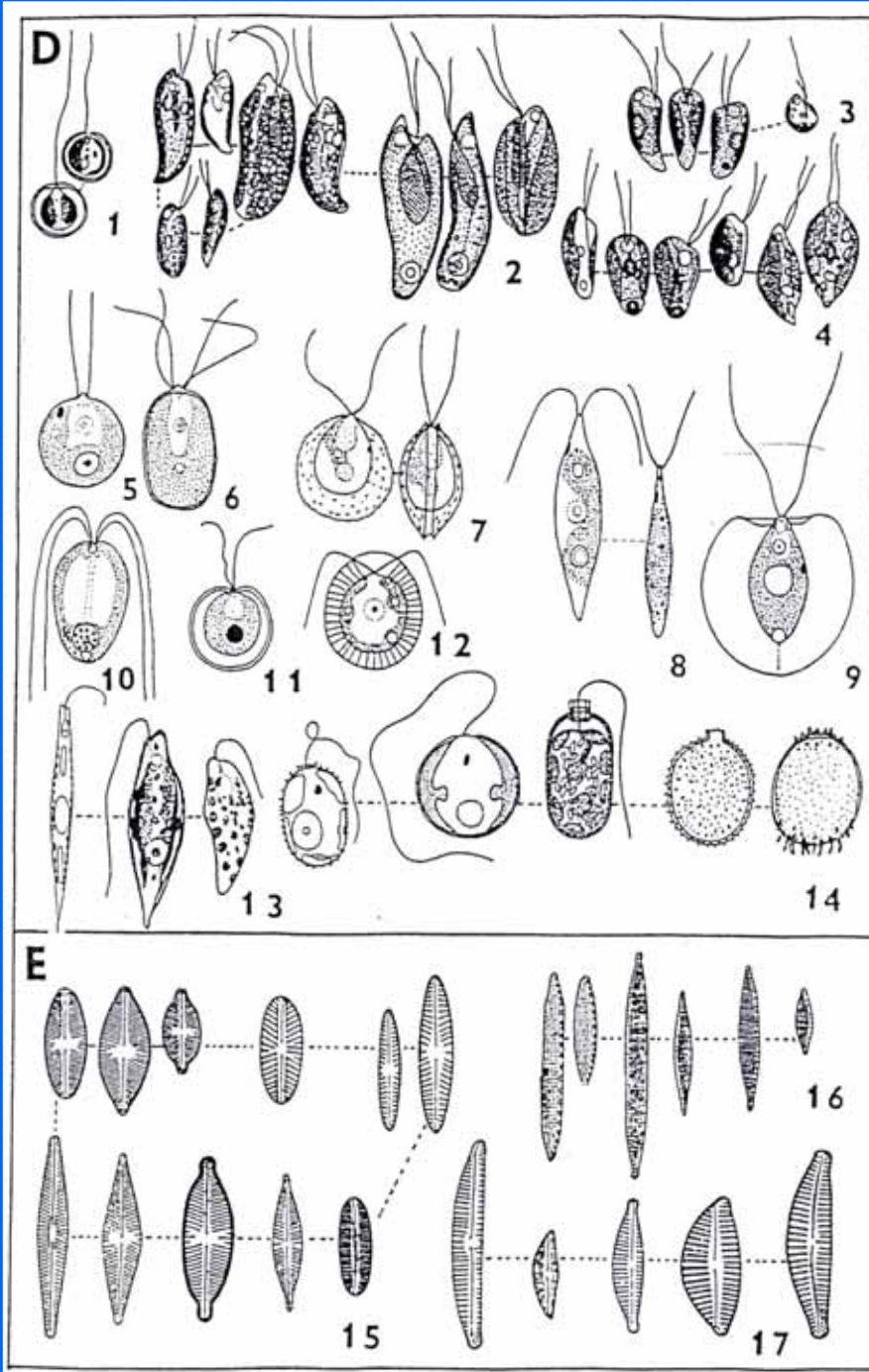
Organismy drobné (menší než 30 μm), jedinci i části rozpadavých kolonií, cenobií a vláken



Jehlicovité rozsivky (jedinci i části rozpadavých kolonií)



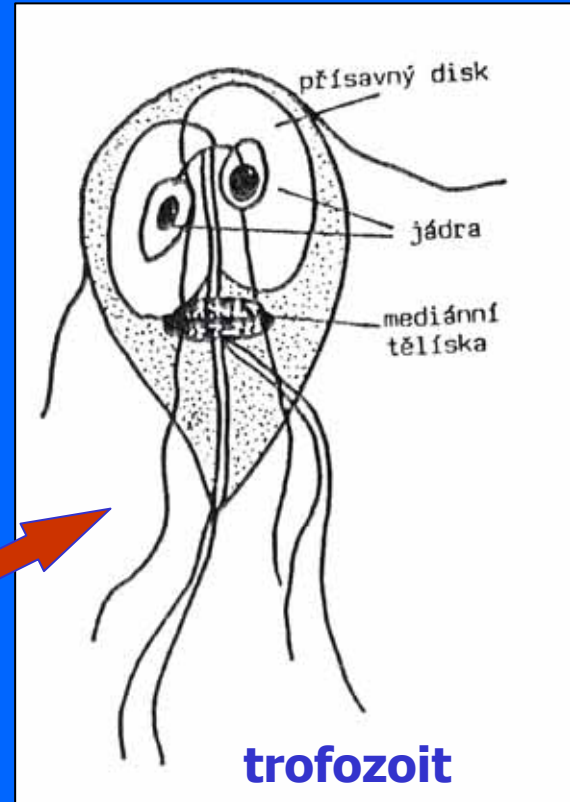
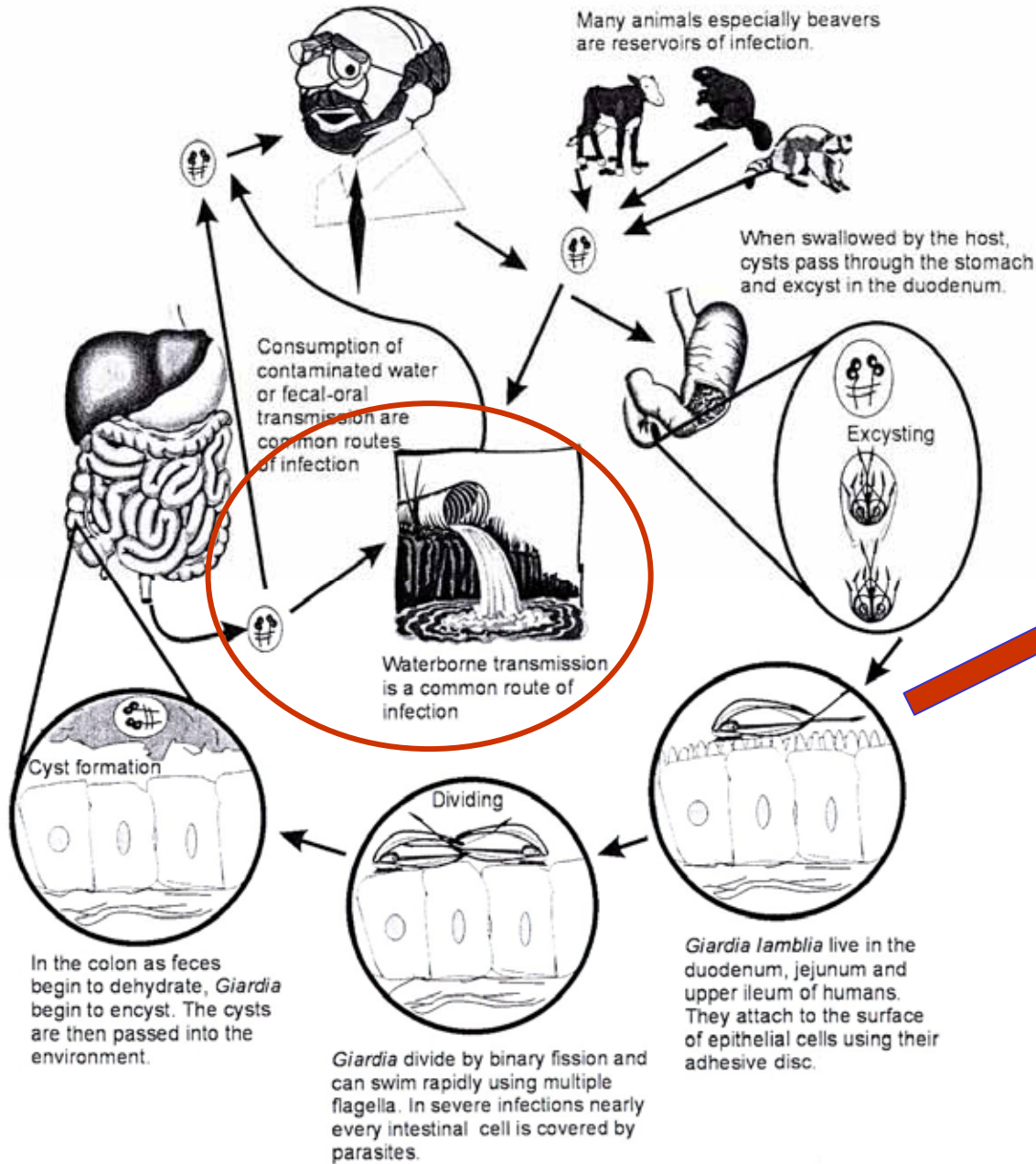
Drobná lákna a protáhlé štíhlé buňky sinic a zelených řas



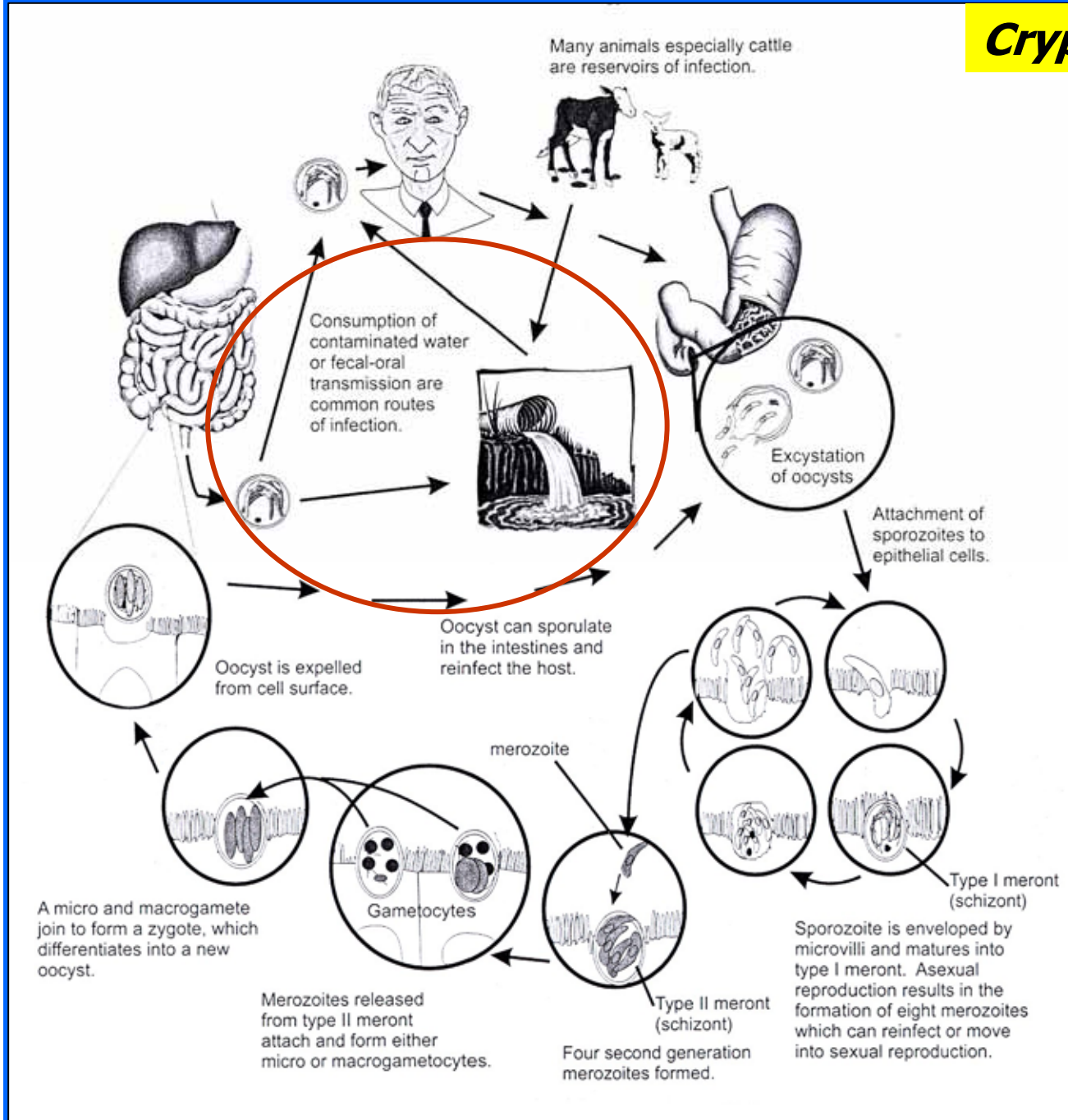
Fototrofní a fototaktické druhy barevných bičíkovců

Pohyblivé druhy drobných, většinou nárostových a bentických penátních rozsivek (menší než 30 μm)

Giardia lamblia

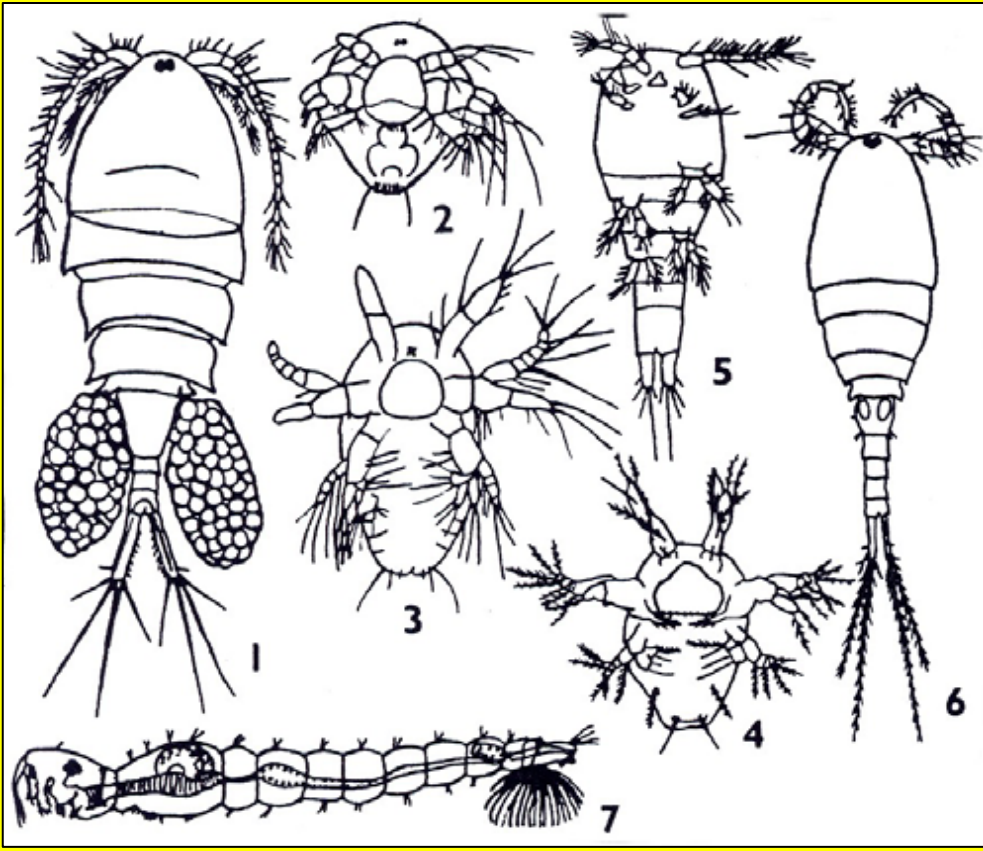


Cryptosporidium parvum



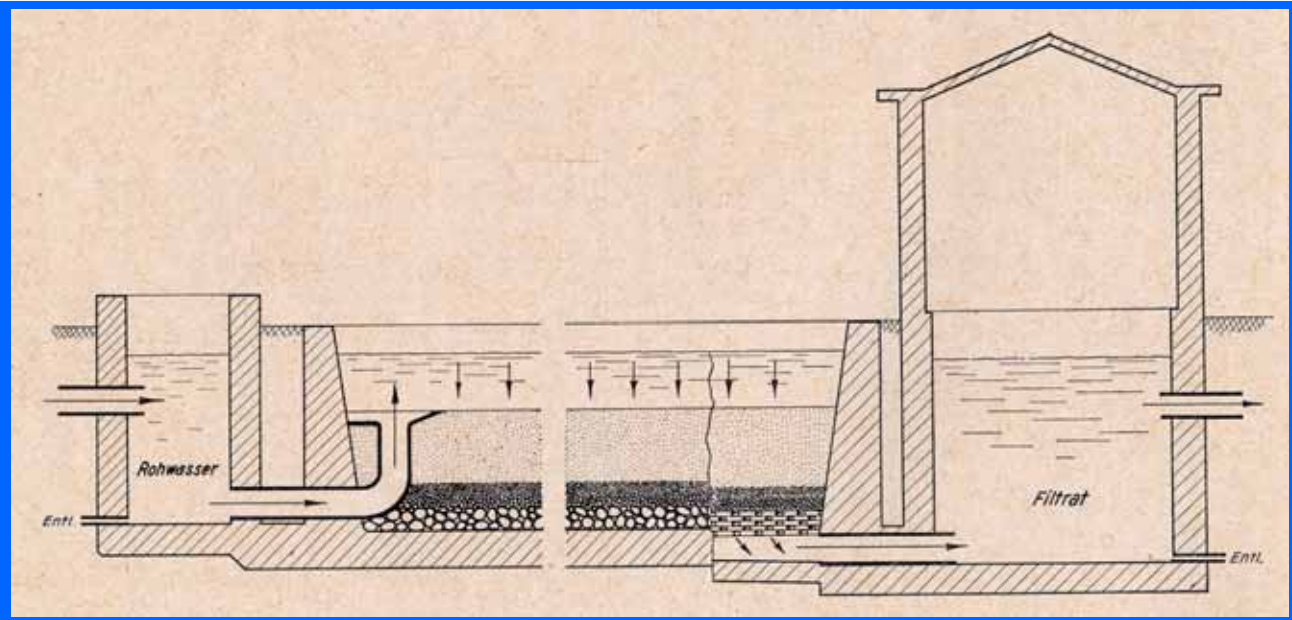
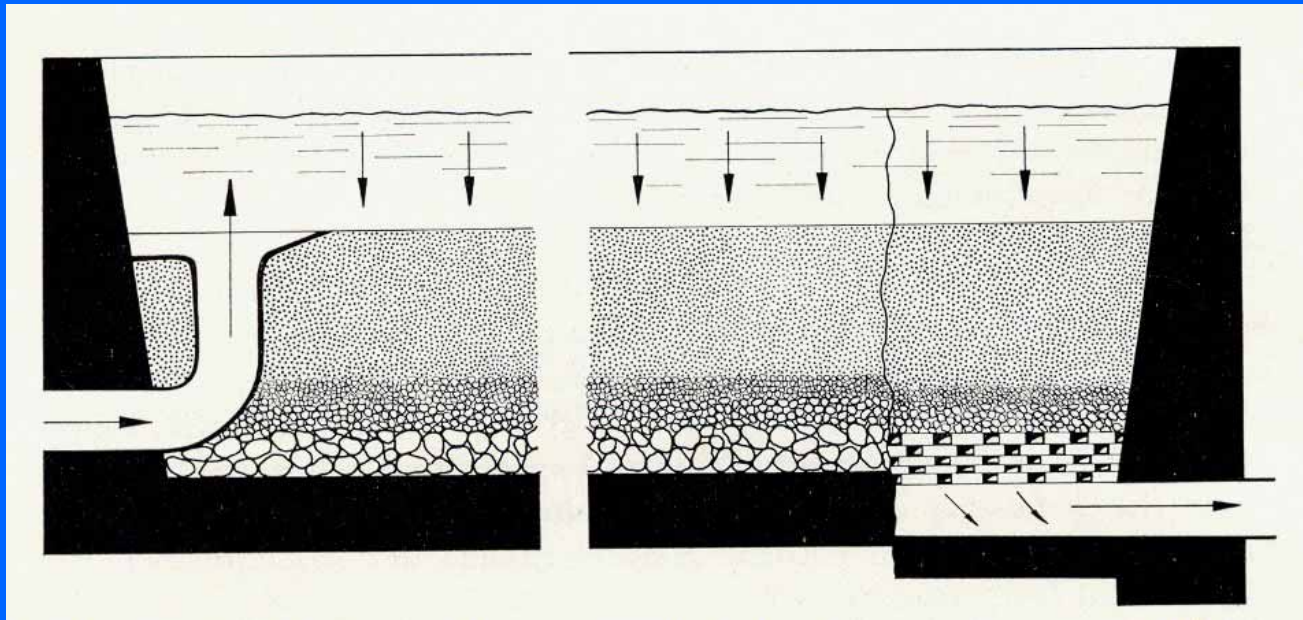
Vyšší bezobratlí

Příklad zooplanktonu způsobujícího problémy při úpravě vody na nádrži Koryčany



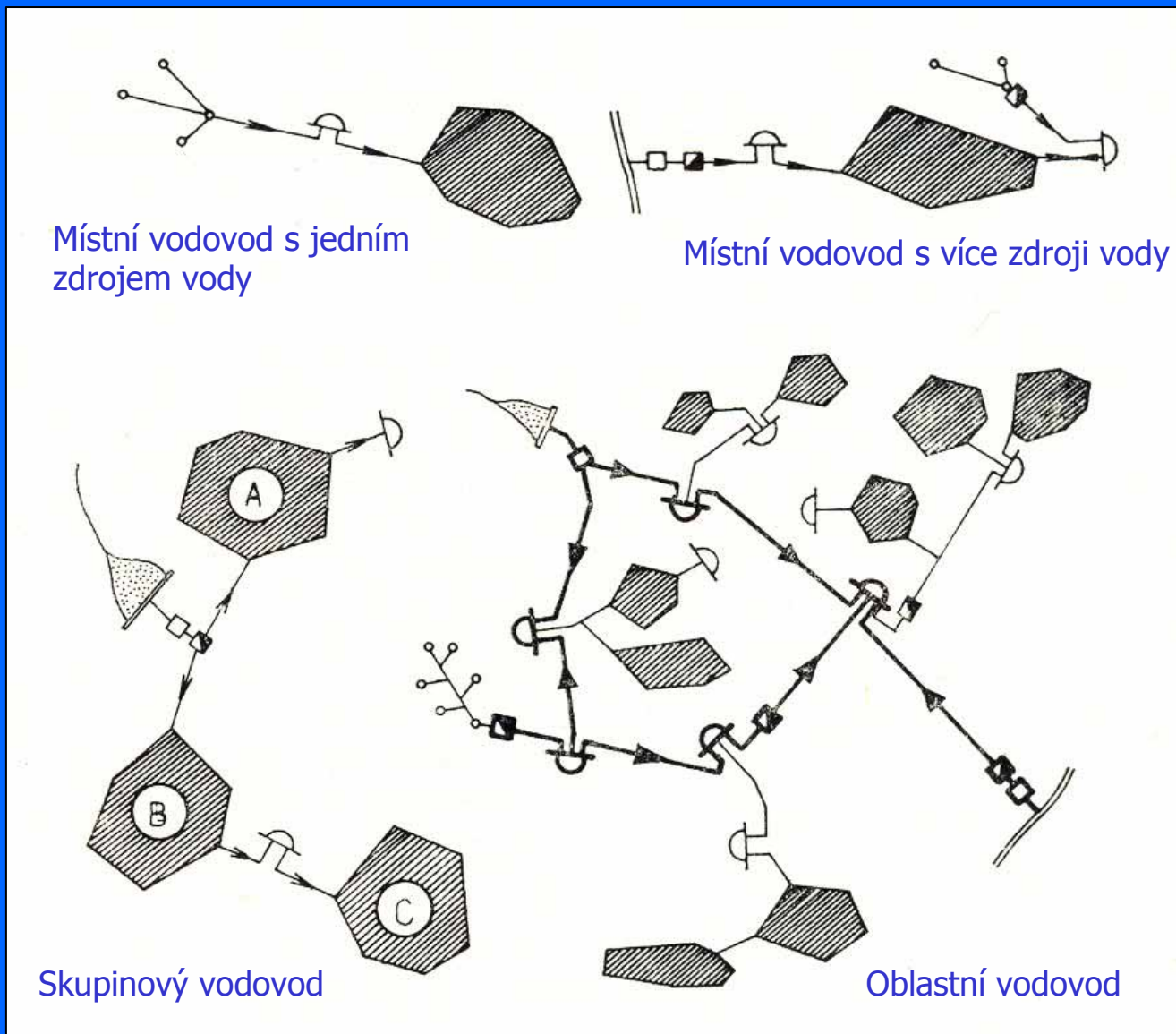
Slávička (*Dreissena polymorpha*)





Územní působnost vodárenských soustav

(umožnění dodávky vody do spotřebišť, která nemají pro místní zásobování v přijatelné vzdálenosti vodní zdroje dostatečné vydatnosti a jakosti)

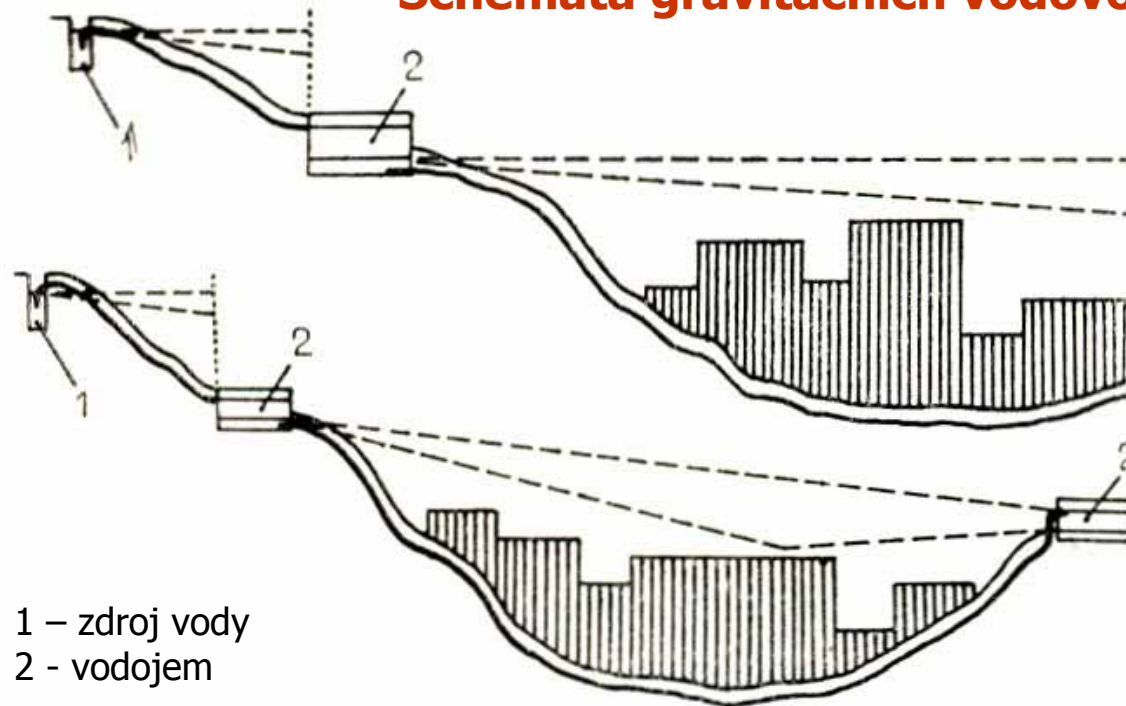


VODOJEM

podle výškového vztahu vodojemu ke zdrojům vody dělíme vodovody na:

- a) Gravitační
- b) Výtlačné

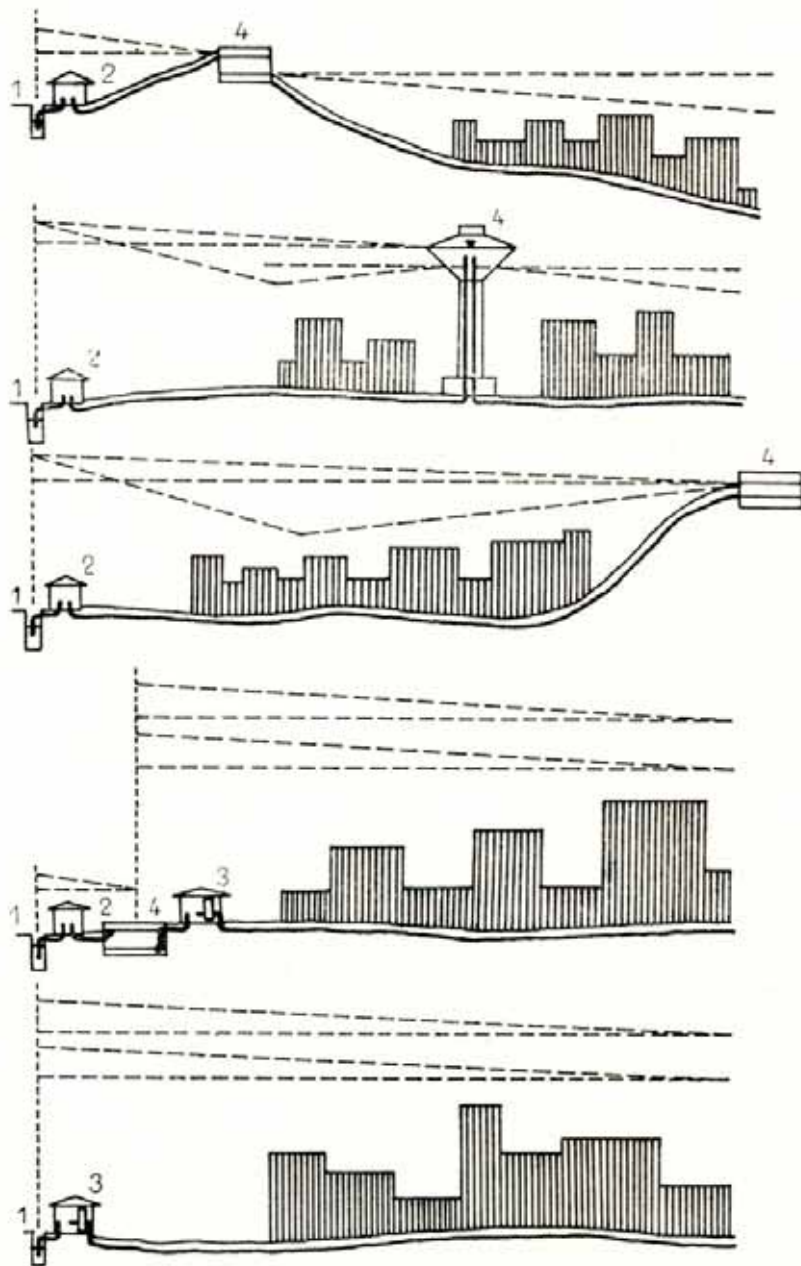
Schématu gravitačních vodovodů



Vodojem před spotřebišťem

Vodojem před spotřebišťem
i za ním

Schémata výtlačných vodovodů



Vodojem před spotřebištěm

Věžový vodojem uvnitř spotřebiště

Vodojem za spotřebištěm

Automatická tlaková stanice
s akumulací

Automatická tlaková stanice bez
akumulace



