

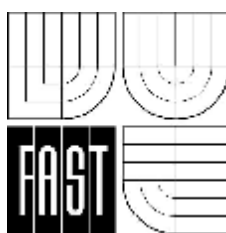
**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**

---

# **VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY**

MODUL 02

**ZDRAVOTNĚ TECHNICKÉ STAVBY**



**STUDIJNÍ OPORY**  
**PRO STUDIJNÍ PROGRAMY S KOMBINOVANOU FORMOU STUDIA**

---

© ...

# OBSAH

|   |          |
|---|----------|
| <b>1 Úvod</b>   | <b>7</b> |
| 1.1 Cíle .....  | 7        |
| 1.2 Požadované znalosti .....                                     | 7        |
| 1.3 Doba potřebná ke studiu .....                                 | 7        |
| 1.4 Klíčová slova.....  | 7        |
| 1.5 Použitá terminologie .....                                    | 7        |
| <b>2 Zdravotně technické stavby .....</b>                         | <b>8</b> |
| 2.1 Vodní zdroje – jímání vody .....                              | 8        |
| 2.1.1 Druhy vod .....   | 8        |
| 2.1.1.1 Podle zdroje vody můžeme dělit vody na: .....             | 8        |
| 2.1.1.2 Dle normy dělíme vody na:.....                            | 8        |
| 2.1.2 Objekty k jímání podzemních vod můžeme dělit na: .....      | 9        |
| 2.1.2.1 Vertikální jímací objekty .....                           | 9        |
| 2.1.2.2 Horizontální jímací objekty .....                         | 9        |
| 2.1.2.3 Plošné jímací objekty .....                               | 9        |
| 2.1.3 Jímání povrchové vody .....                                 | 9        |
| 2.1.3.1 Objekty k jímání povrchové vody z nádrží a jezových zdrží | 10       |
| 2.1.4 Jímání vody v tekoucích vodách.....                         | 10       |
| 2.1.5 Ochranná pásma vodních zdrojů.....                          | 11       |
| 2.1.6 Umělé jímání vody.....                                      | 11       |
| 2.2 Koncepce řešení zásobování vodou - doprava vody .....         | 12       |
| 2.2.1 Faktory ovlivňující koncepční řešení dopravy vody:.....     | 12       |
| 2.2.2 Vodárenské soustavy sestávají ze dvou úrovní:.....          | 12       |
| 2.2.3 Návrh celkové koncepce zásobování vodou obsahuje:.....      | 12       |
| 2.2.4 Výpočet potřeby vody:.....                                  | 14       |
| 2.2.4.1 Výpočet potřeby vody dle směrnice č.9.....                | 14       |
| 2.2.4.2 Metodického pokyn Mze ČR.....                             | 17       |
| 2.2.5 Vodojemy.....   | 17       |
| 2.2.5.1 využitelný objem vodojemu:.....                           | 17       |
| 2.2.5.2 Stavební řešení .....                                     | 17       |
| 2.2.6 Vodovodní síť .....   | 18       |
| 2.2.6.1 Návrh zásobního a distribučních řadů.....                 | 18       |
| 2.2.6.2 Stanovení průměru potrubí: .....                          | 18       |
| 2.2.7 Trubní materiály.....                                       | 18       |
| 2.2.8 Objekty a armatury na vodovodní síti.....                   | 18       |
| 2.2.8.1 Uzávěry: šoupátka vřetenová, třmenová.....                | 18       |
| 2.2.8.2 Armaturní šachty.....                                     | 19       |
| 2.2.8.3 Vzdušníky Obr. 2.8. ....                                  | 19       |
| 2.2.8.4 Kalníky (kalosvody).....                                  | 19       |
| 2.2.8.5 Hydrant .....   | 19       |
| 2.2.8.6 Opěrné bloky - proti posunu nebo vychýlení ze směru ..... | 19       |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.2.8.7 | Chráníčky .....   | 20 |
| 2.2.8.8 | Umístění potrubí v min. sklonu a nezámrné hloubce .....             | 20 |
| 2.2.9   | Koroze potrubí.....   | 20 |
| 2.2.9.1 | Vnitřní koroze (působením plynů) .....                              | 20 |
| 2.2.9.2 | Vnější koroze (elektrochemické reakce potrubí s půdou) ....         | 20 |
| 2.3     | Úprava vody .....   | 20 |
| 2.3.1   | Výběr zdroje vody a kategorizace surových vod; .....                | 20 |
| 2.3.1.1 | Kategorie A .....   | 20 |
| 2.3.1.2 | Kategorie B .....   | 21 |
| 2.3.1.3 | Kategorie C .....   | 21 |
| 2.3.1.4 | Kategorie D .....   | 21 |
| 2.3.2   | Základní procesy úpravy vody: .....                                 | 21 |
| 2.3.2.1 | Fyzikálně-chemická preoxidace vzdušným kyslíkem.....                | 21 |
| 2.3.2.2 | Chemická preoxidace .....   | 21 |
| 2.3.3   | Typické procesy pro úpravu vod jsou: .....                          | 22 |
| 2.3.3.1 | Mechanické předčištění surové vody .....                            | 22 |
| 2.3.3.2 | Usazování .....   | 23 |
| 2.3.3.3 | Čiření vody .....   | 23 |
| 2.3.3.4 | Filtrace.....   | 25 |
| 2.3.3.5 | Hygienické zabezpečení vody .....                                   | 26 |
| 2.3.3.6 | Odkyselování.....   | 27 |
| 2.3.3.7 | Odželezování a odmanganování.....                                   | 27 |
| 2.3.4   | Kalové hospodářství .....   | 27 |
| 2.4     | Stokování.....  | 28 |
| 2.4.1   | Základní pojmy: .....   | 28 |
| 2.4.2   | Druhy odpadních vod: .....  | 29 |
| 2.4.3   | Odpadních vody, které se nesmějí vypouštět do Stokových sítí: ..... | 29 |
| 2.4.4   | Stokové soustavy dle uspořádání: (většinou kombinace).....          | 29 |
| 2.4.5   | Stokové soustavy:.....  | 30 |
| 2.4.5.1 | Gravitační kanalizace .....   | 30 |
| 2.4.5.2 | Zvláštní způsoby odkanalizování .....                               | 31 |
| 2.4.6   | Stanovení návrhového průtoku odpadních vod:.....                    | 31 |
| 2.4.6.1 | Množství splaškových odpadních vod .....                            | 31 |
| 2.4.6.2 | Výpočet dešťových odpadních vod.....                                | 31 |
| 2.4.7   | Mezní sklony a rychlosti ve stokových sítích: .....                 | 33 |
| 2.4.7.1 | Minimální sklon: .....  | 33 |
| 2.4.7.2 | Maximální sklon a maximální rychlost:.....                          | 33 |
| 2.4.8   | Trubní materiály na stokových sítích: .....                         | 33 |
| 2.4.9   | Objekty na stokových sítích: .....                                  | 34 |
| 2.4.9.1 | Šachty (vstupní).....   | 34 |
| 2.4.9.2 | Spojné objekty .....  | 35 |
| 2.4.9.3 | Spadiště .....  | 35 |
| 2.4.9.4 | Skluzy .....  | 35 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 2.4.9.5  | Proplachovací objekty.....  | 35 |
| 2.4.9.6  | Vpusti:.....  | 35 |
| 2.4.9.7  | Lapáky splavenin: .....   | 35 |
| 2.4.9.8  | Kanalizační podchody pod komunikacemi:.....                                   | 35 |
| 2.4.9.9  | Shybky (sifóny):.....   | 36 |
| 2.4.9.10 | Kanalizační přípojky:.....  | 36 |
| 2.4.10   | Odlehčovací komory (OK) = dešťový oddělovač (DO): .....                       | 36 |
| 2.4.10.1 | Dělení odlehčovacích komor: .....   | 36 |
| 2.4.10.2 | Základní dělení OK:.....  | 36 |
| 2.4.10.3 | Přepady v OK (vychází z topologie sítě): .....                                | 36 |
| 2.4.10.4 | Další typy odlehčovacích komor: .....   | 36 |
| 2.4.11   | Dešťové nádrže DN: .....  | 37 |
| 2.4.11.1 | Důvody navrhování Dešťových nádrží:.....                                      | 37 |
| 2.4.11.2 | Základní rozdělení dešťových nádrží: .....                                    | 37 |
| 2.4.11.3 | Dimenzování dešťových nádrží .....  | 37 |
| 2.4.11.4 | Konstrukce dešťových nádrží .....   | 37 |
| 2.4.11.5 | Zapojení dešťových nádrží do stokových sítí: .....                            | 38 |
| 2.4.12   | Vodotěsnost a zkoušení vodotěsnosti nových stokových sítí:38                  |    |
| 2.4.12.1 | Zkouška vodotěsnosti se musí povinně vykonat:.....                            | 38 |
| 2.4.13   | Obsluha a údržba stokových sítí (ON 73 67 15).....                            | 38 |
| 2.4.13.1 | Obsluha .....   | 38 |
| 2.4.13.2 | Údržba.....   | 38 |
| 2.4.13.3 | Provozní řád (ON 73 67 10 – oborová norma) .....                              | 39 |
| 2.4.13.4 | Kanalizační řád .....   | 39 |
| 2.4.13.5 | Manipulační řády: .....   | 39 |
| 2.4.13.6 | Revize stok:.....   | 39 |
| 2.4.13.7 | Čištění stok: .....   | 39 |
| 2.4.14   | Netradiční způsoby stokování:.....  | 39 |
| 2.4.14.1 | Podtlaková kanalizace (Vakuová): ČSN EN 16 71 .....                           | 39 |
| 2.4.14.2 | Tlaková kanalizace: ČSN EN 10 91 .....  | 40 |
| 2.4.14.3 | Maloprofilová kanalizace.....   | 40 |
| 2.5      | Čištění odpadních vod.....  | 41 |
| 2.5.1    | Charakter znečišťujících látek a procesy používané k jejich odstraňování..... | 41 |
| 2.5.2    | Stanovení organických látek v odpadních vodách.....                           | 42 |
| 2.5.3    | Technologická linka středních a velkých čistíren.....                         | 42 |
| 2.5.4    | Mechanické čištění odpadních vod.....   | 42 |
| 2.5.4.1  | Hrubé předčištění .....   | 43 |
| 2.5.4.2  | Lapáky písku .....  | 43 |
| 2.5.4.3  | Usazovací a zahušťovací nádrže .....  | 43 |
| 2.5.5    | Biologické čistírenské procesy .....  | 44 |
| 2.5.5.1  | Biologické aerobní čištění.....   | 44 |
| 2.5.5.2  | Anaerobní čistírenské procesy .....   | 47 |
| 2.5.6    | Odstraňování dusíku a fosforu (živin) z odpadních vod.....                    | 48 |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 2.5.6.1  | Dusík .....   | 49        |
| 2.5.6.2  | Fosfor .....  | 50        |
| 2.5.7    | Kalové hospodářství.....                              | 50        |
| 2.5.7.1  | Stabilizace kalu .....                                | 51        |
| 2.5.7.2  | Zahušťování kalu.....                                 | 51        |
| 2.6      | Inženýrské sítě .....                                 | 52        |
| 2.6.1    | Význam a historie inženýrských sítí .....             | 52        |
| 2.6.2    | Rozdělení inženýrských sítí. ....                     | 52        |
| 2.6.3    | Prostorová koordinace inženýrských sítí.....          | 52        |
| 2.6.3.1  | Krytí inženýrských sítí .....                         | 53        |
| 2.6.4    | Trubní sítě. ....                                     | 53        |
| 2.6.4.1  | Tepelné sítě. ....                                    | 53        |
| 2.6.4.2  | Plynovody.....  | 54        |
| 2.6.5    | Vodičové sítě.....                                    | 55        |
| 2.6.5.1  | Silové rozvody elektrické energie. ....               | 55        |
| 2.6.5.2  | Materiál a provedení sítí.....                        | 56        |
| 2.6.5.3  | Zabezpečení dodávky, topologie silových rozvodů.....  | 56        |
| 2.6.5.4  | Telekomunikační sítě. ....                            | 56        |
| 2.6.5.5  | Materiál a konstrukce .....                           | 56        |
| 2.6.6    | Kolektory.....  | 57        |
| 2.6.6.1  | Vystrojení inženýrskými sítěmi .....                  | 57        |
| 2.6.6.2  | Stavební část kolektoru. ....                         | 57        |
| 2.6.6.3  | Funkční vybavení .....                                | 57        |
| 2.7      | Balneotechnika .....                                  | 58        |
| 2.7.1    | Plovárenská zařízení.....                             | 58        |
| 2.7.2    | Vybavenost plovárenských zařízení:.....               | 58        |
| 2.7.3    | Hygienické požadavky .....                            | 59        |
| 2.7.4    | Vodní hospodářství .....                              | 59        |
| 2.7.4.1  | Recirkulační systém: .....                            | 60        |
| 2.7.5    | Dezinfekce.....                                       | 60        |
| 2.7.5.1  | Dezinfekční prostředky .....                          | 61        |
| 2.7.5.2  | Chlor - patří k oxydantům .....                       | 61        |
| 2.7.5.3  | Ozón .....  | 61        |
| 2.7.5.4  | Bróm, Jód .....                                       | 61        |
| 2.7.5.5  | UV záření. Jedná se o jednu z variant dezinfekce..... | 62        |
| 2.8      | Autotest.....   | 62        |
| <b>3</b> | <b>Závěr .....</b>                                    | <b>62</b> |
| 3.1      | Shrnutí .....   | 63        |
| <b>4</b> | <b>Studijní prameny .....</b>                         | <b>63</b> |
| 4.1      | Seznam použité literatury .....                       | 63        |
| 4.2      | Odkazy na další studijní zdroje a prameny.....        | 64        |
| <b>5</b> | <b>Klíč</b>   | <b>64</b> |

# 1 Úvod

## 1.1 Cíle

Cílem modulu je seznámit studenty a čtenáře s problematikou zdravotně – technických staveb takovou formou, aby byl modul výchozím podkladem pro studium, samostudium i pro orientaci v dané oblasti s možností dle záměrů studijního programu využít pro další etapy studia. Důraz klademe na tvůrčí přístup, který by mělo studium modulu podpořit. Problematika zdravotního inženýrství se dostává zejména v souvislosti se vstupem ČR do EU, stále více do popředí zájmu v oblasti vodního hospodářství jako celku. Cílem je proto upozornit na bázové oblasti této z ekologického hlediska mimořádně důležité oblasti v jejich parciálních částech: vodní zdroje - jímání vody, doprava vody, úprava vody, stokování, čištění odpadních vod, inženýrské sítě, balneotechnika a odpadové hospodářství.



## 1.2 Požadované znalosti

Požadované znalosti budou kvalitním podkladem pro další etapy studia a orientace v problematice daného modulu nutně vyžaduje základní znalosti z předmětů



- matematika, fyzika, chemie

## 1.3 Doba potřebná ke studiu

Pro nastudování základního modulu textu jako podkladu pro další studium a samostudiu je nutná doba 20 hodin, pro rozšíření znalostí, příklady v rámci doporučených metod jednotlivých parciálních metod dalších 30 hodin.



## 1.4 Klíčová slova

Jímání, vodní zdroje, úprava vody, doprava vody, stokování, městské odvodnění, čištění odpadních vod, inženýrské sítě, odpadové hospodářství, genery a pasporty, expertní systémy.



## 1.5 Použitá terminologie

V textu je aplikována terminologie vycházející z normativních a legislativních materiálů, z v praxi zobecněných výrazů a z terminologie přejímané v souvislosti se sjednocením v rámci EU.



## 2 Zdravotně technické stavby

Předmětem předkládaného modulu je seznámit studenty se strukturou základních předmětů zaměřených na zdravotně technické stavby v rámci předmětu vodohospodářské stavby. Jedná se o tyto nosné oblasti: jímání a úprava vody, zásobování a doprava vody, stokování, čištění odpadních vod, inženýrské sítě a balneotechnika. Uvedené oblasti jsou součástí jednotlivých kapitol tohoto modulu opor.



### 2.1 Vodní zdroje – jímání vody

Pod pojmem vodní zdroje rozumíme zdroje povrchové nebo podzemní vody, které mohou být nebo jsou využívány k rozličným úkolům a potřebám společnosti.

Zdroje podzemní vody mohou být využívány díky propustnosti povrchových vrstev Země, kdy zejména dešťová voda proniká do podzemní zvodnělé vrstvy, tvořené pískem a štěrky. Mocnost zvodnělých vrstev může dosahovat od několika málo až po desítky metrů. Zvodnělé vrstvy se vyskytují s volnou nebo napjatou hladinou – vrstva s napjatou hladinou je ohraničena nepropustnou vrstvou (jíly, hlíny apod.) a je pod tlakem. Příkladem jsou artézské studny, ze kterých vyvěrá voda bez čerpání. U vrstvy s volnou hladinou chybí horní nepropustná vrstva. Voda opouští zvodnělou vrstvu s volnou hladinou přirozenou cestou (v podobě pramenů, vodních toků, vytéká do jezer apod.) nebo umělou cestou (studnami, zářezy nebo jinými jímacími objekty), nejčastěji čerpáním nebo pomocí násosky (násoskového řadu), kde vlivem podtlaku v násoskovém řadu je voda dopravována z jednotlivých studní do sběrné šachtové studny. Hlavní část vodních zdrojů v ČR představují vody povrchové.

Povrchové vody mají oproti podzemním vodám obvykle vyšší a proměnlivou teplotu, větší množství organických látek, vyšší koncentraci kyslíku, nízkou koncentraci oxidu uhličitého, výrazně vyšší zastoupení mikroorganismů atd. Kvalita povrchových vod obecně je ovlivněna řadou vlivů souvisejících s fyzikálními, chemickými a biologickými procesy v daných hydrologických, hydraulických, geologických, klimatických a morfologických poměrech.

#### 2.1.1 Druhy vod

##### 2.1.1.1 Podle zdroje vody můžeme dělit vody na:

- Povrchovou; podzemní a dešťovou vodu

V ČR využíváme z 57% povrchové zdroje, většinou z vodárenských nádrží, méně z toků. Povrchové jímání je jednodušší, složitější je však úprava vody. Podzemní jímání je složitější, jednodušší je naopak úprava vody.

### 2.1.1.2 Dle normy dělíme vody na:

- Vodu pitnou
- stolní – ČSN 56 78 59
- kojenecká – ČSN 56 78 59
- balená
- destilovaná – ČSN 68 60 63

## 2.1.2 **Objekty k jímání podzemních vod můžeme dělit na:**

- vertikální (trubní a šachtové studny)
- horizontální (zářezy, štoly, galerie, vodorovné vrty)
- plošné (pramenní jímky).

### 2.1.2.1 Vertikální jímací objekty

*Šachtové studny:* Šachtové studny mají relativně velký objem a slouží tedy i k akumulaci vody. Hloubka šachtových studní zpravidla nepřevyšuje 15 m. Voda proudí do studny vtokovými otvory na obvodovém plášti. Studny mohou být kopané nebo spouštěné.

*Trubkové studny:* Jedná se o studny malých průměrů. Praktický význam z hlediska jímání podzemní vody je zanedbatelný, neboť odběrná množství, která lze z těchto objektů získat, je velmi malá.

*Trubní studny:* Trubní studny umožňují jímání vody z větších hloubek. Hloubí se nejčastěji vrtáním. S využitím dnes běžně dostupných mechanizačních prostředků lze realizovat téměř ve všech geologických útvech.

### 2.1.2.2 Horizontální jímací objekty

*Štoly a galerie:* jímací štoly a galerie se zřizují pro jímání většího množství vody ve vhodném prostředí; razí se zejména v těch lokalitách, kde zvodnělá vrstva proniká - obvykle ve svažitém území - až na zemský povrch.

*Jímací zářezy:* mohou se použít pro jímání v mělkých podpovrchových vrstvách s relativně malou kapacitou. Jímací zářezy ústí většinou do sběrné jímky, odkud se jímaná voda přečerpává na úpravnu vody. Jímání v zárezích se provádí pomocí perforovaných kameninových trub – drénů.

### 2.1.2.3 Plošné jímací objekty

Plošné jímací objekty (pramenní jímky) slouží především pro zachycování pramenů a plošných vývěrů podzemních vod ze skalnatých hornin. Budují se v ojedinělých případech, přednostně se jímá kvalitní podzemní voda z větších hloubek. Rozhodující pro volbu jímání tímto způsobem je vydatnost pramene, kolísání jímaného množství, dále pak stálost a kolísání jakosti jímané vody.

## 2.1.3 Jímání povrchové vody

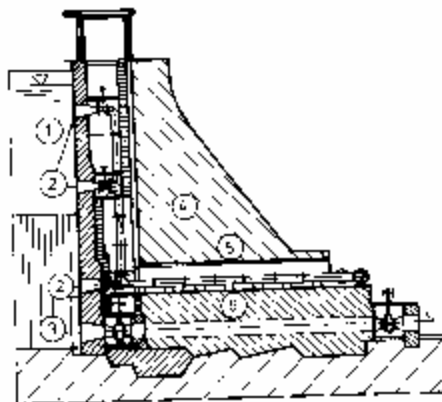
Povrchové vody můžeme obecně rozdělit na vody tekoucí (povrchové vody), vody stojaté, akumulované v nádržích. Využití povrchových vod k definovaným účelům je většinou limitováno její jakostí. Jakost vody se hodnotí pomocí fyzikálních, chemických a biologických charakteristik. Objekty pro jímání povrchových vod můžeme zjednodušeně klasifikovat na jímadla z nádrží, jezových zdrží a jímadla v tekoucích vodách.

### 2.1.3.1 Objekty k jímání povrchové vody z nádrží a jezových zdrží

Věžové jímací objekty k jímání povrchové vody z nádrží: mohou stát samostatně v prostoru nádrže nebo jsou stavebně spojeny s tělesem hráze. Vodárenské odběry jsou umístěny etážovitě v rozdílných výškách tak, aby bylo možné regulovat hloubku odběru v návaznosti na kvalitu vody (např. v souvislosti se změnami kvality vody v jednotlivých ročních obdobích apod.) Vtokové otvory musí být samostatně uzavíratelné z návodní i vnitřní strany.

Schéma odběrného objektu spojeného s tělesem hráze je na Obr.2.1.

- 1 - údolní nádrž
- 2 - vodárenské odběry  
(jednotlivé etáže)
- 3 - spodní výpust
- 4 - tížní přehrada
- 5 - štola
- 6 – potrubí



Obr.2.1 Schéma odběru z vodárenské nádrže

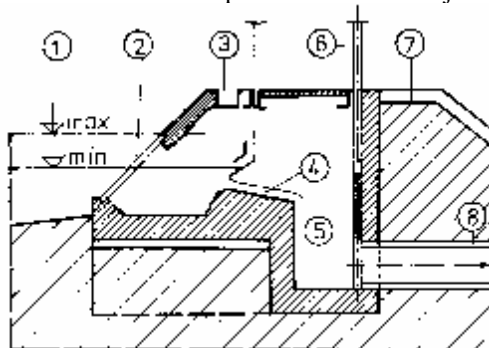
## 2.1.4 Jímání vody v tekoucích vodách

Pro volbu vhodného zdroje povrchové vody v tekoucích vodách je rozhodující režim vodního zdroje, výběr místa odběru, typ jímadla a ochrana jímadla před zanášením plaveninami a splaveninami, před zamrznáním a vodní tříští.

Jímadla břehová: budují se v tocích se stabilními břehy, které výškově umožňují výstavbu objektu se zaručením odběru i při minimální hladině vody v toku. Vyhovují tomu zejména střední a dolní tratě toků v místech s minimálním hromaděním splavenin. Schéma možného uspořádání břehového jímadla je na Obr. 2.2.

Obr.2.2 Schéma uspořádání břehového jímadla

- 1 - vodní tok
- 2 - česle
- 3 - norná stěna
- 4 - měrný práh



5 - šachta

6 - stavidlo

7 - hráz

8 - odběr vody potrubím

Jímadla ve dně koryta: navrhují se pouze vyjíměčně. Jsou vhodná pro toky bystřinného charakteru. Nelze je osazovat v místě se sníženou rychlostí vody, kde může docházet k usazování suspendovaných látek. Jímací objekt nesmí zmenšovat průtočný profil toku a nesmí i jinak ovlivňovat další -zejména hydraulické- charakteristiky, např. vzduť vody apod.

Jímací objekty umístěné nade dnem řečiště: je možné je situovat u širších vodních toků s nestabilními břehy, s nedostatečnou hloubkou vody u břehů v důsledku častého kolísání hladiny, nebo je-li znemožněn odběr vody ve dně koryta toku z důvodů velkého množství sedimentů zejména jemnějšího charakteru.

### 2.1.5 Ochranná pásma vodních zdrojů

Ochranná pásma vodních zdrojů jsou stanovena k ochraně vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti vodních zdrojů povrchových nebo podzemních vod, které jsou určeny pro zásobování pitnou vodou. Pro stanovení ochranných pásem platí zákonné a další legislativní podmínky. Ochranná pásma se dělí na ochranná pásma prvního stupně – slouží k ochraně vodního zdroje v bezprostředním okolí jímacího nebo odběrného zařízení a na ochranná pásma druhého stupně, která slouží k ochraně vodního zdroje v územích stanovených vodohospodářským orgánem tak, aby nemohlo dojít k ohrožení vydatnosti zdroje, jakosti jímané či odebírané vody a k ohrožení zdravotní nezávadnosti vody.

Dříve se rozlišovaly tři ochranná pásma, dnes rozlišujeme pouze dvě ochranná pásma vodního zdroje (viz. Zákon)

- Vodní pásmo prvního stupně – 50 m kolem objektu, až 200 – 300 m proti proudu, šířka 15 m
- Vodní pásmo druhého stupně – širší, ve větším povodí – 2 – 5 km

Stanovení určuje odběratel vody (na nádržích tzv. vlastník nádrže)

### 2.1.6 Umělé jímání vody

Při umělém jímání vody je snahou rozšířit zásobu podzemních vod.

Umělé jímání můžeme rozdělit na:

- Akumulace

Akumulací rozumíme přehrazení zvodnělého profilu za účelem vytvoření podzemních zdrojů (betonové, kamenné, jílové stěny)

- Břehová infiltrace

Používá se pro úpravu vody z řeky, kdy probíhá čištění říční vody pomocí tzv. zemní filtrace. Nutno zakládat u čistých toků nebo tam, kde se odstraní škodliviny. Nejlepší na filtraci je písek. Vliv vody břehové infiltrace a přírůstku hladiny podzemní vody je dán rozdílem výšky hladiny v řece a zvodnělé vrstvy. Jímadlo bývá umísťováno obvykle kolem 50 m od řeky, 100–200 m pro odstranění chuti a zápachu (používají se vertikální i horizontální jímadla)

- Umělá infiltrace

Předpokladem umělé infiltrace jsou dobré pedologické, hydrogeologické a chemické vlastnosti. Voda použitá při umělé infiltraci nesmí být zakalena, má mít co největší obsah kyslíku a neměla by obsahovat těžce odbouratelné látky. Umělá infiltrace se dá použít například při zpracování dešťové vody. Pro infiltraci se používají rýhy, infiltrační vrty a další.



## 2.2 Koncepce řešení zásobování vodou - doprava vody

Při zpracování projektové dokumentace je třeba nejdříve stanovit celkovou koncepci systému zásobování daného spotřebiště.

### 2.2.1 Faktory ovlivňující koncepční řešení dopravy vody:

- topologie spotřebiště
- charakter zástavby
- lokalizace vhodných zdrojů vody
- investiční a provozní náklady
- dodavatelské možnosti.

Vývoj zásobování vodou směřoval z **místních vodovodů** (které sloužily pro jedinou obec či město) přes **skupinové vodovody** zásobující skupiny obcí či měst k **vodovodům oblastním**, které zásobují větší územní celky (OOV - Ostravský oblastní vodovod, VOV - Vířský oblastní vodovod).

Některá spotřebiště soustavy mohou být zásobována z více než jednoho zdroje.

### 2.2.2 Vodárenské soustavy sestávají ze dvou úrovní:

- **nadřazená soustava**, zahrnující objekty a potrubí umožňující dopravit vodu z jednotlivých zdrojů do vodojemů této soustavy
- **místní soustavy** (skupinové vodovody), sloužící pro dopravu vody z vodojemů nadřazené soustavy do spotřebišť a pro rozvod vody přímo ve spotřebišti

### 2.2.3 Návrh celkové koncepce zásobování vodou obsahuje:

- a) návrh na způsob získání potřebného množství vody
- b) návrh na umístění vodojemu, čerpací stanice a zásobovacího řadu
  - 1) situační umístění vodojemu
  - 2) výškové umístění vodojemu

ad 1) Situační umístění vodojemu

- Vodojem před spotřebišťem - čelní

a) výtlačný přiváděcí řad

voda je z úpravny vody čerpána výtlačným řadem do vodojemu, odtud je voda zásobním (gravitačním) řadem přiváděna do spotřebišť

b) gravitační přiváděcí řad

voda je z úpravny vody přiváděna gravitačním přiváděcím řadem do vodojemu, odtud je voda zásobním (gravitačním) řadem přiváděna do spotřebišť

příklad - březovské vodovody, Vířský oblastní vodovod

**výhody:** jednoznačné tlakové poměry, konstantní průtok v přiváděcím řadu

- Vodojem za spotřebišťem - koncový

čerpání přes spotřebišť

**nevýhoda:** nejednoznačné (složitě) tlakové poměry ve spotřebišti

3 stavy:

$Q_{\check{c}} > Q$  část vody přitéká do vodojemu (nastává většinou v nočních hodinách)

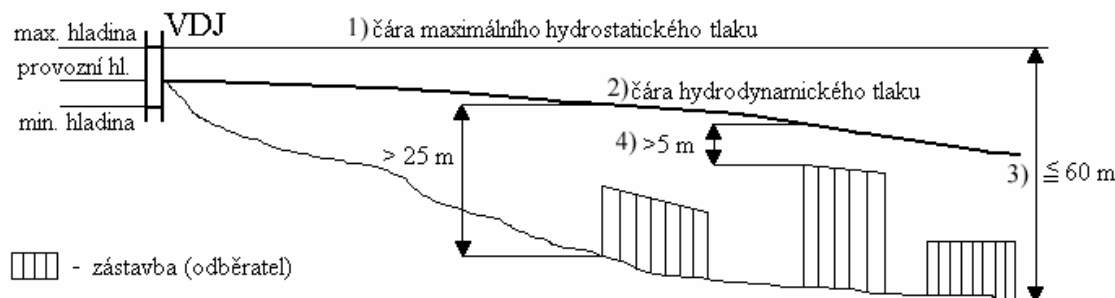
$Q > Q_{\check{c}}$  část spotřebišťe zásobována z vodojemu, část z čerp. stanice

$Q_{\check{c}} = 0$  v době energetické špičky je ČS mimo provoz  
čerp. stanice by měla být v provozu 17 - 20 hodin

ad 2) výškové umístění vodojemu:

1. max. hydrostatický přetlak 0,6MPa (60 m vody)
2. min. hydrodynamický přetlak 0,25MPa (25 m vody)  
(0,15MPa)
3. min. hydrodynamický přetlak na výtokové armatuře 0,05MPa

při návrhu výškového umístění vodojemu postupujeme podle ČSN 75 54 01, ČSN 73 08 73, ČSN 73 66 55 a dalších legislativních podkladů a pokynů:



Obr. 2.3.

Vodojem umístím v tomto rozmezí, spíše v dolní hranici rozsahu.

- při velkém rozdílu nadmořských výšek nemůžeme interval najít
- v tomto případě je nutno území rozdělit na tlaková pásma, každé pásmo má většinou vlastní vodojem
- doporučený výškový rozdíl mezi 2 vodojemy je 20 - 25 m

## 2.2.4 Výpočet potřeby vody:

Dle směrnice č.9 (z roku 1973), která je stále aplikovaná po modifikaci dalšími přístupy. Dalším postupem je návrh metodického pokynu Mze ČR pro výpočet potřeb vody. Pro orientaci uvádíme klasickou a odbornou veřejností známou metodu výpočtu potřeby vody dle směrnice č.9. Další viz samostudium.

### 2.2.4.1 Výpočet potřeby vody dle směrnice č.9

Celkovou potřebu vody pro zásobovanou oblast rozdělujeme na skupiny:

- **voda pro obyvatelstvo** (bytový fond, občanská vybavenost)
- **voda pro průmysl** (pro pracovníky, pro provoz)
- **voda pro zemědělství** (živočišnou výrobu, pracovníky, závlahy)
- **voda pro požární účely**

#### **Výpočet vody pro obyvatelstvo:**

Definice:



Občanská a technická vybavenost - soubor budov, objektů, ploch a jiných zařízení, která slouží potřebám obyvatelstva (obchody, školy, kina,...)



Základní vybavenost - občanská a technická vybavenost, která slouží pouze pro potřebu příslušného území



Vyšší vybavenost - občanská a technická vybavenost, která slouží kromě obyvatel příslušného území též obyvatelům příslušného spádového území



Specifická občanská vybavenost - zařízení, která se vyskytují nahodile a nedají se vyjádřit obecně platnými urbanistickými ukazateli.

Potřeba vody pro občanskou a technickou vybavenost:

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| a) u venkovských obcí do 1000 obyv. | $20 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$  |
| b) 1 000 až 5 000 obyv.             | $30 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$  |
| c) 5 000 až 20 000 obyv.            | $70 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$  |
| d) 20 000 až 100 000 obyv.          | $125 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ |

V hodnotách pod písmenem a) a b) je obsažena potřeba vody jen pro základní vybavenost, v hodnotách pod písmenem c) a d) je obsažena potřeba vody pro základní i pro vyšší vybavenost.

V tab. 2.3 jsou podklady pro určení typu vybavenosti, v tab. 2.4 jsou uvedeny specifické potřeby vody pro specifickou vybavenost obcí do 100 000 obyv.

Součtem potřeb vody pro bytový fond, základní a vyšší občansko-technickou vybavenost a pro specifickou vybavenost dostáváme průměrnou denní potřebu vody pro obyvatelstvo  $Q_p$  [m<sup>3</sup>/den]

Maximální denní potřeba vody  $Q_m$  [m<sup>3</sup>/den] [l/s] se vypočte ze vzorce:

$$Q_m = Q_p \cdot k_d$$

(Potřeba se mění během ročního období i během jednotlivých dní v týdnu)

$k_d$  je součinitel denní nerovnoměrnosti.

| počet obyvatel    | koef. denní nerovnoměrnosti $k_d$ |
|-------------------|-----------------------------------|
| do 1 000          | 1,5                               |
| 1 000 až 5 000    | 1,4                               |
| 5 000 až 20 000   | 1,35                              |
| 20 000 až 100 000 | 1,25                              |

Maximální hodinová potřeba vody  $Q_h$  [l/s] se vypočte ze vzorce:

$$Q_h = Q_m \cdot k_h$$

$k_h$  je součinitel hodinové nerovnoměrnosti. ( $k_h = 1,8$  nebo  $k_h = 2,1$  pro spotřebiště sídlištního charakteru)

Celodenní průběh potřeby vody v procentech: (orientačně jen příklad):

| Hodina  | Součinitel $k_h$ |     | Hodina  | Součinitel $k_h$ |     |
|---------|------------------|-----|---------|------------------|-----|
|         | 1,8              | 2,1 |         | 1,8              | 2,1 |
| 0 - 1   | 1,0              | 1,6 | 12 - 13 | 5,0              | 4,6 |
| 2 - 3   | 0,7              | 1,5 | 14 - 15 | 4,0              | 4,6 |
| 4 - 5   | 2,0              | 3,0 | 16 - 17 | 5,0              | 4,6 |
| 6 - 7   | 5,0              | 5,0 | 18 - 19 | 6,5              | 6,5 |
| 8 - 9   | 4,5              | 5,0 | 20 - 21 | 5,0              | 5,0 |
| 10 - 11 | 5,5              | 4,2 | 22 - 23 | 4,0              | 3,2 |

### Výpočet potřeby vody pro pracovníky v průmyslu:

a) voda pro přímou potřebu - potřeba vody pro pití a pro závodní kuchyni:

Prům. spec. potřeba      l.osoba<sup>-1</sup>.směna<sup>-1</sup>

|                 |    |
|-----------------|----|
| Pití            | 5  |
| Závodní kuchyně | 25 |
| Celkem          | 30 |

b) voda pro mytí a sprchování:

| Provoz  | l.osoba <sup>-1</sup> .směna <sup>-1</sup> |
|---|--|
| Závody s horkými a současně špinavými provozy (doly, hutě, cementárny, spalovny,...)              | 220  |
| Závody s horkými nebo současně špinavými a prašnými provozy (autoopravny, sklárny, cukrovary,...) | 120  |
| Závody s čistými provozy (výroba počítačů, ...)   | 50   |

Součtem potřeb vody pro přímou spotřebu a pro mytí za jednotlivé směny dostaneme průměrnou denní potřebu vody  $Q_p$  pro pracovníky průmyslu. Denní potřeba vody v závodech se uvažuje rovnoměrná pro všechny pracovní dny:

$$Q_m = Q_p$$

Nejsou-li k dispozici podrobnější údaje, uvažuje se, že 50% hodnoty z  $Q_p$  se spotřebuje v poslední hodině směny a 50% vody se spotřebuje rovnoměrně po celou směnu. Pro osmihodinovou směnu pak max. hodinová potřeba  $Q_h$  činí:

$$Q_h = 1/2 Q_p + 1/2 \cdot 1/8 Q_p = 0.5625 Q_p \text{ [m}^3\text{/hod]}$$

Při vícesměnném provozu porovnáme  $Q_h$  jednotlivých směn a vybereme max. hodnotu.

Voda technologická (pro provoz) se stanoví individuálně, (určí závod)

### Výpočet potřeby vody pro zemědělství:

a) pro živočišnou výrobu dle tabulky:

|         | spec. potřeba [l.kus <sup>-1</sup> .den <sup>-1</sup> ] |           |
|---------|---|-----------|
|         | Průměrná  | maximální |
| Dojnice | 60  | 80        |
| Koně    | 40  | 60        |
| Slepice | 0.35  | 0.75      |
| Krůty   | 0.8   | 1         |

Průměrnou denní potřebu  $Q_p$  získáme vynásobením počtu zvířat s příslušnou průměrnou specifickou potřebou, maximální denní potřebu  $Q_m$  vynásobením počtu zvířat s příslušnou maximální specifickou potřebou

Pokud není znám průběh potřeby vody pro živočišnou výrobu během dne, předpokládá se, že její průběh je stejný jako u obyvatelstva, přičemž uvažujeme koef. Hodinové nerovnoměrnosti  $k_h = 1.8$ .

Potřeba vody pro pracovníky se vypočítá stejně jako pro pracovníky v průmyslu.

### Výpočet požární vody

Viz norma ČSN 73 08 73

### Celková potřeba vody:

A - obyvatelstvo (bytový fond, občanská a technická vybavenost)

B - průmysl (pro pracovníky, technologická voda)

C - zemědělství (pro pracovníky, živočišnou výrobu, závlahy)

$$Q_p = Q_{pA} + Q_{pB} + Q_{pC}$$

$$Q_m = Q_{mA} + Q_{mB} + Q_{mC}$$

$$Q_h = Q_{hA} + Q_{mB} + Q_{mC},$$

$$Q_h = Q_{mA} + Q_{hB} + Q_{mC},$$

$$Q_h = Q_{mA} + Q_{mB} + Q_{hC}$$

Na  $Q_m$  navrhujeme: zdroje vody, úpravní, ČS, přiváděcí řady, vodojemy

Na  $Q_h$  navrhujeme: zásobní řad a vlastní vodovodní síť (rozvodné řady)

### 2.2.4.2 Metodického pokyn Mze ČR

Výpočet potřeby vody dle návrhu viz literatura.

## 2.2.5 Vodojemy

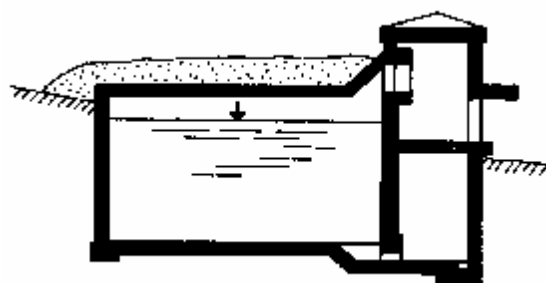
Objekt pro akumulaci vody, skládá se z 1 nebo více nádrží + armaturní komory



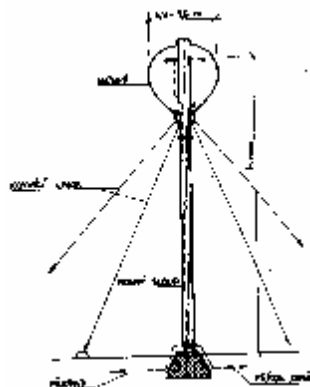
Dvě základní funkce vodojemu jsou funkce akumuláční a zajištění potřebného tlaku

základní typy: zemní (kóta dna pod terénem – obr. 2.4.)

věžový (kóta dna na nosné konstrukci – hydroglobus obr.2.5.)



Obr. 2.4.



Obr. 2.5.

### 2.2.5.1 využitelný objem vodojemu:

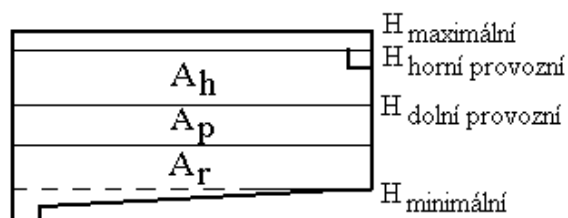
$$A_c = A_h + A_p + A_r$$

$A_h$  - akumulace potřebná pro vyrovnání mezi přítokem a odběrem vody

$A_p$  - zásoba vody pro případ požáru

$A_r$  - rezerva pro případ poruchy (6-18 hod)

$$A_c = \min 0,6 Q_m$$



Obr. 2.6.

### 2.2.5.2 Stavební řešení

- Monolitické nebo prefabrikované (menší objemy, typizované objekty)
- kruhové nebo krabicové (nad 10 000m<sup>3</sup> - monolitické, krabicové)

## 2.2.6 **Vodovodní síť**

### 2.2.6.1 Návrh zásobního a distribučních řadů

sítě: větevné a okruhové

### 2.2.6.2 Stanovení průměru potrubí:

a) větevná síť

- rozdělení odběrů
- návrhová rychlost:  $v = 1,0 \text{ m.s}^{-1}$
- min. průměr DN 100 (80)
- posouzení na  $Q_h$ , na požární odběr (rychlosti, tlaky)

b) okruhová síť

- optimalizované dimenzování (matematické metody)
- zákony:
  - 1) uzlová podmínka  $\Sigma Q = 0$
  - 2) okruhová podmínka  $\Sigma h = 0$
  - 3) hydraulický zákon  $h = \kappa Q^2$ ,  $\kappa$  – odporový součinitel

Používají se iterační metody vyrovnání tlaků, průtoků a odporových součinitelů

## 2.2.7 **Trubní materiály**

ČSN 73 66 20 - vodovodní potrubí

- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| • litina (šedá, tvárná) | • železobeton          |
| • ocel                  | • plasty (PVC, PE, PP) |
| • azbestocement         | • sklolaminát          |

spoje: hrdlové, přírubové, lepené, svařované

rozměry: normalizované řady pro litina a ocel: DN (Js) 80, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200

tlak  $J_t$  1,0 MPa (PN 6,10,16)

plasty: rozměry: např. PE DN/d 110/87,6; 125/99,6; 140/111,6; 160/127,4

## 2.2.8 **Objekty a armatury na vodovodní síti**



## ČSN 73 66 20 - vodovodní potrubí

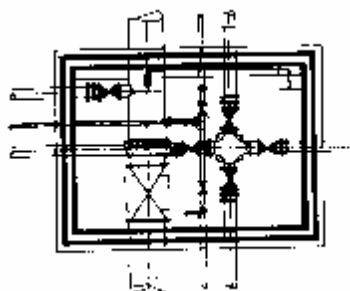
### 2.2.8.1 Uzávěry: šoupátka vřetenová, třmenová

- možnost uzavřít každý úsek
- z obou stran důležité přípojky (nemocnice)
- uzávěry nad DN 500 vlastní obtok, ovládání šoupátek pomocí elektromotorů

Obr. 2.7.

### 2.2.8.2 Armaturní šachty

- tam kde více než dva uzávěry, pro větší profily
- prefabrikované i monolitické
- vhodné pro umístění redukčních ventilů



Obr. 2.8.

### 2.2.8.3 Vzdušníky

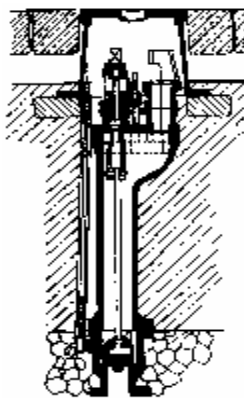
- pro odvádění vzduchu
- osazení v nejvyšších místech řadu
- před vzdušníkem vždy uzávěr
- použití nejčastěji při napouštění a vypouštění vody

### 2.2.8.4 Kalníky (kalosvody)

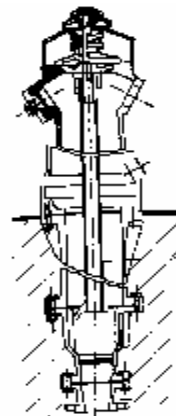
- umožňuje vypouštění vody z potrubí
- umístění v nejnižších místech
- nad DN 150 zaústění do kanalizace, toku
- vypuštění úseku potrubí do 2 hodin (dle normy)

### 2.2.8.5 Hydrant

- odběr vody v případě požáru
- vždy podzemní (nadzemní tam, kde nehrozí zamrzání)
- vzdálenost od budov dle typu zástavby (min. 5 m)
- max. vzdálenosti - rodinné domky 200/400 m



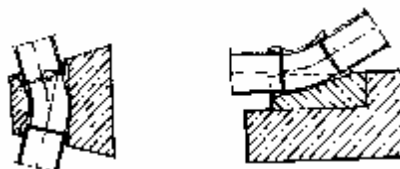
Obr. 2.9.



Obr. 2.10.

### 2.2.8.6 Opěrné bloky - proti posunu nebo vychýlení ze směru

- opěrné, kotevní bloky
- tam, kde změna směru



- na odbočkách
- potrubí uložené ve velkém spádu
- na konci větve

Obr. 2.11.

Obr. 2.12.

#### 2.2.8.7 Chráničky

- při křížení s komunikací, na mostech, pod tokem
- měla by přesahovat min. 1-2m překážku
- většinou o 1 profil větší

#### 2.2.8.8 Umístění potrubí v min. sklonu a nezámrné hloubce

- minimální sklon je 0,3%,(0,1%),nezámrná hloubka krytí cca 1,2 až 1,6 m
- před uvedením vodovodu do provozu tlaková zkouška na 1,5 násobek maximálního provozního tlaku

### 2.2.9 **Koroze potrubí**

#### 2.2.9.1 Vnitřní koroze (působením plynů)

- ochrana odstraněním látek způsobujících korozi
- vnitřní ochrana potrubí (cementace)

#### 2.2.9.2 Vnější koroze (elektrochemické reakce potrubí s půdou)

- ochrana pasivní - vhodnou izolací
- ochrana aktivní (katodová ochrana, elektrická drenáž)



## 2.3 **Úprava vody**

Úpravou vody se sleduje zlepšení jakosti vody s ohledem na její další využití (voda pitná, užitková, technologická atd). Prioritou je zásobování obyvatelstva zdravotně nezávadnou pitnou vodou, která ani při trvalém používání nevyvolá onemocnění či poruchy zdraví přítomností mikroorganismů nebo jiných látek. Vlastnosti takovéto vody definuje vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 376/2000 Sb. Zdrojem pitné vody je obvykle podzemní nebo povrchová voda.

### 2.3.1 **Výběr zdroje vody a kategorizace surových vod;**

Výběr zdroje pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou se řídí ČSN 75 7214 Surová voda pro úpravu na pitnou vodu. V této normě jsou z hlediska upravitelnosti zařazeny vody do čtyř kategorií:

### 2.3.1.1 Kategorie A

Surová voda vyžadující pouze dezinfekci popř. pískovou filtraci a chemické či mechanické odkyselení či odstranění plynných složek provzdušňováním.

### 2.3.1.2 Kategorie B

Surová voda vyžadující jednoduchou úpravu, např. koagulační filtraci nebo jednostupňové odželezování či odmanganování nebo odželezování či odmanganování v horninovém prostředí, nebo umělou infiltraci a dezinfekci.

### 2.3.1.3 Kategorie C

Surová voda vyžadující dvou či vícestupňovou úpravu čiřením, sorpcí, oxidací, odželezováním a odmanganování s dekarbonizací popř. kombinací fyzikálně – chemických, mikrobiologických a biologických procesů úpravy vody.

### 2.3.1.4 Kategorie D

Surová voda nevhodná k úpravě pro zásobování, použitelná pouze výjimečně v odůvodněných případech. Zpravidla ani při aplikaci složité technologie úpravy vody neposkytne upravená voda záruku jakosti odpovídající vyhlášce.

## 2.3.2 **Základní procesy úpravy vody:**

Voda se upravuje způsoby mechanickými, chemickými, fyzikálně-chemickými a biologickými. Volba způsobů a jejich kombinace se řídí druhem surové vody (povrchová, podzemní) a požadavky na kvalitu upravené vody (pitná, užitková, provozní). Před vlastní úpravou surové vody se v řadě případů provádí tzv. preoxidace - proces, vyvolaný přidávkem oxidačního činidla k surové vodě před její další úpravou. Provádí se fyzikálně-chemicky nebo chemicky.

### 2.3.2.1 Fyzikálně-chemická preoxidace vzdušným kyslíkem

Preoxidace je nutná při velmi nízkém obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě. Slouží k oxidaci kationtů  $Fe^{2+}$ , ke zlepšení chuti vody, k prevenci koroze kovových potrubí atd. Aerace je nutná také tehdy, obsahuje-li voda přebytek plynů jako např. sirovodík  $H_2S$ , který způsobuje nepříjemný pach vody, kyslík  $O_2$ , jehož bublinky uvolňované z přesycené vody ruší proces usazování nebo filtrace, a volný oxid uhličitý  $CO_2$ , který činí vodu agresivní.

### 2.3.2.2 Chemická preoxidace

Spočívá v použití chloru a jeho sloučenin, ozonu, peroxidu vodíku a manganistanu draselného.

- Preoxidace chlorem:

K výhodám tohoto způsobu dávkování chloru před vlastní úpravou surové vody patří zejména zlepšení flokulace, zvýšení usazovací rychlosti vytvořeného kalu, potlačení rozvoje řas a dalších organismů v uzavřených nádržích a filtrech, odstranění amoniaku, dusitanů atd. Prechlorace může vést ke vzniku nežádoucích sloučenin, škodlivých lidskému zdraví. Jedná se

zejména o chlororganické sloučeniny. Tyto sloučeniny se tvoří v důsledku působení chloru na určité látky organického původu, které upravená voda obsahuje. Preoxidace oxidem chloričitým: výhodou je rychlejší oxidace  $Mn^{2+}$  na  $MnO_2$  než chlorem.

- Preoxidace ozonem:

Pokud se použije před filtrací, může být tento způsob používán i k odželezení a odmanganování vody.

- Preoxidace manganistanem draselným:

Způsob aplikovaný zejména tehdy, obsahuje-li voda mangan. Množství manganistanu používané při preoxidaci. Množství manganistanu musí být důsledně kontrolováno, neboť jeho přebytek může podstatně zabarvovat vodu.

### 2.3.3 Typické procesy pro úpravu vod jsou:

- Pro úpravy povrchových vod: Mechanické předčištění, čiření, filtrace, dezinfekce, adsorpce, fluoridace, ultrafiltrace, nanofiltrace a stabilizace.
- Pro úpravu podzemních vod: Odkyselování, odželezování, odmanganování, dezinfekce, odstraňování vápníku hořčíku, deionizace, demineralizace, desorpce a membránové procesy.

#### 2.3.3.1 Mechanické předčištění surové vody

Surová voda musí být před úpravou zbavena hrubých nečistot a dalších nerozpuštěných látek, které by mohly negativně ovlivnit funkci úpravny (poškození čerpadel, ucpaní potrubí atd.). K tomuto účelu se používají česle, síta, lapáky písku a usazovací nádrže.

- Hrubé česle:

Umožňují zachycení nejhrubších nečistot jako např. větví, ledových ker, kmenů stromů atd. Světlost mezi česlicemi, které jsou z ploché oceli nebo ocelových prutů různého profilu, je přibližně 100 mm. Odstraňování zachycených předmětů se většinou provádí manuálně. U jezerních a přehradních jímadel se používají česle svislé, sklon česlí u toků činí 60 až 75°.

- Jemné česle:

Zařazují se za hrubé nebo stření česle. Světlost mezi česlicemi se pohybuje od 2 do 5 mm. Jejich stírání je mechanické.

- Síta:

Mohou nahradit jemné česle nebo jsou dalším stupněm předčištění surové vody. Slouží k odstranění drobných nečistot z vody. Vyrábějí se z nerezové oceli, fosfobronzu nebo syntetických vláken. Životnost sít z nerezové oceli bývá 6 až 8 let, ze syntetických vláken přibližně 3 roky. Velikost ok síta se pohybuje od 20 do 50 mm.

- Mikrocez:

Suspendované látky jsou zachytávány na povrchu mikrosít tvořených jemným pletivem. Zařízení je vytvořeno jako otáčející se bubnové síto s kontinuálním

proplachováním. Spláchnuté suspenze jsou odváděny do sběrného žlabu a do odpadu. Síta mívají otvory rozměrů (10 až 60  $\mu\text{m}$ ). Mikrocezy se používají pro první stupeň separace při odstraňování řas. Pro tekoucí vody se osvědčily s velikostí otvorů od 20  $\mu\text{m}$ , pro vody z nádrží jsou do 10  $\mu\text{m}$ .

### 2.3.3.2 Usazování

Snadno usaditelné suspendované látky, zejména anorganického původu, jsou z vody odstraňovány sedimentací. Jemné disperze jsou pak z vody separovány filtrací nebo čiřením.

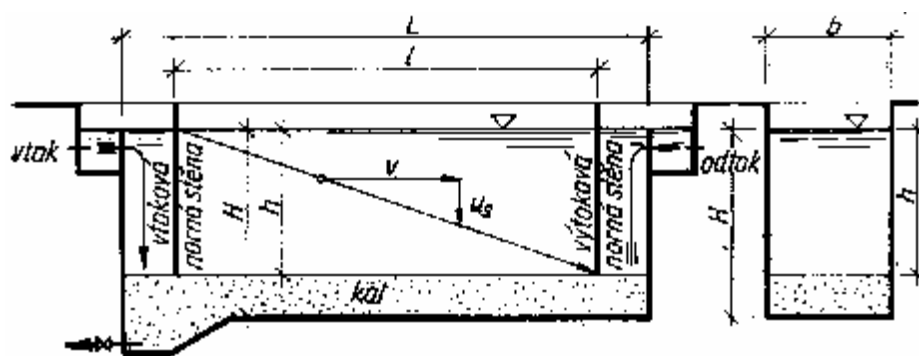
Proces usazování zahrnuje pochody, během nichž jsou z vody separovány suspenze sedimentací. Úprava vody usazováním se používá při úpravě vod a při vylučování zrnitých a vločkových suspenzí. Podle charakteru proudění v usazovací nádrži může být toto proudění laminární či turbulentní. Při laminárním proudění přecházejí sedimentující částice z vyšší vrstvy do nižší vlivem gravitačních sil. U turbulentního proudění vykonávají částice vířivý pohyb. Kritérium pro posouzení proudění v nádržích je Reynoldsovo číslo. K přechodu laminárního proudění do turbulentního dochází při  $Re = 580$  až 3 000. K posouzení stability nádrže proti vyplavování již sedimentovaných vloček a tvorbě zkratových proudů slouží Freudovo kritérium:

- **Usazovací nádrže**

Základní typy usazovacích nádrží jsou:

- Pravoúhlé nádrže s horizontálním průtokem (tzv. lipské),
- kruhové s horizontálním průtokem,
- nádrže s vertikálním průtokem.

Podle charakteru suspenzí se uvažuje s dobou zdržení v nádrži 1 až 2 hodiny. Usazovací rychlost částic je asi 0,5  $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ .



2.13 Schéma pravoúhlé nádrže s horizontálním průtokem

Suspenze je také možné oddělovat z upravované vody odstředivou silou v odstředivkách a hydrocyklonech.

- **Lapáky písku**

Budují se především tam, kde hrozí nebezpečí vniknutí hrubých minerálních nečistot u odběrného objektu do úpravy, nebo v případech kdy je nutno surovou vodu přečerpávat.

### 2.3.3.3 Čiření vody

Čiřením se označuje souhrn procesů, kterými se z vody odstraňují především koloidní částice (velikost 1  $\mu\text{m}$  až 1nm) látek anorganického i organického původu. Hlavním procesem je koagulace tj. shlukování koloidních částic do vloček, které lze z vody odstranit usazováním nebo filtrací. Tyto separační procesy jsou součástí čiření, při němž se uplatňuje i sorpce organických vysokomolekulárních látek na vytvořených agregátech.

Koagulaci koloidních částic ve vodě lze vyvolat přidávkem sloučenin zvaných koagulanty, podstatným zvýšením teploty vody, působením UV zářením, ultrazvukem atd. V praxi se nejčastěji používá přídavek koagulantů.

Nejčastěji používané koagulanty:

- Soli hliníku:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$
- Soli železa:  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$

U vod s nízkým Ph je nutné při koagulaci přidávat  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , NaOH či  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Polymerní flokulanty – jsou to vysokomolekulární látky, schopné vytvářet vločky nezávisle na původu částic obsažených ve vodě.

Podle původu je dělíme na:

- Anorganické polymery (aktivovaná kyselina křemičitá),
- Přírodní vysokomolekulární látky (škrob, deriváty celulozy aj.),
- Syntetické organické polymery,
- Pomocné koagulanty – zlepšují sedimentační vlastnosti vloček (bentonit, srážený uhličitán vápenatý, křemelina, práškové aktivní uhlí a další).

Proces koagulace probíhá ve dvou fázích. První perikinetická fáze (rychlá) probíhá ve velmi krátkém časovém úseku. Této fázi odpovídá rychlé míchání. Rychlým mícháním se dosáhne rozptýlení dávkovaného koagulantu do objemu vody a dochází k tvorbě mikrovloček. Ve druhé etapě při ortokinetické koagulaci dochází k tvorbě vloček. Této fázi odpovídá pomalé míchání.

#### • Čiřiče

Všechny typy čiřičů obsahují čtyři základní funkční prostory. V prvním, koagulačním, dochází k destabilizaci nečistot koagulantem a k tvorbě mikrovloček. Následuje prostor vločkového mraku, skrze který voda proudí vzhůru a tím se filtruje. Hladina vločkového mraku tvoří rovinu, která je zajišťována přelivnou hranou. Přes tuto hranu přepadají vločky do kalového prostoru, kde dochází k zahušťování kalu. Nad přelivnou hranou je prostor čisté vody, která je odebírána sběrnými žlaby.

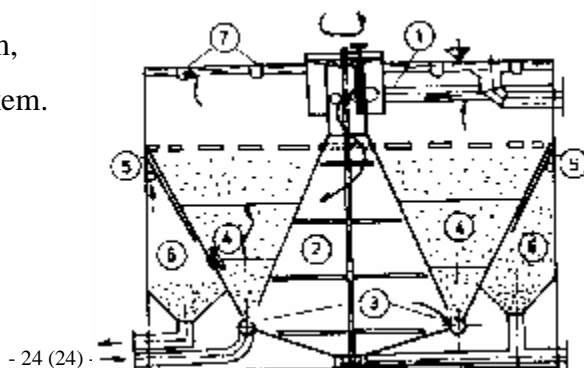
Čiřiče lze rozdělit na:

- čiřiče s rovnoměrným průtokem,
- čiřiče s nerovnoměrným průtokem.

Obr. 2.14. Schéma čiřiče

1- přítok vody

2 - míchadla a vločkovací prostor



- 3 - štěrbina
- 4 - čířící (separační) prostor
- 5 - přelivná hrana
- 6 - zahušťovací prostor
- 7 - sběrné žlaby

Obr. 2.14.

#### 2.3.3.4 Filtrace

Filtrace je technologický proces při kterém dochází k separaci suspenzí obsažených v kapalině průtokem přes pórovitou vrstvu. Následuje buď jako druhý stupeň (za sedimentací nebo čířením), anebo při jednostupňové separaci za rychlým nebo pomalým mícháním. V obou případech se zde zachycují přepadající vločky. Účinek filtrace ovlivňuje charakter a množství suspendovaných látek ve filtrované vodě, zrnitost a výška filtrační náplně, filtrační rychlost, filtrační odpor písku k průtoku filtrované vody, teplota vody a viskozita.

Filtrační cyklus se skládá z filtrační a prací fáze. Filtrační fáze je pracovní fáze, kdy se průtokem vody ve filtrační náplni zachycují suspenze. V prací fázi se filtrační lože regeneruje a zachycené suspenze se odvádějí do odpadu.

O tom, kdy je třeba filtr proprat, je možné rozhodnout ze dvou kritérií:

- tlaková ztráta – snižuje mezerovitost filtrační náplně v důsledku zanášení suspenzí přítomných ve vodě,
- průnik suspenzí do filtrátu je hodnocen podle požadavků jakosti přefiltrované vody.

Filtry rozdělujeme:

- pomalé filtry,
- otevřené rychlofiltry,
- tlakové filtry,
- náplavné filtry.
- Pomalá biologická filtrace (Anglická)

##### 1. Pomalé biologické filtry

Sestávají se z filtrační vrstvy tvořené pískem a podkladní vrstvy. Přefiltrovaná voda se odebírá pomocí drenážního systému na dně. Funkce filtru spočívá v tom, že na povrchu jemného písku se vytvoří do hloubky 1 až 2 cm biologická blána, silně oživená mikroorganismy. Na tuto blánu se adsorbují koloidní látky. Organické látky jsou při tom mineralizovány činností mikroorganismů.

Filtrační rychlost je asi  $5 \text{ m.den}^{-1}$ , filtrační cyklus je dlouhý 1 až 3 měsíce.

##### 2. Rychlofiltry otevřené

Tyto nejčastěji užívané filtry jsou dvojího typu americké a evropské. Liší se zrnitostí náplně, která má největší vliv na účinnost filtrace. Kvalitnější filtrát je získán filtrací jemnější náplní. S menší zrnitostí filtračního materiálu rychleji rostou tlakové ztráty, a proto musí být filtrační cyklus z hlediska překročení povolených tlakových ztrát ukončen dříve. U hrubších zrn, kdy je nižší tlaková ztráta a nižší účinnost filtrace než při stejné výšce náplně jemnějších zrn, můžeme naopak očekávat rychlejší průnik suspenzí do filtrátu, bez vyčerpání

tlakového spádu. Při použití většího zrna je třeba vyššího sloupce filtrační náplně.

### 3. Evropské filtry

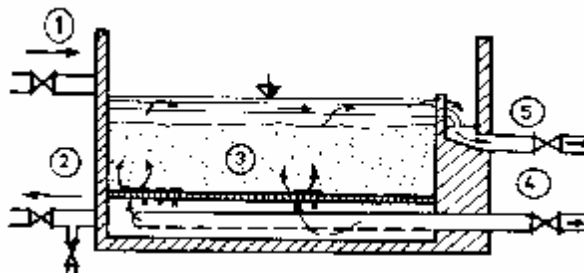
Mají filtrační rychlost 3,6 až 7,2 m.hod<sup>-1</sup>, praní se provádí vodou a vzduchem.

### 4. Americké filtry

Mají filtrační rychlost asi 5 m.hod<sup>-1</sup>, praní pouze vodou.

Obr. 2.15 Schéma otevřeného rychlofiltru

- 1 - přívod vody
- 2 - odvedení upravené vody
- 3 - písková náplň
- 4 - přívod prací vody
- 5 - odvedení prací vody

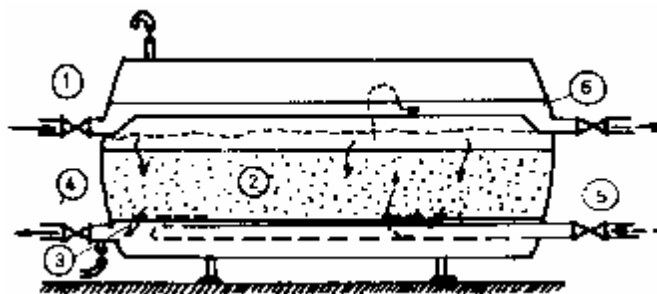


### 5. Tlakové rychlofiltry

Jsou to uzavřené válcové nádrže s vypouklými dny, zhotovené ze svařovaných nebo nýtovaných plechů, nejčastěji stojaté, řidčeji, zvláště pro vysoké výkony ležaté. Praní se obvykle provádí vodou a vzduchem.

Obr. 2.16 Schéma ležatého tlakového rychlofiltru

- 1 - přívod vody
- 2 - náplň filtru
- 3 - zcezozací hlavice
- 4 - odtok upravené vody
- 5 - přívod prací vody
- 6 - sběrný žlab (odtok kalu)



### 6. Náplavné filtry

Při náplavné filtraci se do vody před filtr dávkuje jemně zrněný pomocný filtrační materiál: křemelina, perlit, bentonit, práškové aktivní uhlí, atd. Tento pomocný materiál se hromadí na pevné přepážce a vytvoří filtrační koláč. Tento filtrační koláč pak funguje jako vlastní filtrační element.

#### 2.3.3.5 Hygienické zabezpečení vody

Posledním technologickým postupem při výrobě pitné vody, jak z vody povrchové tak podzemní, je zabezpečení vody po stránce zdravotní. Za tím účelem se používají různé dezinfekční prostředky, které musí vodu zabezpečit proti přenášení infekčních onemocnění a zaručit tak její trvalou bakteriologickou nezávadnost.

##### • Chlorace a chloraminace vody

Největší význam pro centrální zásobování pitnou vodou má hygienické zabezpečení pomocí chloru nebo látek, které aktivní chlor uvolňují. Množství chloru, běžně potřebné k vlastní dezinfekci, se pohybuje v rozmezí 0,2 až 1 mg.l<sup>-1</sup>. Závisí na jakosti vody, teplotě a době styku dezinfekčního prostředku s vodou. Obsah volného aktivního chloru v pitné vodě u spotřebitele by se měl

pohybovat v rozmezí 0,1 až 0,3 mg.l<sup>-1</sup>. Nesmí však podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 376/2000 Sb. Klesnout pod 0,05 mg.l<sup>-1</sup>. Dle místa zařazení v celém procesu výroby pitné vody rozeznáváme několik způsobů chlorace:

- Prostou chloraci, předchloraci, dochlorování, předchloraci a dechloraci a chloraminaci.
- Oxidace použitím oxidu chloričitého
- Ozónizací vody – dezinfekce ozónem

Ozón se připravuje ze vzdušného nebo čistého kyslíku elektrickým výbojem při vysokém napětí. Ozón, se může rychle rozkládat za odštěpení kyslíku. Vznikající kyslík má pak ve stavu zrodu značnou oxidační účinnost.

Výhodou dezinfekce ozónem je značná dezinfekční účinnost a podstatné zlepšení sensorických vlastností vody. Oxidačních účinků ozonu lze využít k odbarvování, odželezování, odmanganování a k oxidaci některých toxických ve vodě přítomných látek. Nevýhodou jsou však velké energetické náklady při vlastní výrobě ozonu a u více znečištěných vod i jeho rychlá spotřeba. Ozon je jako dezinfekční a oxidační prostředek podstatně účinnější než např. chlor.

#### Ostatní způsoby dezinfekce

Z dalších způsobů dezinfekce je třeba uvést použití ultrafialového záření a radioaktivního záření.

#### 2.3.3.6 Odkyselování

Odkyselování vod je technologický proces, při kterém se z vody odstraňuje agresivní oxid uhličitý. Setkáváme se s ním při úpravě podzemních vod na vodu pitnou nebo provozní, mnohdy bývá řešen spolu s odželezováním a odmanganováním. Odstraňování agresivního oxidu uhličitého se provádí zejména z důvodu jeho korozivních účinků na kovové a betonové konstrukce, ale i z důvodů hygienických. Odkyselování se provádí způsobem mechanickým nebo chemickým. O volbě toho kterého způsobu rozhoduje chemické složení vody.

#### 2.3.3.7 Odželezování a odmanganování

Železo a mangan se vyskytují v podzemních vodách, vzhledem k nízkým koncentracím kyslíku, především ve formě hydratovaných kationtů Fe<sup>2+</sup> a Mn<sup>2+</sup>. Tyto prvky je nutné z pitné vody odstraňovat, protože způsobují nežádoucí nárůsty v potrubí, zároveň mají negativní vliv na chuť a vůni vody. Železo se v podzemních vodách vyskytuje v koncentracích obvykle do 7 mg.l<sup>-1</sup>.

Principem odstraňování železa a manganu z podzemních vod je jejich převedení z rozpustné formy na nerozpustnou. Železo do formy Fe(OH)<sub>3</sub> a mangan do formy MnO(OH)<sub>2</sub> nebo MnO<sub>2</sub>.

Technické způsoby odželezování a odmanganování jsou:

- metody oxidační (vzdušným kyslíkem rozpuštěným ve vodě, chlorem, manganistanem draselným nebo ozónem),
- alkalizace hydroxidem vápenatým,

- kontaktní odželezování a odmanganování na písku preparovaném vyššími oxidy manganu,
- odstranění železa a manganu z organických komplexů čiřením,
- odželezování a odmanganování v horninovém prostředí.

### 2.3.4 Kalové hospodářství

Kalové hospodářství úpraven vody zahrnuje problematiku zahušťování, odvodnění a likvidace kalů, které jsou odváděny ze separačních stupňů úpravy. Hrubé nečistoty separované na česlích jsou hrubozrnné a mají malý obsah vody. Kaly ze zahušťovacích prostorů usazovacích nádrží a čířičů mají vločkovitý charakter a tvoří 70 až 90 % veškerých kalů z úpravy vody. Kaly z praní filtrů obsahují velké množství vody (více než 99 %), a jejich struktura je vločkovitá. Produkované množství kalů z úpravny vod je závislé na kvalitě surové vody, zvolené technologii úpravy a dávkování chemikálií. Poněvadž obsah vod ve vodárenských kálech se pohybuje v rozmezí 94 až 99 %, má značný význam proces zahušťování kalů. Účelem tohoto procesu je snížení obsahu vody ve vločkách a dosažení co největší možné koncentrace suspendovaných látek tak, aby odvodněný kal měl plastickou nebo tuhou konzistenci.

Způsoby odvodňování čistírenských kalů se dělí na:

- Zahušťování sedimentací - (kalová pole, kalové laguny, zahušťovací nádrže) nebo flotací.
- Strojní odvodňování
- Stojní odvodňování lze dále rozdělit na odvodňování:
  - Prostou filtrací
  - Vakuovou filtrací
  - Filtrací na filtračních lisech (kalolisech, tlakových pásových filtrech).

Pro zlepšení filtračních vlastností vodárenských kalů se kaly většinou musí upravovat buď fyzikálními způsoby (ohřev, vymrazování, ultrazvuk) nebo chemickými způsoby (přídavkem chemikálií nebo pomocných flokulantů).

Vodárenské kaly je také možné uskladňovat například v lomech po ukončení činnosti, dolech nebo odkalištích, případně likvidovat vyjímečně na ČOV.



## 2.4 Stokování

### 2.4.1 Základní pojmy:

Základem je NORMA ČSN 75 61 01 – STOKOVÉ SÍTĚ A KANALIZAČNÍ PŘÍPOJKY



Kanalizace zahrnuje zařízení, které odvádí a čistí Odpadní vody (i ČOV)

Stokové síť (SS) je součástí kanalizace bez ČOV. Zabezpečují zachycování a odvádění Odpadních vod z oblasti.



Stokování je vědní obor zabývající se navrhováním, stavbou a provozem Stokových sítí.



Integrovaný systém odvodnění (ISO) je nutné řešit komplexně. Součástí ISO jsou:

- Urbanizovaná oblast; stoková síť včetně objektů; ČOV a recipient

## 2.4.2 Druhy odpadních vod:

Odpadní vody se dělí na tyto základní typy:

**Splaškové odpadní vody** (splašky) jsou odpadní vody z domácností, hygienických zařízení, objektů společného stravování, ubytování apod. Neobsahují průmyslové odpadní vody.

**Dešťové odpadní vody** jsou odpadní vody které jsou přicházející na povrch území ve formě atmosférických srážek .

**Infekční odpadní vody** jsou odpadní vody odcházející z nemocnic (vody z operačních sálů, patologií a další, léčeben a sanatorií, výzkumných ústavů atd. Nesmějí být vypouštěny do veřejné kanalizace.

**Průmyslové odpadní vody** jsou vody použité a znečištěné při výrobním procesu (včetně vod chladících), které jsou ze závodu vypouštěny a pro daný proces již nejsou použitelné. Řadí se mezi ně i odpadní vody ze zemědělství.

Přítok odpadní vody do čistírny a jeho složení kolísají během dne, týdne i roka. Maxima a minima závisejí na způsobu života obyvatelstva, na počtu průmyslových závodů, na počtu pracovních směn apod.

## 2.4.3 Odpadních vody, které se nesmějí vypouštět do Stokových sítí:

- Odpadní vody obsahující materiály narušující stokové sítě
- Odpadní vody ohrožující bezpečnost obsluhy
- Vody teplejší než 40°C, infekční OV, vody obsahující jedy a těžké kovy, obsahující hořlavé, výbušné či těkavé látky, radioaktivní látky.
- Látky způsobující provozní závady
- Látky rychle sedimentující (ucpávají stokové sítě)
- Odpadní voda s obsahem látek, které se nalepují, nabalují nebo tvoří těžké soudržné sedimenty.

## 2.4.4 Stokové soustavy dle uspořádání: (většinou kombinace)

Systém je z velké části topologicky předurčen, souvisí to se sklonem, polohou recipientu, poloze urbanizovaného celku, energetickou bilancí a řadou dalších faktorů... Viz obr. 2.17.

a) Větvný systém (většina systémů)

V členitých území s nepravidelnou zástavbou, vedou nejkratší cestou do kmenové stoky a do ČOV

b) Pásmový systém

Pro odvodnění rozsáhlejších území s většími výškovými rozdíly. Většinou vedeno menším sklonem v několika pásmech do sběrače s větším sklonem

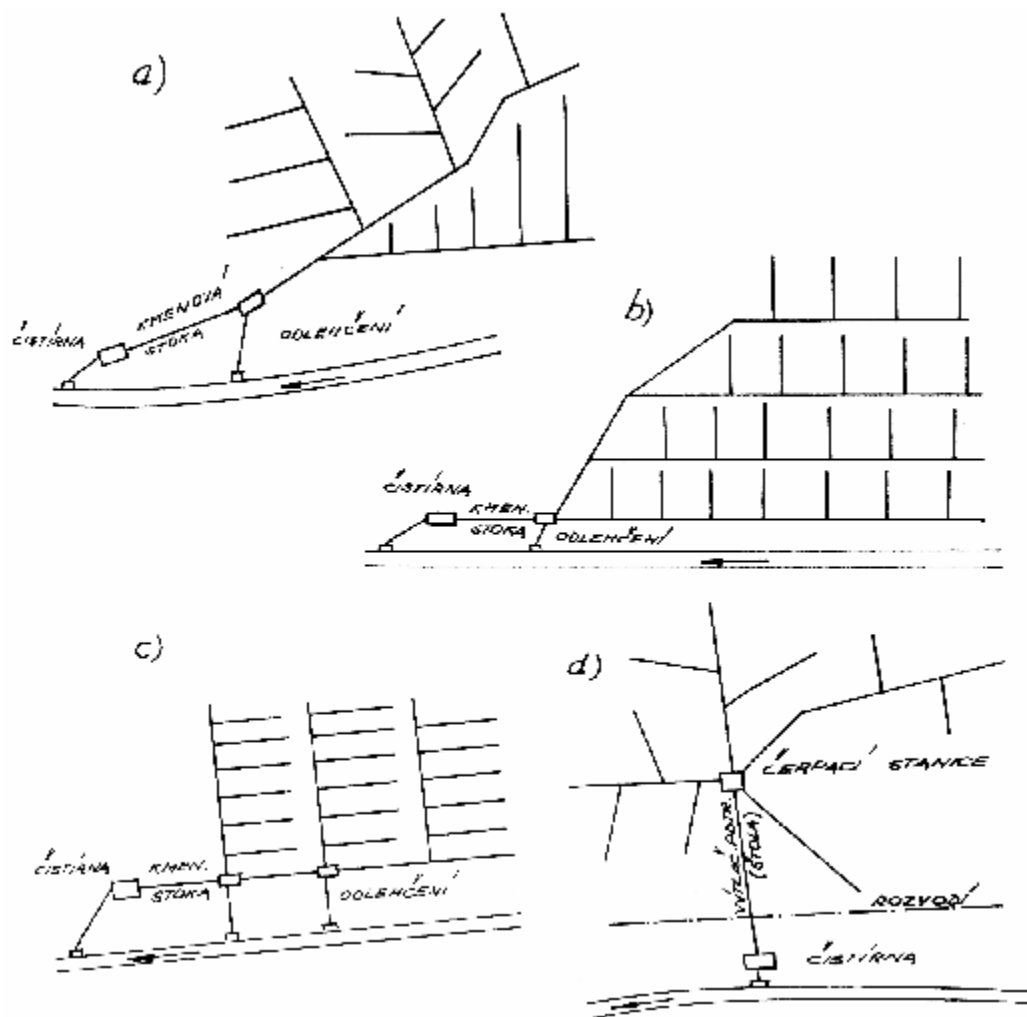
c) Úchytný systém

Navrhujeme v plochých říčních údolích

Na kmenových stocích vedené podél řeky sběrače s odlehčovacími komorami.

d) Radiální

Většinou pro odvodnění uzavřených kotlin - Voda se stahuje do nejnižšího místa, odtud přečerpávání nebo vedení protlakem převáděné do ČOV



Obr. 2.17. Uspořádání systémů

## 2.4.5 Stokové soustavy:

### 2.4.5.1 Gravitační kanalizace

- Oddílná stoková soustava

Jednotlivé druhy odpadních vod jsou odváděny samostatnými systémy. Nevýhodou je nebezpečí, že některé znečištění z dešťové stokové sítě unikne.

- Jednotná stoková soustava

Odvádíme jednotlivé druhy odpadních vod do společné sítě. Pro dimenzování je důležité množství dešťových OV. Nevýhodami jsou moc velké průměry (DN), nutnost dělat dešťové odlehčovače a při velkých deštích může uniknout přes odlehčovací komory větší znečištění než u oddílné stokové soustavy.

- Polooddílná soustava

Odlišuje znečištěné a neznečištěné odpadní vody. Znečištěné vody zaústěny do splaškové sítě. Neznečištěné vody - vody z čistých střech a prostranství, se vypouští do dešťové sítě, která nemá tolik prvků pro čištění

### 2.4.5.2 Zvláštní způsoby odkanalizování

- Podtlaková (vakuová) kanalizace
- Tlaková kanalizace

## 2.4.6 Stanovení návrhového průtoku odpadních vod:

### 2.4.6.1 Množství splaškových odpadních vod

- Nejdůležitější pro dimenzování stokových sítí oddílné stokové soustavy
- Určujeme **měřením** na obdobných lokalitách či **výpočtem** odvozeným dle stanoveného množství potřeby vody.
- **Stanovení max.množství splaškových vod:** Z průměrného denního průtoku splaškových vod, vydělením počtem hodin a vynásobením součinitelem max.hodinové nerovnoměrnosti (s růstem počtu obyvatel klesá).
- **Stanovení min.množství splaškových vod** – Důležité pro stanovení minimální unášecí síly, s rostoucím počtem obyvatel roste (<1).
- **Dimenzování Splaškové sítě** – Dimenzujeme na dvojnásobek  $Q_{max}$ .
- Dle platné normy vyprodukuje jeden člověk cca 60 g organických látek za den. Podělíme-li toto množství spotřebou vody, dostaneme znečištění.

### 2.4.6.2 Výpočet dešťových odpadních vod

- Důležité pro návrh Dešťových sítí u oddílných soustav a pro dimenzování jednotných SS. Rozhodující jsou krátkodobé místní přívalové deště.

- Vycházíme z údajů z **Dešťoměrných pozorování**, při kterých zjišťujeme množství, trvání, průběh a rozlohu přívalových srážek.
- Vydatnost  $i_t = dh / dt$  [ $l.s^{-1}.ha^{-1}$ ] ( $1 \text{ mm.min}^{-1} = 166,6 \text{ l.s}^{-1}.ha^{-1}$ ), h - srážková výška (v mm) t – doba srážky (v minutách)

Zdroje pro výpočet řady dešťů:

- Zdrojem údajů je Hydrometeorologický ústav, popořípadě se stále užívá tabulka Intenzity krátkodobých dešťů (Trumpl, 1958)
- Při výpočtu se aplikují při prosté součtové metodě a racionálních metodách (Bartoškova metoda) pro města nad 5 000 sestupné náhradní řady s periodicity 0,5, pro města pod 5 000 obyvatel řady periodicity 1,0.
- Všechny používané deště jsou deště **Návrhové**.
- **Návrhové – zatěžovací deště** - pro potřeby návrhu a posuzování sítí eventuelně jako podklady pro řízení stokových systémů – řízení v reálném čase RTC (real time control):
  - 1) Náhradní uspořádané sestupné řady,
  - 2) Syntetické deště,
  - 3) Charakteristické deště,
  - 4) Historické řady dešťů,
  - 5) Reálné deště.

Při výpočtu:

- **Totální retence** - povrch, který není zahrnut do výpočtu odtoku do stokové sítě
- **Splaškové sítě** se navrhují na splaškové a komunální vody.
- **Pro jednotnou stokovou síť** je rozhodující pro dimenzování množství dešťových vod.
- **Splaškové vody** u jednotné sítě se započítávají jenom v případě, že je jejich množství větší než 10% vypočteného množství dešťových vod v jednotné stokové síti.

Výpočet množství odtékající vody:

A) Výpočet plochy povodí jednotlivých stok

- 1) Metoda Střech
- 2) Hydrologická metoda

B) Výpočet součinitele odtoku  $\Psi$

- Součinitel odtoku vyjadřuje poměr odteklé dešťové vody ke skutečně spadlému množství vody.
- Odtok závisí na vlastnostech povrchu, sklonu území, klimatických poměrech, na intenzitě trvání deště a dalších vlivech.
- Při zpracování návrhu musíme stanovit **Průměrné (střední) součinitele odtoku**.

C) Výpočet územní retence (u Racionálních metod)

- Odtok nastává až chvíli po dešti, kdy se na povrchu vytvoří tenká vrstvička vody. Množství takto zachycené vody závisí na sklonu, propustnosti půdy, nerovnosti terénu atd.

1) **Strukturální retence**

- Závisí na struktuře povrchu a uplatňuje se na začátku deště, než nastane povrchový odtok

2) **Lokální retence**

- Dána členitostí povrchu, uplatňuje se déle i po povrchovém odtoku.

Stanovení návrhového průtoku dešťových odpadních vod:

1) **Prostá součtová metoda**

- Průtok spočítáme:  $Q_i = \Psi_i \cdot S_i \cdot i_{15}$ , kde
  - $\Psi_i$  je součinitel odtoku,
  - $S_i$  plocha odkud je odváděna voda
  - $i_{15}$  je intenzita 15-ti minutového deště

2) **Obecná racionální metoda**

- Obecný název pro metody používající principy tzv. Kritické srážky
- Kritická srážka je odvozená z **Kritické doby** toku částice z okraje urbanizovaného území. **Kritická doba** je nejdelší doba toku částice stokovou sítí do posuzovaného (kritického) profilu z okraje území

3) **Bartoškova metoda** (upravení obecné racionální metody dle ČSN – používáme v ČR)

- Česká modifikace Racionální metody daná normou

## 2.4.7 Mezní sklony a rychlosti ve stokových sítích:

Při velkých rychlostech (sklonech) dochází k porušení stok, naopak při nízkých rychlostech dochází k příliš velkému usazování ve stokách

2.4.7.1 Minimální sklon:

- Kritérium unášecí síly:

Nejmenší sklon gravitační stoky má být takový, při kterém hodnota  $1/m$  výpočtového průtoku vyvolá v návrhovém stokovém průřezu unášecí sílu min.  $4 \text{ Pa}$ .

$$T_u = r \cdot g \cdot R \cdot J \text{ [Pa = N/m}^2\text{]}$$

kde  $r$  je měrná hmotnost dopravované suspenze,  $R$  – hydraulický poloměr a  $J$  – sklon

- Orientační návrh  $J[\text{‰}] = \frac{1631}{D[\text{mm}]}$  (u nekruhových stok je  $D$  šířka stoky)

- Imhoffovo kritérium: Za minimální sklon je považován takový sklon, v kterém při 100% plnění má rychlost 1 m/s.

#### 2.4.7.2 Maximální sklon a maximální rychlost:

- Dle normy je max. rychlost  $v_{\max} = 5 \text{ m/s}$  pro betonové a ŽB potrubí,
- V potrubích a objektech z odolných materiálů (kamenina, litina, čedič, sklolaminát, plasty atd.)  $v_{\max} = 10 \text{ m/s}$ .

### 2.4.8 **Trubní materiály na stokových sítích:**

Při navrhování vhodných materiálů se snažíme zaručit vodotěsnost, malá drsnost, odolnost proti vnitřním a vnějším chemickým vlivům a zarůstání, odolnost proti korozi a odolnost proti dynamickému a statickému namáhání. Mezi základní materiály pro výstavby stokových sítí patří především:

- Beton

Spoj na hrda s těsněním pryžovým kroužkem, dnes používán i pro splaškové vody

- Železobeton

Trouby z kvalitního betonu a nepředpjatou výztuží, mají řadu modifikací. Spojují se na pero + drážku či dnes na integrovaný spoj.

- Kamenina

Je nejkvalitnější, nejdéle vydrží, musí být dobře proveden spoj. Je odolná proti chemismu, vyrábí se z jílu vypalováním. Dříve spojovány temováním, dnes na integrovaný spoj

- Litina

Je odolná proti obrusu a špatnému uložení. Spojuje se integrovaným spojem.

- Plastické materiály

Existuje mnoho modifikací a používají se různé materiály - rPE (rozvinutý polyetylén), IPE (lineární polyetylén), PVC (polyvinylchlorid), Novodur, sklolaminát, Polycetr (beton, místo cementu je pryskyřice).

**Nebezpečí** při použití plastického potrubí - při špatném uložení se může změnit tvar na oválný – mohou vznikat trhliny, mají menší odolnost proti tlakům, vodotěsnost.

- Tavený čedič
- Ostře pálené cihly – není prefabrikovaný materiál a další.

#### **Minimální profily potrubí**

- pro beton a železobeton  $DN \geq 300$
- kamenina a modifikované materiály  $DN \geq 250$
- Profil průlezný  $DN \geq 800$
- Profil průchozí  $DN \geq 1\,500$

## 2.4.9 Objekty na stokových sítích:

Slouží k zajištění správné funkce a pohodlnému vykonávání všech prací při kontrole, čištění a údržbě objektů a stok. K výstavbě objektů se používá prostý beton, železobeton, kanalizační cihly nebo prefabrikátové dílce

### 2.4.9.1 Šachty (vstupní)

Slouží k správě a údržbě, revizi, čištění a větrání stok. Stokové sítě musí být větrány přípojkami nebo poslední šachtou

### 2.4.9.2 Spojné objekty

Jsou to objekty na stokových sítích, které slouží ke spojení více než dvou potrubí. Umožňují vyrovnání výškového rozdílu dvou stok a změnu profilu příčného profilu stoky. Ve spojné šachtě je možno napojit dvě nebo tři potrubí do DN 500 a jedno odtokové potrubí do DN 600 mm. Pro větší počet potrubí je nutno zřízení **spojných komor**.

Opačnou funkci mají **Rozdělovací komory** – při různé délce větví je možno docílit snížení max. průtoku vody

### 2.4.9.3 Spadiště

Při snížení sklonu (větších výškových rozdílech), kdy by byly překročeny max. povolené rychlosti. Rozdělení na 2 části – šachtu a potrubí (převádějí splaškové vody v době bez deště). Je to jakási kombinace šachty se spádovým stupněm

Jsou typizována pro kanalizační potrubí DN 250 – 600

### 2.4.9.4 Skluzy

Slouží k překonání velkého sklonu, kdy se rychlosti pohybují až do 10 m/s. Je nutné je dělat z odolného materiálu (kameniva, železobetonové stavby obložené čedičem či kameninou atd.).

Vyskytuje se zde provzdušněný proud, čímž dochází ke zvednutí objemu, je nutné předimenzovat

### 2.4.9.5 Proplachovací objekty

- Šachty

Dříve u stok s malým sklonem, stavítka se spustí, uzavře se stoka, nadrží se voda a pak se pustí, vznikne dostatečná unášecí síla.

- Komory (dnes se nenavrhují, jsou příliš drahé)
- Možnost zvedat průtok přímo z recipientu

### 2.4.9.6 Vpusti:

- **Uliční vpusti** (dle samostatné normy, ve vzdálenostech 40-60 m)
- **Chodníkové vpusti** (pokud se vpust nedá umístit v silnici)

- **Horské vpusti** (Pro sklony nad 8%, jsou kryté dvojitou mříží)

#### 2.4.9.7 Lapáky splavenin:

Jedná se o kamenný zához. Umísťuje se na horní konec stokových sítí, kde je nebezpečí splavenin (na hranici extravilánu).

#### 2.4.9.8 Kanalizační podchody pod komunikacemi:

Umísťují se při křížení stoky s drahou a silničními komunikacemi. Platí pro ně zvláštní normy. Je zde velmi znát sedání a je potřeba navrhovat podchod s rezervou. Potrubí umísťujeme do chrániček nebo obetonováváme ho.

Musí se začínat a končit šachtou (u průlezných stok stačí na jedné straně).

#### 2.4.9.9 Shybky (sifóny):

Jsou to objekty na stokových sítích, sloužící k převedení odpadních vod pod překážkami, kdy je niveleta stoky ve stejné úrovni jako překážka a nelze ji snížit, aniž by voda protékala ve stoce gravitačně s volnou hladinou. Používáme litinové, ocelové, kameninové, z plastických hmot železobetonu a dalších materiálů, které se obvykle obetonovávají.

Shybky dle hydraulického hlediska dělíme na úplné a neúplné a dle počtu ramen na jednoramenné a víceramenné.

#### 2.4.9.10 Kanalizační přípojky:

Kanalizační přípojky musí mít každá nemovitost. Minimální DN pro přípojku je 150 mm, minimální sklon 1‰ pro DN 200 a 2‰ pro DN 150. Přípojky se nezaústňují se do šachet – jen výjimečně. Do kanalizace se zaústňují pomocí kanalizačních vložek. Pokud je DN větší než 250 mm možno zaústit do šachet. Zaústňují se nad střední hladinou průtoku a vychází z nejnižšího podlaží nemovitostí. Přípojka patří po hranici objektu VAKu, a za hranicí patří majiteli.

### **2.4.10 Odlehčovací komory (OK) = dešťový oddělovač (DO):**

Odlehčovací komory patří mezi nejdůležitější a nejsložitější objekty na stokové síti. Jedná se o přímé spojení stokové sítě s recipientem. Osazují se na jednotné stokové síti. V provozu jsou pouze v době deště.

Na větších a středních stokových sítích se dělají většinou odlehčovací komory se škrťací tratí. Velké odlehčovací komory je nutné ověřit modelovými zkouškami. Při návrhu OK - vychází z obecné hydrauliky. Navrhují se na násobek či poměr ředění  $Q_{24}$ , eventuálně na tzv. mezní intenzitu (mezní odtok).

Velmi důležitá kontrola a obsluha odlehčovacích komor!!!

#### 2.4.10.1 Dělení odlehčovacích komor:

OK dělíme dle typu přepadu, konstrukce a charakteru odvádění vody.

#### 2.4.10.2 Základní dělení OK:

Bez škrťací tratí a ze škrťací tratě (úsek, kde dochází k tlakovému proudění)

#### 2.4.10.3 Přepady v OK (vychází z topologie sítě):

- Přímý (kolmý; šikmý; obloukový; lomený)
- Boční jednostranný (s přímou hranou, s šikmou hranou a s obloukem)
- Boční oboustranný – s přímou hranou

#### 2.4.10.4 Další typy odlehčovacích komor:

- Kapacitní; štěrbínová; etážová odlehčovací komora

### 2.4.11 **Dešťové nádrže DN:**

#### 2.4.11.1 Důvody navrhování Dešťových nádrží:

Snažíme se zachytit nečistoty v první vlně dešťového odtoku. Vsazují se tzv. akumulací články – dešťové nádrže. S Odlehčovacími komorami představují velmi důležitý prvek na stokových sítích. Jejich funkcí je zejména:

- Vyrovnání špičky odtoku (průtočných křivek na stokových sítích)
- Zachycuje první vlnu znečištění

#### 2.4.11.2 Základní rozdělení dešťových nádrží:

Existují 4 základní typy (viz norma Dešťové nádrže). Uváděné členění je pouze orientační, většina nádrží je kombinací těchto typů.

##### 1) **Průtočná nádrž PN**

Společně s odlehčovací komorou, většinou tam, kde se nepředpokládá špičkový průtok znečištění a výrazný přítok znečištění v první vlně. Mají retenční i čistící funkci. Je neustále v provozu, při naplnění se odlehčuje určité množství odpadní vody do recipientu

##### 2) **Záchytná nádrž ZN**

Osazují se tam, kde v první fázi odtoku předpokládá nevýrazné znečištění. Nádrž se začíná plnit po začátku deště, po naplnění proudí voda z odlehčovací komory do recipientu. Jsou dimenzovány na prvních 10-20 minut pro zachycení maximálního množství nečistot v první fázi dešťové epizody.

##### 3) **Usazovací nádrž UN**

Projektuje se v bezprostřední blízkosti ČOV, sediment se vyklízí popřípadě se zachycená odpadní voda čerpá na ČOV.

##### 4) **Retenční nádrž RN**

Používá se tam, kde je nutné zabránit přítoku OV do recipientu popřípadě pro zachycení špičkových průtoků z kapacitních důvodů. Zachycují celý

hydrogram průtoku. Obvykle se používá u starších stokových sítí při zvýšení množství odpadních vod protékajících

5) **Zvláštní dešťové nádrže** – např. na odlehčovací stoce

#### 2.4.11.3 Dimenzování dešťových nádrží

Základní princip vychází z diferenciální rovnice prázdnění a plnění nádob

Výpočet:  $(Q_p - Q_0) \cdot dt = dV \Rightarrow (Q_p - Q_0) \cdot Dt = DV$

- Dimenzování zjednodušeným způsobem – výpočet V z grafu pro závislost **q** na **t**.

#### 2.4.11.4 Konstrukce dešťových nádrží

Většina DN je betonová, zakrytá, ale budují se a provozují i velké otevřené přirozené nádrže. Návrh probíhá dle normy ČSN 75 62 61 – Dažďové nádrže.

Důležité je vyklízení nádrže. Nádrže mají být vypouštěny do 8 hodin po skončení srážkové epizody, která způsobila naplnění. Po každé epizodě musí následovat vypuštění.

#### 2.4.11.5 Zapojení dešťových nádrží do stokových sítí:

- V hlavní trati
- Ve vedlejší trati

### **2.4.12 Vodotěsnost a zkoušení vodotěsnosti nových stokových sítí:**

#### **2 důležité aspekty pro zkoušení vodotěsnosti:**

- Vyšší horizont spodní vody – dochází k průsaku vody do stoky, ta pak funguje jako drenáž – výskyt tzv. Balastních vod – ochlazují OV, ředí znečištění, zvětšují objemy DN.
- Štola je nad horizontem spodní vody – ohrožení kvality podzemní vody

Zkoušky se provádějí, dokud není stoka zasypaná. Platí návrh normy ČSN 73 67 16 – Zkoušení vodotěsnosti stok. O zkoušení vodotěsnosti rozhoduje smlouva mezi zhotovitelem a investorem.

#### 2.4.12.1 Zkouška vodotěsnosti se musí povinně vykonat:

Pokud stoka prochází v blízkosti zdroje pitné vody, odvádí radioaktivní vody, odvádí průmyslové odpadní vody silně kyselé, nebo odpad s vysokým obsahem síranů, jedů, nebo ropných látek, slouží stoka k samostatnému odvádění odpadních infekčních vod, je stoka uložena pod hladinou podzemní vody, u objektů velmi těžce přístupných a kontrolovatelných za provozu, nebo pokud jsou dodatečné úpravy příliš nákladné či pokud to vyžaduje příslušný vodohospodářský orgán.

Většinou se zkouší i objekty, nejhorší jsou napojení na objekty a spoje trubek.

Ke zkoušce používáme vodu bez hrubých nečistot. Před vlastní zkouškou je nutné naplnění stoky vodou pro navlhčení a odvzdušnění stoky. Po uplynutí doby potřebné k nasáknutí se stoka prochází, zda nedochází k orosování či tečení vody, nebo ke statickým poruchám na stoce či objektech. Pokud stoka nevyhoví je nutná rekonstrukce sítě.

### **2.4.13 Obsluha a údržba stokových sítí (ON 73 67 15)**

#### 2.4.13.1 Obsluha

Jedná se o všechny úkony spojené s provozem stokové sítě. Nevhodná obsluha se projevuje až havárií

#### 2.4.13.2 Údržba

Do údržby stokových sítí patří: odstraňování havárií; čištění a opravy

#### 2.4.13.3 Provozní řád (ON 73 67 10 – oborová norma)

Provozní řád je textová a výkresová část, soubor předpisů, pokynů a dokumentace. Musí být zpracován a vychází z Kanalizačního řádu. Zpracovává ho organizace provozovatele.

#### 2.4.13.4 Kanalizační řád

Musí být zpracován pro každou kanalizaci a stanovuje stupeň znečištění OV, látky, které se nesmí vypouštět do stokové sítě, nejvyšší dovolené množství OV a kontrola množství a jakosti vod vypouštěných do kanalizace.

#### 2.4.13.5 Manipulační řády:

Řeší provoz jednotlivých objektů (úseků), nemusí být zpracovány, pokud je stavba menší a vše je zahrnuto v provozním řádu. Důležitý je postup při havárii

#### 2.4.13.6 Revize stok:

Zahrnuje čištění vod, údržbu stok a deratizaci, je při ní nutné intenzivní větrání.

#### 2.4.13.7 Čištění stok:

- Mechanické čištění
- Hydromechanické čištění vysokotlakou mechanizací
- Dříve proplachovou vlnou (proplachovací šachty, proplachovací komory)

### **2.4.14 Netradiční způsoby stokování:**

Navrhují se, když nevyhoví klasická kanalizace (příliš velké náklady, náročnost stavby, nevhodné sklony, omezené prostory pro umístění atd.).

#### 2.4.14.1 Podtlaková kanalizace (Vakuová): ČSN EN 16 71

Starší než tlaková (více než 100 let), hodí se spíše pro větší systémy. Navrhujeme ji hlavně v plochem území s roztroušenou zástavbou či v ochranných pásmech vodních zdrojů.

Síť je udržována pod podtlakem 0,06 – 0,07 N/mm<sup>2</sup>. V celém systému se pohybuje směs vody a vzduchu rychlostí 7-9 m/s.

##### Skladba systému:

- Gravitační přípojka
- Sběrná šachta (šachtice) – shromažďuje vodu z přípojek, po naplnění je OV odčerpána
- Podtlakový ventil
- Podtlaková kanalizační síť
- Podtlaková stanice (vytváří se v ní podtlak)

Podtlaková kanalizační síť je dělána tak, že při poklesu podtlaku voda steče do zubů – vytvoří se zátka z vody, která je vytlačena dál po dalším otevření ventilu. Podtlakový ventil většinou spíná na principu podtlaku nebo elektrickým spínáním (při zaplnění šachtice OV). V kanalizaci vzniká anaerobní stav (na rozdíl od tlakového systému)

V rovině je zdvih 10-40 cm, existuje pouze větevnatý systém.

Tvar sítě podtlakové kanalizace: zubovitý vlnový a systém s kapsami

##### Návrh sítě:

- Ve skloněném terénu se sklonem jako je terén
- Boční řady se napojují v úhlu 45° a spojují se lepením

Podtlakové stanice se skládá většinou z podtlakové nádoby, zdroje podtlaku (vývěva), výtlačného čerpadla pro dopravu na ČOV a záložního zdroj el.energie

#### 2.4.14.2 Tlaková kanalizace: ČSN EN 10 91

Tlaková kanalizace je jednodušší z hlediska provádění. Čerpadla jsou umístěna u jednotlivých domů nebo u skupiny domů, většinou napojeny na domovní elektrický proud. Existuje gravitační a tlaková část domovní přípojky.

##### Části tlakové kanalizace:

- Domovní kanalizace
- Domovní čerpací jímka
- Tlaková kanalizační přípojka
- Tlakové kanalizační řady
- V případě potřeby:
  - Veřejná čerpací stanice (u členitějšího terénu)
  - Objekty – vzdušníky, kalníky

- Stanice tlakového vzduchu – slouží k profouknutí, většinou tam, kde kanalizace nevyhoví na minimální unášecí síly

#### Používaná čerpadla:

- Maximálně 5 m tlačná výška, výkon 2-4 l/s
- Odstředivá čerpadla
- Objemová (vřetenová, šneková) čerpadla – dávají stálý průtok
- Odvzdušnění na nejvyšších místech pomocí speciálních ventilů

#### 2.4.14.3 Maloprofilová kanalizace

Malé profily, možné využití Násoskového systému (k překonání částí s opačným sklonem).

## 2.5 Čištění odpadních vod

Odpadní vody jsou vody použité v sídlištích, obcích, domech, závodech, zdravotnických zařízeních a jiných objektech, pokud po použití mají změněnou jakost (teplotu, složení), jakož i jiné vody z nich odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových a podzemních vod (např. odtoky srážkových vod, pokud znečištěné především po povrchovém odtoku).



### 2.5.1 Charakter znečišťujících látek a procesy používané k jejich odstraňování

Znečišťující látky můžeme rozdělit do skupin uvedených v Tab. 2.1. Chceme-li odpadní vodu zbavit všech znečišťujících látek nebo alespoň převážně většiny, musíme obvykle zařadit za sebou několik zcela rozdílných procesů. Řadí se v technologickou linku čištění.

Tab.2.1 Charakter znečišťujících látek v odpadních vodách

| Znečišťující látky |             | Příklady  |
|--------------------|-------------|---|
| Rozpuštěné         | Organické   | Biologicky rozložitelné<br>cukry mastných kyselin |
|                    |             | biologicky nerozložitelné<br>Azobarviva           |
|                    | Anorganické | těžké kovy, sulfidy                               |
| Nerozpuštěné       | Organické   | biologicky rozložitelné<br>škrob, bakterie        |
|                    |             | biologicky nerozložitelné<br>papír, plasty        |
|                    |             | usaditelné<br>celulosa vlákna                     |
|                    |             | neusaditelné<br>bakterie, papír                   |
|                    |             | koloidní<br>Bakterie                              |
|                    |             | plovoucí<br>Papír                                 |
|                    | Anorganické | usaditelné<br>písek, hlína                        |
|                    |             | neusaditelné<br>brusný prach                      |

Procesy používané v technologii čištění odpadních vod jsou shrnuty v následující tabulce.

Tab. 2.2: Procesy čištění odpadních vod

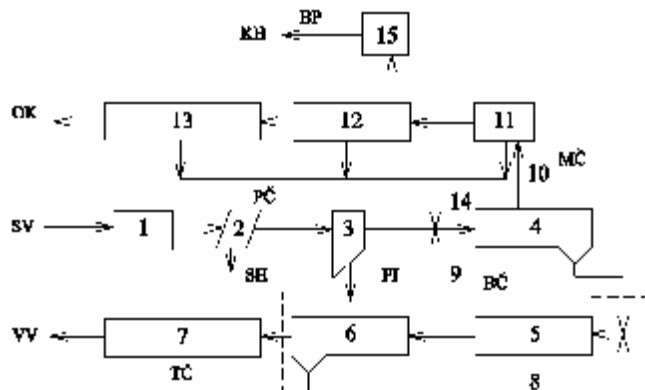
| Procesy                       |                              |                      |
|-------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Mechanické                    | Cezení                       | česle                |
|                               | Usazování                    | usazovací nádrže     |
|                               | Centrifugace                 | centrifugy           |
|                               | Flotace                      | flotační nádrže      |
|                               | Filtrace                     | pískové filtry, síta |
| Chemické a fyzikálně chemické | Čiření                       | koagulace a srážení  |
|                               | Neutralizace                 |                      |
|                               | Oxidace, redukce             |                      |
|                               | Sorpční procesy              | aktivní uhlí aj.     |
|                               | Extrakce                     |                      |
|                               | Výměna iontů                 |                      |
|                               | Odpařování, spalování        |                      |
| Biologické aerobní            | Biolog. filtry               |                      |
|                               | Aktivační proces             |                      |
|                               | Stabilizační nádrže a laguny |                      |
| Biologické anaerobní          | Metanizace                   |                      |

### 2.5.2 Stanovení organických látek v odpadních vodách

Stanovení jednotlivých sloučenin je obtížné, proto se obvykle stanovuje suma všech organických látek pomocí kyslíku spotřebovaného na jejich oxidaci. Metoda využívající chemické oxidace se nazývá **CHSK** (chemická spotřeba kyslíku). Metoda založená na biochemické oxidaci se nazývá **BSK** (biochemická spotřeba kyslíku). Dalším možným skupinovým stanovením všech organických látek je stanovení celkového organického uhlíku **TOC**.

### 2.5.3 Technologická linka středních a velkých čistíren

Blokové schéma technologické linky velkých a středních čistíren městských odpadních vod je uvedeno na Obr.2.1.



Obr.2.18. Blokové schéma technologické linky velkých a středních čistíren městských odpadních vod

SV – surová vody, VV – vyčištěná voda, OK – odvodněný kal, PČ – předčištění, MČ – mechanické čištění, BČ – biologické aerobní čištění, TČ – terciární čištění, KH – kalové hospodářství, PI – písek, SH – shrabky, BP – bioplyn, 1 – lapák štěrku, 2 – česle, 3 – lapák písku, 4 – usazovací nádrž, 5 – aktivační nádrž (či biofiltr), 6 – dosazovací nádrž, 7 – jednotky terciárního čištění (dočišťovací rybník, pískový filtr, atd.), 8 – recirkulace (vrácení aktivovaného kalu), 9 – odtahování, 10 – odtahování směsi aktivovaného a primárního kalu), 11 – zahušťovací a uskladňovací nádrž, 12 – methanizační nádrž, 13 – odvodnění anaerobně stabilizovaného kalu, 14 – odvod kalové vody na začátek čištění, 15 – plynojem pro bioplyn

## 2.5.4 Mechanické čištění odpadních vod

Sem se řadí usazování a zahušťování suspenzí. K usazování dochází při hrubém předčištění odpadních vod, v lapácích písku, v usazovacích, resp. dosazovacích nádržích, kde současně probíhá i zahušťování suspenzí.

### 2.5.4.1 Hrubé předčištění

Cílem hrubého předčištění je odstranění velkých plovoucích nebo vodou sunutých předmětů. Tyto látky by mohly narušovat pracovní procesy vlastního čištění odpadních vod, ale zejména by mohly způsobovat nežádoucí poruchy strojního zařízení. Sem patří lapáky štěrku a česle.

- Lapáky štěrku

V *lapácích štěrku*, které mají význam zejména v období přívalových dešťů, se odstraňují velké a těžké předměty. Je to jímka situovaná těsně před ČOV.

- Česle

Česle jsou určeny k zachycování jak větších předmětů, tak hrubých nerozpuštěných částic. Česle jsou tvořeny řadou ocelových prutů (česlic) různého profilu. Jsou zasazeny do pevného rámu, který je umístěn většinou pod úhlem 30° až 60° v přítokovém žlabu za lapákem štěrku. Podle vzdálenosti mezi česlicemi (průlinami) rozeznáváme česle hrubé (šířka mezi česlicemi větší než 60mm) a jemné (vzdálenost mezi česlicemi menší než 40mm).

Česle jsou zpravidla strojně stírané. Provedení česlí bývá z oceli. Shrabky padají do podstaveného kontejneru nebo na transportní pás. Nejbezpečnějším zpracováním je jejich spalování při teplotách 680° až 780°C. Kromě tohoto způsobu likvidace shrabků se uplatňuje kompostování, skládkování po hygienickém zabezpečení vápnem či chlorovým vápnem a ukládání v kontejnerech.

### 2.5.4.2 Lapáky písku

Lapáky písku jsou zařízení, které slouží k zachytávání suspendovaných, těžkých anorganických látek (písek, úlomky skla atd.) s takovou účinností, aby byla zajištěna ochrana dalších objektů ČOV. Pracuje na principu snížení průtočné rychlosti vody a je navržen tak, aby byly zachyceny částice do velikosti zrn 0,2 až 0,25 mm. Při návrhu lapáku písku platí ustanovení ČSN 756401.

### **Podle směru průtoku vody rozlišujeme následující typy lapáků písku:**

- Lapák písku s horizontálním průtokem (komorový, štěrbínový a lapák písku s kontrolovanou rychlostí)
- Lapák písku s vertikálním průtokem (odpadní voda se přivádí na dno lapáku a odtud stoupá vzestupnou rychlostí. Rychlost nesmí být větší než rychlost, kterou jsou vynášena nejmenší písková zrna. Částice zachycené v lapáku se odstraňují strojně. Půdorys bývá většinou bývá kruhový.
- Lapáky písku s příčnou cirkulací

#### 2.5.4.3 Usazovací a zahušťovací nádrže

Usazování patří k nejrozšířenějším separačním procesům, kde separace tuhých částic je dána gravitací závisující na velikosti a tvaru částice a hustotě kapaliny. Z hlediska usazování je důležitý i charakter suspenze. V technologii vody se rozlišují suspenze tvořené z částic zrnitých a vločkovitých. K vločkovitým suspenzím patří např. biologický aktivovaný kal. Z empirických zkušeností se separují částice o sedimentační rychlosti vyšší než  $10^{-5}$  m/h.

Usazovací nádrže jsou zařízení, které slouží ke gravitační separaci suspendovaných látek obsažených v odpadní vodě. Usazovací nádrže dělíme:

- dle zařazení v technologické lince:
  - a) primární – separace suspendovaných částic z odpadní vody (mechanické čištění)
  - b) sekundární – separace biologického kalu při biologickém čištění (dosazovací nádrže)
- dle tvaru a průtoku v nádrži: pravoúhlé s horizontálním průtokem; kruhové s horizontálním průtokem; kruhové s vertikálním průtokem a štěrbínové usazovací nádrže (s kalovým prostorem)

#### Vybavení usazovacích nádrží

- vtokový objekt: usměrnění vtoku tak, aby nenarušoval laminární proudění v usazovacím prostoru
- odtokový žlab: na obvodu nádrže (u kruhových), či na konci (pravoúhlé)
- zařízení na stírání kalu: shrabovák (mostový, řetězový)

Usazovací nádrže je nutno odkalovat, a to buď nepřetržitě nebo v pravidelných cyklech. Při nedostatečném odkalování kal zahnívá (zhoršuje kvalitu odtoku).

### **2.5.5 Biologické čistírenské procesy**

Základním principem všech biologických čistírenských procesů jsou biochemické oxidačně-redukční reakce. Biologické procesy se člení na procesy **aerobní** (za přítomnosti kyslíku) a **anaerobní** (bez přítomnosti kyslíku).

### 2.5.5.1 Biologické aerobní čištění

Při biologickém aerobním čištění jsou organické látky odstraňovány ze znečištěné vody pomocí směsné kultury mikroorganismů za přítomnosti kyslíku. Nejčastěji používanými způsoby jsou aktivace, biologické filtry (biofiltry) a biologické stabilizační nádrže. Jemně suspendované a koloidní látky jsou z odpadních vod odstraňovány fyzikálními a fyzikálně chemickými pochody. Jde v podstatě o koagulaci a sorpci těchto látek na shlucích mikroorganismů tvořících směsnou kulturu. Látky takto zachycené mohou být dle své povahy buď dále enzymaticky štěpeny, nebo tvoří součást vloček nebo nárostů.

#### **A. Aktivační proces (*Activated Sludge Process, Belebtschlammverfahren*)**

Aktivace je dnes nejpoužívanějším způsobem biologického čištění odpadních vod. Aktivovaným kalem nazýváme směsnou kulturu. Bakterie se vyskytují v aktivovaném kalu ve formě zoogelů. Kromě různých druhů bakterií mohou zde být přítomny také houby, plísňe a kvasinky, nitrifikační bakterie a z vyšších mikroorganismů také různá protozoa, vířníci a hlístice aj. Kvalitativní složení aktivovaného kalu závisí na složení substrátu a na technologických parametrech, při kterých je aktivace prováděna.

Aktivační proces se dá charakterizovat jako biologický proces, kdy mikroorganismy oxidují a mineralizují organickou hmotu (biologicky rozložitelnou). Pochody probíhající při biologickém čištění odpadních vod: část organických látek odstraněných z odpadních vod je zoxidována na  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$  a část se spotřebuje na syntézu zásobních látek a nových buněk.

#### **Technologické parametry aktivačního procesu:**



Doba zdržení  $Q$ : poměr objemu nádrže  $V$  k přítoku odpadní vody  $Q_0$  (neuvažuje se recirkulace)

Objemové zatížení  $B_V$ : hmotnostní množství substrátu přivedené do  $1\text{m}^3$  nádrže za den

Zatížení kalu  $B_X$ : hmotnostní množství substrátu na 1kg celkové nebo organické sušiny kalu za den

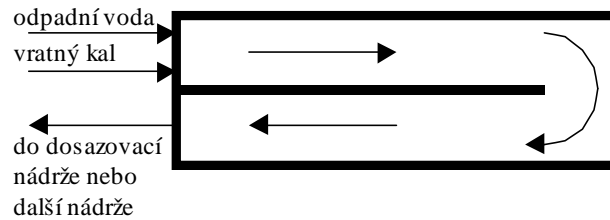
Stáří kalu  $Q_X$ : podíl hmotnosti sušiny kalu v aktivační nádrži a hmotnosti sušiny kalu odebrané denně jako přebytečný kal včetně suspendovaných látek unikajících odtokem

Kalový index  $KI$ : je objem (v litrech) 1 kg sušiny kalu po půlhodinové sedimentaci

#### **Základní typy aktivačního procesu:**

##### **1) Aktivace s postupným tokem**

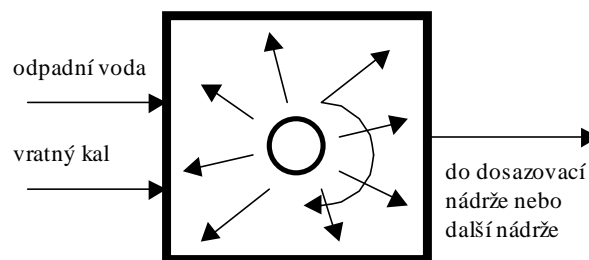
Je realizována dlouhým korytem a relativně malým průtočným profilem. Odpadní voda se mísí s vratným aktivovaným kalem na začátku této nádrže, směs pak jí protéká a opouští ji na druhém konci koryta. Koncentrace aktivovaného kalu v nádrži se podstatně neliší, jeho přírůstek jako výsledek čistícího procesu je nepatrný. Koncentrace rozpuštěných organických látek po délce nádrže směrem k odtoku klesá, stejně jako rychlost spotřeby kyslíku.



Obr.2.19. Aktivace s postupným tokem

## 2) Směšovací aktivace

Je realizována v nádrži, zpravidla čtvercového tvaru, která je provzdušňována a promíchávána. Rozložení koncentrace aktivovaného kalu i rozpuštěného kyslíku je v celé nádrži konstantní. Výhodou je odolnost proti toxickým látkám díky okamžitému zředění koncentrace na přítoku, nevýhodou je skutečnost, že podporuje růst vláknitých mikroorganismů, které mají negativní vliv na usazovací schopnosti kalu.



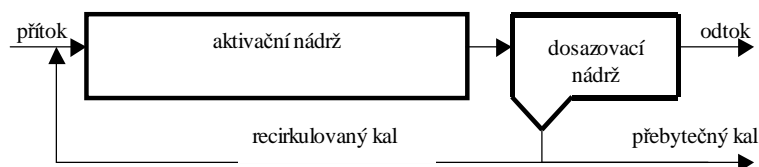
Obr. 2.20. Směšovací aktivace

Vedle uvedených dvou hlavních modifikací aktivace rozlišujeme řadu dalších technologických variant procesu:

- Klasická aktivace

Surová nebo odsazená odpadní vody v množství přitéká do aktivační nádrže, ve které se mísí s recirkulovaným (vratným) kalem. Směs je se intenzivně provzdušňuje tlakovým vzduchem nebo mechanickými aerátory. Recirkulací se dosahuje vyšší koncentrace biomasy v biologickém reaktoru. Po projití směsi aktivační nádrží se aktivovaný kal separuje od vyčištěné vody v separační nádrži (tzv. dosazovací nádrži). Zahuštěný aktivovaný kal se recirkuluje zpět na začátek aktivační nádrže. Odstraňování nerozpuštěných a rozpuštěných organických látek má za následek kontinuální tvorbu nové biomasy, která se ze systému musí periodicky odstraňovat ve formě přebytečného aktivovaného kalu.

Blokové schéma aktivačního procesu:



Obr.2.21. Schéma klasické aktivace

- Odstupňovaná aktivace

Přihlíží k tomu, že rychlost spotřeby kyslíku klesá postupně podél nádrže ve směru průtoku současně s poklesem koncentrace organického znečištění. Proto

se na začátek nádrže umísťuje více provzdušňovacích elementů. Jinak pracuje tento systém při stejných parametrech jako klasická aktivace

- Postupně zatěžovaná aktivace

Vyznačuje se tím, že se odpadní vody přivádí v několika místech podél nádrže, čímž se vyrovná zatížení nádrže, a tím i rychlost spotřeby kyslíku v nádrži.

- Aktivace s oddělenou regenerací kalu

Modifikace vznikla na základě poznatku, že organické látky, zvláště koloidní se odstraňují především adsorpcí. Odpadní voda se v aerační nádrži provzdušňuje s aktivovaným kalem poměrně krátkou dobu (0,5 až 1 h). Z dosazovací nádrže se vede vrtaný kal do regenerační nádrže, kde se provzdušňuje 2 až 4 hodiny. Látky zachycené v kalu jsou oxidovány, přičemž dochází k vyčerpání zásobních látek, a tím se obnovuje adsorpční schopnost kalu a jeho akumulací kapacita. Regenerovaný aktivovaný kal se přivádí zpět do aktivační nádrže.

- Aktivace se zkrácenou dobou zdržení

Má stejné uspořádání jako klasická aktivace, jen doby zdržení jsou kratší.

- Rychloaktivace

Pracuje při zatížení kalu nad  $1\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  a při objemovém zatížení nad  $1,6\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ . Krátkým dobám zdržení odpovídají poměrně malé objemy aeračních nádrží. Kvalita odtoku je však podstatně horší.

- Dlouhodobá aktivace nebo aktivace a aerobní stabilizací kalu

Tento způsob aktivace je má dobu zdržení 24 až 48h, (mnohem delší, než je k dobrému odstranění organických látek třeba). Objemové zatížení (asi  $0,3\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ ) a zatížení kalu ( $0,05$  až  $0,1\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) je velmi malé, takže kal je neustále „podživen“, postupně odumírá a rozkládá se. Přebytečného kalu je velmi málo a je již stabilizován, nemusí se proto dále anaerobně zpracovávat.

#### Zabezpečení dodávky kyslíku do aktivačního systému

Aktivační proces je aerobní proces, při němž jsou organické látky odstraňovány pomocí aktivovaného kalu za kontinuálního přísunu kyslíku. Provzdušňování a promíchávání udržuje aerobní podmínky v aktivační nádrži a umožňuje udržení aktivovaného kalu ve vznosu. Pro optimální poměr musí být rychlost přísunu kyslíku větší nebo roven rychlosti jeho spotřeby.

Reakce v aktivační nádrži spotřebovávající kyslík: oxidace organických látek, syntéza buněčného materiálu, autooxidace buněčného materiálu, nitrifikační pochody.

Do aktivačních nádrží se kyslík přivádí ze vzduchu nebo jako čistý plyn. Obsah nádrží se provzdušňuje stlačeným vzduchem (pneumatické aerace), mechanickými aerátory (mechanická aerace), kombinací předchozích dvou způsobů (kombinovaná aerace), ejektory nebo injektory (hydropneumatická aerace).

#### ***B. Čištění odpadních vod na biofilmových reaktorech***

Charakteristickým rysem biofilmových reaktorů je kultivace biomasy ve formě nárostů – biofilmu, tj. imobilizované na vhodném nosiči. Je účelné rozdělit

biofilmové reaktory podle typu nosiče a podle způsobu jeho kontaktu s odpadní vodou a případně se vzduchem. Biofilmové reaktory můžeme rozdělit do následujících základních skupin.

- 1) Zkrápěné biologické kolony (tzv. biofiltry)
- 2) Ponořené biologické kolony
  - a) s pevným ložem
  - b) s expandovaným a fluidizovaným ložem
- 3) Rotační biofilmové reaktory
  - a) rotační diskové reaktory (RDR)
  - b) rotační klecové reaktory
- 4) Reaktory s kombinovanou kultivací biomasy
  - a) systémy, kde je nosič biofilmu mimo aktivační nádrž
  - b) systémy, kde nosič biofilmu je umístěn do aktivační nádrže

### ***C. Biologické stabilizační nádrže***

Stabilizační nádrže (rybníky) patří mezi nejjednodušší a nejlevnější zařízení pro biologické čištění odpadních vod. Dnes rozeznáváme různé typy a druhy stabilizačních nádrží podle účelu a způsobu provozování. Používá se jich především pro malé zdroje odpadních vod splaškových i průmyslových.

#### **2.5.5.2 Anaerobní čistírenské procesy**

Rozklad organických látek za anaerobních podmínek je výslednicí součinnosti několika mikrobiálních skupin, jejichž metabolické procesy na sebe navazují. Produkty metabolismu jedné skupiny jsou substrátem pro skupinu další. Počátek rozkladu biopolymerů probíhá procesem hydrolýzy (účast  $H_2O$ ). Fermentační stupeň rozkladu nazýváme acidogenezí. Významné postavení v procesu methanizace má kyselina octová. Procesy, které vedou k její produkci metabolismem fakultativně aerobních bakterií se nazývají acetogeneze. Kyselina octová může vznikat již v průběhu acidogeneze. Variantně může vznikat vedle kyseliny octové i vodík. Procesy vedoucí k produkci látek, které jsou substrátem pro methanogenní bakterie, se nazývají předmethanizační fází rozkladného procesu.

### ***Kultivace anaerobní biomasy***

Řízené anaerobní procesy lze s výhodou využít pro čištění odpadních vod a pro stabilizaci kalů, to je pro zpracování substrátů s vysokou koncentrací organických látek. Proces je realizován v anaerobním reaktoru. Anaerobní mikroorganismy, podílející se na rozkladném procesu mohou být v reaktoru přítomny jednak jako volní jedinci, kteří však nemají pro kultivaci biomasy podstatný význam, neboť jsou ze systému vyplavovány, jednak přisedlé jako biofilm na pevném podkladu nebo v suspenzi.

### **Reaktory pro anaerobní čištění**

Z hlediska způsobu kultivace lze anaerobní reaktory pro čištění odpadních vod rozdělit do dvou hlavních skupin:

- **s kultivací biomasy v suspenzi:** Tyto reaktory jsou realizovány nádrží, míchanou cirkulovaným bioplynem (kompresorem) nebo mechanickým míchadlem. Jedná se tedy o systémy směšovací. Rozlišují se reaktory bez recirkulace a s recirkulací biomasy.
- **s kultivací imobilizované biomasy:** Tyto reaktory jsou charakterizovány tím, že biomasa tvoří film, fixovaný (imobilizovaný) na pevném nosiči, který je realizován buď pevnými, nebo pohyblivými vestavbami, příp. vhodnou náplní v reaktoru.

## 2.5.6 Odstraňování dusíku a fosforu (živin) z odpadních vod

Představuje jeden ze základních prvků ochrany životního prostředí v oblasti ČOV.

Tab.2.3 Požadavky na odstranění N a P v citl. oblastech dle směrnice č. 91/271/EEC

| Parametr       | Kapacita ČOV (EO) | Přípustná koncentrace roční průměr (mg.l <sup>-1</sup> ) | Minimální účinnost snížení zatížení. (%) |
|----------------|-------------------|--|--|
| Celkový fosfor | 10 000 -100 000   | 2  | 80                                       |
|                | nad 100 tis.      | 1  | 80                                       |
| Celkový dusík  | 10 000 -100 000   | 15   | 70-80                                    |
|                | nad 100 tis.      | 10   | 70-80                                    |

Při vypouštění odpadních vod do vod povrchových patří obsahy dusíku a fosforu k závazným stanoveným a zpoplatněným ukazatelům dle nařízení vlády ČR č.82/1999 Sb., kterým se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného stupně znečištění vod a zákona č.58/1998 Sb. o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových.

### 2.5.6.1 Dusík

Dusík může být z odpadních vod odstraňován biologickými nebo fyzikálně-chemickými metodami. Fyzikálně – chemické jsou často finančně náročnější než biologické. Používají se tam, kde nelze použít metody biologické, tj. například odstranění dusíku z problematických průmyslových odpadních vod.

Dusíkaté sloučeniny jsou v přírodních vodách nežádoucí z několika důvodů:

- umožňují růst zelených organismů (především řas) a tím eutrofizaci vod,
- oxidací amoniaku se spotřebuje velké množství kyslíku a amoniak působí toxicky na vodní organismy, zvláště při vyšších hodnotách pH,
- dusičnany jsou běžnými úpravárenskými procesy neodstranitelné a v pitné vody jsou jejich zvýšené koncentrace nepřípustné, zvláště pro kojence (methemoglobinemie), dusitany jsou toxické.

Pro odstraňování dusíku se aplikují fyzikálně-chemické a biologické metody.

Z hlediska procesu odstraňování dusíku se aplikují procesy nitrifikace a denitrifikace:

- **Nitrifikace**

Nitrifikace probíhá ve dvou stupních. V prvním stupni se amoniakální dusík oxiduje na dusitany pomocí bakterií *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira* a *Nitrocystis*.

Ve druhém jsou vzniklé dusitany oxidovány na dusičnany mikroorganismy *Nitrobacter* a *Nitrocystis*.

Celková kyslíková potřeba pro kompletní oxidaci 1g  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  je 4,57 g  $\text{O}_2$  (3,43 g.g<sup>-1</sup> - nitritace, 1,14 g.g<sup>-1</sup> - nitratace). Skutečné množství je poněkud nižší z důvodu buněčné syntézy dusíku a využití kyslíku z vázaného  $\text{CO}_2$ .

- **Denitrifikace**

Denitrifikace je opakem nitrifikace, zahrnuje redukci dusičnanů na dusitany a dusitanů na nižší oxidy a plyný dusík. Mohou ji provádět četné organotrofní bakterie jako např. rody *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Denitrobacillus* aj.

Pro denitrifikace mohou být zvoleny dva základní koncepční postupy, a to předřazená denitrifikace (***predenitrifikace***) a denitrifikace na konci systému (***postdenitrifikace***). Oba tyto systémy je možné kombinovat při simultánní denitrifikaci a diskontinuální denitrifikaci. Mohou být použity jednokalové i dvoukalové systémy. V prvním případě kal obsahuje nitrifikující organismy, ve druhém jsou kultury odděleny.

#### 2.5.6.2 Fosfor

V odpadních vodách lze rozlišit tři hlavní frakce fosforu: anorganické orthofosfáty a polyfosfáty a organicky vázaný fosfor. Celkové množství solí fosforu představuje součet všech těchto forem.

Ke snížení obsahu fosforu v odpadních vodách mohou být použity jak metody chemické, tak biologické.

#### **Chemické srážení fosforu:**

Chemické srážení fosforu v odpadních vodách představuje převedení rozpuštěných anorganických forem fosforu na málo rozpustné fosfáty.

#### Metody srážení:

- přímé srážení: srážecí stupeň zařazen za česle a lapák písku
- předsrážení: přímé srážení před biologickým čištěním
- simultánní srážení: odstraňování fosforu prováděno zároveň srážením i biologickým čištěním
- srážení po biologickém čištění: fosfor odstraňován v odděleném stupni následujícím po biologickém čištění

#### **Principy biologického odstraňování fosforu**

Při konvenčním aktivačním procesu je fosfor odstraněn z odpadní vody především pro stavbu mikrobiálních buněk, hlavně pro syntézu adenosintrifosfátu (ATP), který je součástí nukleoproteinů a má význam jako přenašeč energie.

V oxických podmínkách nejsou pak PP-bakterie schopny zužít ke stavbě své buněčné hmoty velkou produkci energie z rozkladu exogenního organického substrátu i z endogenní respirace zásobních látek, a proto její nadbytek využívají k syntéze volutinu, který s vysokým obsahem polyfosfátových granulí představuje pro ně zásobárnu energie. Při tom odebírají fosforečnany z vnějšího prostředí. V anaerobních podmínkách se tedy fosforečnany uvolňují do vnějšího prostředí, a aerobních podmínkách naopak jsou z něho odebírány. Podstatné je, že v celkové bilanci příjem fosforu do bakteriálních buněk výrazně převyšuje jejich uvolňování.

## 2.5.7 Kalové hospodářství

Produktem čištění odpadní vody je čistírenský kal, tedy disperzní systém, obsahující vedle rozpuštěných a koloidních látek zpravidla převažující podíl látek suspendovaných. V mechanické části ČOV - v usazovacích nádržích - vzniká sedimentací látek odpadní vody primární kal. Produktem biologického čištění odpadní vody je přebytečný biologický kal. Tento je zpracován buď samostatně, nebo je čerpán před usazovací nádrže a sedimentuje spolu s usaditelnými látkami přiváděnými v odpadní vodě jako směsný surový kal.

### 2.5.7.1 Stabilizace kalu

Surový kal obsahuje velké množství bakterií, mj. i patogenních, viry, často i patogenní červy a jejich vajíčka a je tedy materiálem hygienicky vysoce závadným. Požaduje se, aby byl čistírenský kal před odvedením mimo ČOV stabilizován. Stabilizací kalu se rozumí takové jeho aerobní či anaerobní zpracování, které zajišťuje jeho hygienickou nezávadnost z ekologického hlediska, princip stabilizace spočívá v poklesu přítomnosti výše zmíněných patogenních a ostatních živých organismů a ke snížení rozložitelného organického podílu.

Stabilizace kalu se provádí:

- chemicky přidávkem  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  k pH 11 až 12,
- termicky (pasterizací, sušením atd.),
- biologicky aerobním nebo anaerobním způsobem.

Dobře stabilizovaný kal (vyhnilý) je nepáchnoucí, dobře odsaditelný a z hygienického hlediska nezávadný.

Na větších ČOV (cca nad 10 000 EO) převažuje anaerobní způsob stabilizace. Výjimkou je dlouhodobá aktivace s aerobní stabilizací kalu, v níž proběhne proces stabilizace za podmínek tohoto způsobu aktivace (vysoké stáří kalu). Používá se hlavně u malých ČOV, kde výhoda provozní jednoduchosti převáží nad energetickou náročností.

Na ČOV je anaerobní způsob stabilizace kalu realizován ve vyhnívacích (methanizačních) nádržích, pracujících na semikontinuálním principu. U vyhnívacích nádrží cirkuluje kal většinou přes výměník tepla. Účinným způsobem míchání obsahu vyhnívacích nádrží je cirkulace bioplynem pomocí speciálních kompresorů. Obsah nádrže lze míchat i mechanickými míchadly.

V současné době se u nás ve většině případů provozuje methanizace při teplotách 30 – 35°C.

#### 2.5.7.2 Zahušťování kalu

Zahušťování kalu, jehož účelem je snížení objemového množství kalové suspenze, se z něj odstraní část volné vody. Po zahuštění zůstane kal v tekuté konsistenci, aby jej bylo možno transportovat čerpáním. V řadě případů lze docílit zahuštění kalu již v procesu jeho tvorby, např. v usazovací nádrži při jejím řízeném odkalování s vhodným využitím hustoměru, kterým je dán signál k zastavení čerpání při výraznějším poklesu obsahu sušiny v čerpaném kalu.

Metody zahušťování jsou gravitační, flotační a strojní. Ve všech případech lze proces urychlit přidávkou organických flokulantů, které jsou při zahušťování hydrofilních organických kalů některými strojními postupy (rotační síta, sítopásové lisy, odstředivky, kalolisy) nezbytné.



## 2.6 Inženýrské sítě

### 2.6.1 Význam a historie inženýrských sítí

Vznik inženýrských sítí je spojen se vznikem sídel městského typu. Koncentrace obyvatelstva zabraňovala tomu, aby některé potřeby společnosti (získání vody, tepelné energie, odvádění soustředěných dešťových vod) byly uspokojovány přímo z místních zdrojů nebo blízkého okolí. Pro využití vzdálenějších zdrojů byly postaveny první inženýrské sítě. Byly to sítě vodohospodářské - zejména byla přiváděna pitná a užitková voda.

V návaznosti na průmyslovou revoluci se rozvíjely sítě další - plynovody, teplovody, silové rozvody elektrické energie a sítě sdělovací. Od svého vzniku jsou IS určitým indikátorem technické pokročilosti společnosti.

V uvedeném systému lze hovořit o sítích funkčně nadřazených. Jsou to sítě, využívané k provozu a řízení ostatních sítí - rozvody elektrické energie umožňují provozování např. sítí tepelných a některých částí vodohospodářských sítí. Na nejvyšším místě v hierarchii jsou v současnosti sítě umožňující ovládání, regulaci a řízení - sítě sdělovací (de fakto počítačové).

### 2.6.2 Rozdělení inženýrských sítí.

Inženýrské sítě rozdělujeme všeobecně z několika hledisek:

- Umístění (sítě podzemní a nadzemní)
- Příčného řezu (sítě trubní a vodičové)

- Účelu (sítě vodohospodářské, energetické, sdělovací)
- Významu (rozlišují se 4. kategorie, zhruba podle velikosti území, které ovlivňují. Do první kategorie spadají sítě mezistátního až transkontinentálního významu, do 4. kategorie přípojky k jednotlivým nemovitostem).

### 2.6.3 Prostorová koordinace inženýrských sítí

Zejména u podzemních sítí vyvstala potřeba prostorové koordinace. Sítě by měly být umístovány na tzv. veřejném statku - tj. pozemcích státu či obce. V centrech měst se často projevují potíže prostorového charakteru. Při prostorové regulaci se prosazují zásady:

- přístupnosti sítí pro havarijní zásahy - práci ve výkopu
- dodržení takových odstupů, aby se sítě navzájem negativně neovlivňovaly. Zde jde například o to, aby úniky plynu z poškozených plynovodů nepronikaly do stok, či aby tepelné vedení nezvyšovalo teplotu pitné vody.

Prostorovou regulaci v České republice kodifikuje ČSN 73 6005, i další normativy (legislativa) nižšího řádu, a to několika nástroji. Je vytvořena jednak soustava minimálních vzájemných odstupů sítí, a to jak pro případ souběhu (horizontální odstupy) tak pro případ vzájemného křížení (vertikální odstupy). Dále pak jsou vytvořena zájmová pásma podzemních vedení v přidruženém prostoru. Každý typ sítě má přiřčeno vyhrazené pásmo, ve kterém má být přednostně toto vedení ukládáno. Třetím nástrojem jsou typizované příčné řezy místními komunikacemi, dalším textová část a část pojednávající o krytí sítí.

#### 2.6.3.1 Krytí inženýrských sítí

Je to vzdálenost od povrchu terénu po horní hranu konstrukce podzemního vedení. Tento prostor, vyplněný zeminou, plní několik úkolů:

- vytváří tepelnou izolaci, která u trubních sítí brání namrzání a zvýšeným ztrátám tepla. V půdě se v hloubce, neovlivňované venkovními teplotami vytvoří prostředí se stálou teplotou.
- chrání podzemní vedení před člověkem - vandalstvím, černými odběry atp.
- chrání člověka před mediem, které síť přepravuje - např. jeho vysokou teplotou, tlakem, napětím.
- chrání síť před tlaky, vyvozovanými na terénu, zejména dopravou. Tyto dynamické tlaky se roznáší do zeminy klenbovým efektem, který se nad vedením vytváří. Je tedy zřejmé, že sítě uložené ve vozovkách mají vyšší krytí než sítě, uložené mimo vozovku.

### 2.6.4 Trubní sítě.

#### 2.6.4.1 Tepelné sítě.

Z hlediska městského inženýrství mají význam sítě CZT - centralizovaného zásobení teplem

V městské zástavbě se teplo rozvádí pro vytápění budov, ohřev teplé užitkové vody (TUV), ohřev vzduchu potřebného pro vzduchotechniku a klimatizaci, a pro účely technologické.

Výpočet potřeby tepla pro jednotlivé komodity je v doporučené literatuře.

Zdroji v systémech CZT jsou:

- elektrárny, produkující souběžně teplo a elektrickou energii. Dominující je výroba elektrické energie,
- teplárny, produkující souběžně teplo a elektrickou energii. Dominující je výroba tepla,
- výtopny - produkující pouze teplo,
- zvláštní zdroje: tím může být např. využití geotermálního tepla.

Tepelné sítě využívají jako media buďto vodu (horkou či teplou), nebo vodní páru na mezi sytosti či mírně přehřátou. Vodní sítě přenášejí teplo ve formě měrného tepla vody, které činí cca 4,2 kJ / (kg.°K). Parní sítě přenášejí tepelnou energii ve formě tepla skupenského, které činí 2230 kJ/kg, a uvolňuje ji u spotřebitele tím, že kondenzuje.

Aby byla doprava tepla hospodárná, je vytváří většinou dvoustupňový systém. Síť primární vystupuje ze zdroje, a dopravuje medium pod vysokými teplotami, či vysokými tlaky do předávacích stanic tepla. Tyto stanice jsou situovány v blízkosti odběratelů, a vysoké přenosové parametry sítě primární jsou transformovány na parametry nižší.

Jako trubní materiál slouží pro primární sítě výhradně ocel, u sekundárních sítí bývá výjimečně použit polypropylen. Aby byly minimalizovány ztráty tepla na trase potrubí, je nutno je tepelně izolovat.

U sítí uložených pod zemí byla potrubí ukládána do tepelných kanálů, betonových či železobetonových, aby byla chráněna před zemní vlhkostí a spodní vodou. V současnosti je užíván levnější systém dvou souosých potrubí, vlastní sítě a chráničky. Meziprostor je vyplněn izolační hmotou, polyuretanovou pěnou (bezkanálovém uložení). Významnou roli zde hrají kolektory.

#### 2.6.4.2 Plynovody.

- Vlastnosti topných plynů.

V rámci městského inženýrství jsou významné zejména rozvody tzv. topných plynů - svítiplynu, zemního plynu, v menší míře pak bioplynu a propanbutanu. Plynovody tudíž řadíme do sítí energetických, tepelných. Nejde o čisté plyny, ale o směsi plynů. U svítiplynu je hlavní hořlavou složkou vodík, u zemního plynu a bioplynu pak methan CH<sub>4</sub>. Propan i butan vznikají při zpracování ropy, a jsou oba hořlavé.

Topné plyny jsou nebezpečné tím, že v jistých poměrech smíšení se vzduchem vytvářejí výbušnou třaskavou směs.

- Potřeba plynu.

Pro dimenzování plynovodů se užívá tzv. hodinové maximum -  $Q_{hod}$  - je to odběr vztažený na hodinu denní špičky. Je udáváno v  $Nm^3/hod$ , normových metrech kubických, kdy skutečný objem plynu je přepočítáván podle stavové rovnice plynu na tlak na hladině moře a při 20 °C.

- Plynárenské soustavy, akumulace plynu.

U nás i v zahraničí v současné době převažuje zásobení zemním plynem, rozvody svítiplynu se omezují na blízkost zdrojů - koksáren. Zemní plyn je z nalezišť dopravován v rozhodující většině potrubím, část ZP se převáží ve zkapalněné formě. Pro velké vzdálenosti se užívají vysoké přenosové tlaky, nad 4,0 do 10 MPa - síť I. kategorie - o velmi vysokém tlaku - *vvtl*.

Přes regulační stanice, kde se *vvtl* redukuje, je napojena soustava regionálního významu, o tlacích 0,4 až 4,0 MPa. Z této soustavy jsou přímo napojeni velkoodběratelé - průmysl. Drobnější odběratelé jsou napojeni na distribuční síť, provozované na 2 úrovních:

- střední tlak: 5 kPa až 0,4 MPa
- nízký tlak: pod 5 kPa. Tlakové úrovně jsou navzájem propojeny regulačními stanicemi - RS. Směrem ke spotřebiteli tlak klesá.

Odběr plynu není rovnoměrný, v topném období je řádově vyšší než mimo ně. Producenti mají zájem na rovnoměrné dodávce. Potřebná akumulace se vytváří v podzemí, v porézních horizontech (štěrk, písek), nad kterými se vytvořily neprodyšné vrstvy (jíly). Do těchto vrstev se ZP pod tlakem vhání. Hovoříme o podzemních zásobnících.

- Materiály plynovodů

Pro potrubí (nízkotlak, středotlak) se používá buďto ocel, nebo PE. PE je možno používat pouze pro tlakové úrovně ntl. a stl. Trouby se spojují svarem, u PP jde o polyfuzní svar. Svar je nejbezpečnější spoj co do plynotěsnosti.

Korozní reakce ve své podstatě spočívají na toku elektronů, oxidaci a redukci, ztrátě a získání elektronu. Proto proudy v půdním prostředí - toky elektronů či iontů - zhoršují korozní situaci. Proudů mohou do podzemí vstoupit z porušené izolace kabelů, nebo únikem z elektrického okruhu kolejové trakce, který je uzavírán přes trolej a koleje. Z tohoto důvodu se kovové plynovody vyhýbají souběhům s železničními a tramvajovými tratěmi

- Regulační stanice plynu.

Její hlavní součástí je redukční ventil. V něm se tlaková energie plynu transformuje do energie mechanické, a částečně tepelné, tím, že je stlačována pružina ventilu. Tlak klesá. V RS hrozí nebezpečí výbuchu plynu, proto je velký důraz kladen na větrání vnitřního prostoru. U velkých RS je pro případ výbuchu předurčena k destrukci část pláště, většinou střecha. Tato část je konstruována tak, aby byla destruována přednostně a nepůsobila větší škody.

## 2.6.5 Vodičové síť

Na rozdíl od trubních sítí je jejich průřez plný. Vedou elektrický proud - tok elektronů, nebo světlo - tok fotonů, a v souladu s tím jsou buď kovové, nebo

skleněné. Co do účelu je dělíme na sítě energetické - silový rozvod elektrické energie, (silnoproud), a sítě sdělovací (telekomunikační), slaboproud.

#### 2.6.5.1 Silové rozvody elektrické energie.

Systém výroby a rozvodu elektrické energie je orientován na střídavý proud. Jeho zdrojem jsou elektrárny (tepelné, atomové, vodní, větrné). Pro přenosy velkých výkonů na velké vzdálenosti je nutno použít vysokých parametrů, (napětí a proud), při čemž výhodnější je zvyšovat přenosové napětí. Užívá se následujících jmenovitých napětí.

- *m.n.* - malé napětí do 50 V
- *n.n.* - nízké napětí do 500 V
- *v.n.* - vysoké napětí do 35 kV
- *v.v.n.* - velmi vysoké napětí nad 35 kV, (do 400 kV)

Adekvátně rozlišujeme vedení nadzemní, (venkovní), a vedení podzemní. Úroveň v.v.n. v podstatě kompletně je venkovní, úroveň v.n mimo intravilán rovněž. U nás jsou sítě v intravilánu přednostně koncipovány jako podzemní. Z úrovně v.n. (primární) jsou při tom zásobování velkoodběratelů, z distribuční sítě n.n. (sekundární) jsou napojování maloodběratelů, většinou obyvatelstvo.

#### 2.6.5.2 Materiál a provedení sítí.

- *Venkovní vedení:*  
Jeho prvky jsou stožáry, vodiče a izolátory, oddělovací stožáry a vodiče. Vodiče jsou většinou lana, jejichž jádro je tvořeno ocelovými dráty, a obal je tvořen dráty hliníkovými či měděnými. Jádro podchycuje tahová namáhání, jimž je lano vystaveno. Vedení je pohledově kontrolovatelné, je levnější než kabelová trasa stejné kapacity. Je však snadněji ohrožitelné větrem a námrazou.
- *Kabelová vedení:*  
V příčném řezu rozeznáváme na kabelu jádro a plášť. Jádro je spleteno z vodičů měděných nebo hliníkových. Je buďto celistvé - kabel vede pouze 1 fázi trojfázového střídavého proudu, nebo má jádro vnitřní dělení odpovídající počtu přenášených fází (3). Fáze jsou oddělovány izolační vrstvou. Plášť kabelu má hlavně elektroizolační vlastnosti. Navíc může jádro např. chránit proti mechanickému poškození, může zachycovat indukované proudy, případně odolávat zvýšeným teplotám.

Mimo vozovky jsou kabely kladeny do pískového lože a kryty vrstvou cihel a výstražnou folií. Ve vozovce bývají uloženy v chráničkách, - potrubí z nevodivého materiálu, například ze železobetonu, či organických vláken stmelených cementem.

#### 2.6.5.3 Zabezpečení dodávky, topologie silových rozvodů.

Je naší snahou uspořádat topologii (prostorově, zde plošně) sítě tak, aby dodávka byla co nejméně ovlivněna poruchami či haváriemi na trase. Z tohoto hlediska rozlišujeme:

- uspořádání paprskové,
- uspořádání okružní: (běžná venkovská a okrajová městská zástavba),
- uspořádání mřížové: je charakteristické pro městskou zástavbu.

#### 2.6.5.4 Telekomunikační sítě.

V historickém sledu se objevovaly stále dokonalejší telekomunikační systémy.

Původní systém přenosu byl analogový. Intenzitě vstupního signálu odpovídala amplituda upraveného proudového kmitočtu. Pro rozvoj telekomunikační techniky bylo rozhodující uplatnění tzv. časového oddělení cest informací. Jde o převedení přenášení informace do číslicového tvaru dvojkové soustavy.

Je tedy možno jedním vodičem vést n informací, které jsou odděleně odečítány podle tzv. vzorkovacího kmitočtu, a v tomto pořadí "dešifrovány". Digitální - číslicové - uspořádání umožňuje nasazení počítačů do sféry uzlů na sítích - ústředěn. V digitálním zpracování se informaci upravuje jako balíček - paket.

#### 2.6.5.5 Materiál a konstrukce

Rozlišujeme vedení nadzemní a podzemní. Nadzemní vedení je charakteristické pro koncové trasy zástavby. Podzemní trasy jsou kabelové. Používané vodiče mohou být kovové, nebo spletené ze skleněných vláken. Kovové vodiče bývají uspořádané do „dvojek“ - navzájem odizolovaných dvou vodičů, tvořící jednotku - cestu umožňující oboustranný tok informace současně. Podle potřebného počtu cest se vyskytuje v klasickém kabelu odpovídající počet párových čtyřek (či dvojek). Jsou navzájem odizolovány a tvoří tzv. duši kabelu. Ta je chráněna obalem.

Nasazením skleněného vlákna pro vedení světla se zvětšuje prostorová koncentrace oddělených cest a zvyšuje přenosová kapacita světelného kabelu oproti kovovému. Kombinací s časovým oddělením cest je dosaženo řádově mnohonásobně vyšších přenosových kapacit. Kabel bývá zatahován do chráničky z PVC.

## 2.6.6 Kolektory

Sdružená trasa – kolektor představuje velmi progresivní prvek v oblasti IS. Kolektor je konstrukčně samostatný objekt.

Sítě jsou v kolektoru vizuálně kontrolovatelné, přístupné pro opravu a výměnu bez výkopů, jsou lépe chráněny před tlaky a teplotami než při uložení v zemi. Sdružená trasa navíc šetří půdorysnou plochu, kterou by sítě jinak zabraly. Obecně platí, že kolektor je tím více hospodárnější, čím větší počet podzemních vedení je možno do něj uložit.

#### 2.6.6.1 Vystrojení inženýrskými sítěmi

V kolektoru se nesmí ukládat některé sítě, zejména ty s příliš nebezpečně vysokými provozními parametry. Jde o plynovody vvtl. a vtl., rozvody elektrické energie pod napětím vyšším než 110 kV, parovody s tlakem nad 1,6 MPa, a horkovody o teplotách nad 180 °C. Je zakázáno ukládat vedení propan-

butanu, jehož úniky by z kolektoru mohly vytlačit vzduch. Nedoporučuje se ukládat do kolektorů stoky. Pokud se podaří sladit spád stoky a spád kolektoru, může být stoka uložena pode dno kolektoru, nebo podle nových koncepčních přístupů (po schválení) i v kolektoru. Musí být zabráněno tomu, aby do kolektoru pronikaly stokové plyny, a vnikaly vody při stavech přetížení stokové sítě.

#### 2.6.6.2 Stavební část kolektoru.

Při návrhu příčného řezu se vychází z rozměrů člověka - průchozího prostoru. Ten činí 0,75 x 2,1 m. Po stranách tohoto prostoru jsou ukládány na konzoly a lávky inženýrské sítě tak, aby byly dostupné pro opravy, údržbu a výměnu. Z hlediska využití obestavěného prostoru je optimální obdélníkový průřez. Ten je užíván u podpvrchových kolektorů.

Materiálem pro výstavbu kolektorů je převážně železový beton. U podpvrchových tras jsou příhodné podmínky pro prefabrikaci. Hloubkové kolektory, stavěné štolováním (razicím štítem) využívají častěji betonu monolitického. Pro konkrétní lokality je vhodná aplikace bezvýkopových postupů.

#### 2.6.6.3 Funkční vybavení

Umožňuje provozování souboru sítě - stavební část. V kolektoru je nutno se postarat o osvětlení, větrání, odvádění vody která buď unikne ze sítě nebo prosákne z podzemí. Pro tyto účely je instalován soubor vlastních sítí kolektoru - elektrických obvodů světelných a motorických. Instalovanými stroji jsou ventilátory a čerpadla, která přečerpávají vodu akumulovanou ve sběrných jímkách do výše uložené kanalizace, Motorická instalace umožňuje rovněž práce při rekonstrukci a údržbě.

Dalším souborem bývá signalizační síť.



## 2.7 **Balneotechnika**

Mezi dva hlavní účely lázeňských objektů patří pozitivní zdravotní vliv na člověka a sportovní a rekreační účel

S ohledem na funkční náplň těchto zařízení, účelu a specifičnosti poskytovaných služeb je obor lázeňství rozdělen:

- lázeňství léčebné
- lázeňství komunální:
  - lázně očistné (sprchové, vanové)
  - lázně potní (teplovzdušné, horkovzdušné, kombinované - sauny)
  - lázně rekreační a sportovní (přírodní koupaliště s letním provozem, plavecká zařízení s umělými krytými nebo otevřenými bazény, plavecké areály).



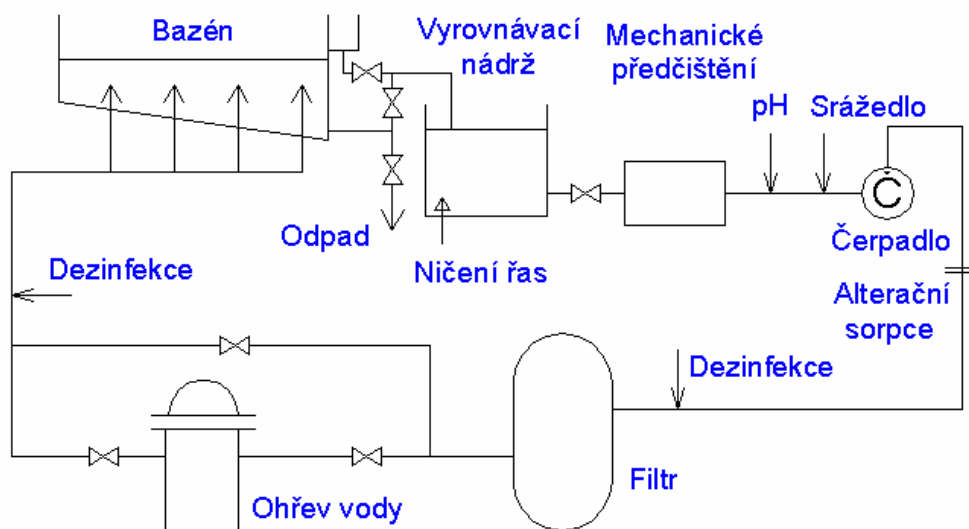
- Redox potenciál – při úpravě vody se zvyšuje solnost vody
- Chlór – maximum – v bazénu v oblasti vtoku
- Chlór – minimum – v bazénu v oblasti výtoku, je důležitější než maximum chlóru, bývá častěji sledován
- Trihalogen-metany (např. Chloroform  $\text{CHCl}_3$ )
- Chloridy – sledujeme nárůst proti zdroji (indikátor močového znečištění, Chlór reaguje a vytváří chloraminy.)
- Hliník – objevuje se při problémech s koagulací

## 2.7.4 Vodní hospodářství

Základem provozu a úpravy je recirkulace. Zjednodušeně formulujeme

- recirkulace a úprava vody
- část vody se dodává do systému
- vodní zdroj (vodovodní síť, případně jiný vhodný zdroj)

Obvyklé schéma úpravy vody v bazénu viz obr. č. 2.22.:



Obr. č. 2.22.

### 2.7.4.1 Recirkulační systém:

- trubní rozvody
- recirkulační úpravna vody (sběrná jímka; lapače vlasů; filtry; chemické hospodářství a expanzní nádoba, zás. nádoba na praní filtrů, čerpací jímka)
- mechanické předčištění (cezení přes síta, lapače vlasů)
- odstranění látek tvořících zákal (koagulace, filtrace)
- korekce pH vody (dávkování alkalizačního činidla - sody)
- zamezení rozvoje řas (předchlorování, dávkování modré skalice -  $\text{CuSO}_4$ )

- ohřev vody (solární ohřev, kotelna, výměňková stanice)
- zdravotní zabezpečení (chlor)
- nahrazení části objemu čerstvou vodou
- zákl. návrhové parametry: objem bazénu  $V_B$ , intenzita recirkulace  $T$  (2-8 h)
- kapacita úpravní, je dána předchozími parametry, výpočet:  $Q = \sum_{i=1}^n \frac{V_B}{T}$

### 2.7.5 Dezinfekce

- Požadavkem dezinfekce je likvidace mikroorganismů zaručující zdravotní nezávadnost.
- Bezpečnost při aplikaci (pokud možno bezpečné látky)
- Finanční nenáročnost

Z hlediska odolnosti můžeme definovat:

- Nejvíce odolné Cysty
- Odolné Viry, Protozoa
- Nejméně odolné Vegetativní bakterie

Čím větší je recirkulace tím je bezpečnější je pobyt ve vodě

Účinnost dezinfekčního činidla ovlivňuje složení vody – **ZÁKAL** (organizmus si vytvoří kolem sebe jakýsi obal a dezinfekční prostředek hůře penetruje).

Horší účinnost na organizmy tvořící kolonie (podobný důsledek jako výše).

- Vliv teploty - s rostoucí teplotou roste životní aktivita organismů – mají rychlejší metabolismus - větší rychlost odumírání (může převážit množení)
- Vliv pH - při výkyvu pH se účinnost zvyšuje

#### 2.7.5.1 Dezinfekční prostředky

- Oxidační činidla - většinové použití, nejčastěji Chlor
- Ionty těžkých kovů (Cu, Ag, používají se jen vyjíměčně)
- UV záření (používá se jako druhotný prostředek)
- Teplo (nepoužívá se)

#### 2.7.5.2 Chlor - patří k oxydantům

- Chlorové hospodářství – viz ČSN 75 50 50 Chlorové hospodářství ve vodohospodářském provozu
- Chlór je agresivní proti železu a dalším kovům, může popálit pokožku a je jedovatý

Aplikace chloru: Plynný chlor, chlornany, aplikace dialýzou soli, chlordioxid.

### 2.7.5.3 Ozón

- Výroba: kyslík ( $O_2$ ) + energie (výbojem ve vzduchu) vzniká ozón ( $O_3$ ).
- Plynný ozón nesmí být přítomný v bazénu. Je těžší než vzduch a je nestálý
- Jeho výhodou je větší účinnost a rozklad chloraminů.

### 2.7.5.4 Bróm, Jód

- Je méně aktivní
- Bróm tvoří bromaminy (tvoří bromoform – stejné či horší účinky než Chloroform)
- Jód netvoří vazbu na  $NH_4^+$  (dusičnany)
- Výhody brómu – mono a dibromamin jsou stejně dezinfekčně aktivní jako Bróm, jinak reagují podobně jako chlór.
- Výhody jódu – je aktivní i jako  $I_2$  v nízkém pH, má větší dezinfekční účinek vztahovaný na molovou koncentraci, má lepší rozpustnost ve vodě s teplotou a je méně aktivní (koncentrace přetrvává ve vodě déle)
- Daleko bezpečnější manipulace - Bróm je tekutina, Jód je pevná látka
- Nevýhodou brómu a jódu je vyšší cena

### 2.7.5.5 UV záření. Jedná se o jednu z variant dezinfekce.



## 2.8 Autotest

- 1) Výtlačné přiváděcí řady od zdroje vody k úpravně vody se dimenzují na:
  - a. Maximální hodinovou potřebu vody
  - b. Průměrnou hodinovou potřebu vody
  - c. Maximální denní potřebu vody
  - d. Průměrnou denní potřebu vody
- 2) Artézské studny jsou studny, které jímají:
  - a. Podzemní vodu s napjatou hladinou
  - b. Infiltrovanou vodu s napjatou hladinou
  - c. Vodu ze soustavy sběrných studní
  - d. Vodu s vysokým obsahem arsenu.
- 3) Odlehčovací komory na stokové síti slouží k:
  - a. K čištění stok
  - b. K monitoringu a měření kvality vody na stokové síti
  - c. Pro odlehčení směsi odpadní vody při dešťovém přívalu
  - d. Pro separaci průmyslových odpadních vod
- 4) Aktivace je:
  - a. Biologický proces sloužící k snížení obsahu kyslíku v odpadní vodě
  - b. Biologický postup čištění odpadních vod
  - c. Modifikace mechanického čištění odpadních vod
  - d. Proces sloužící k odstranění písku v odpadní vodě

- 5) Jaké médium se v ČR používá nejčastěji v městských plynovodech?
- |              |                 |
|--------------|-----------------|
| a. Svítiplyn | c. Zemní plyn   |
| b. Metan     | d. Propan-butan |
- 6) Filtrační náplň při koagulační filtraci tvoří:
- |                          |                     |
|--------------------------|---------------------|
| a. Křemičitý písek       | c. Bentonit         |
| b. Zrna síranu hlinitého | d. Drcená křemelina |

Výsledky testu najdete na straně 64 – Klíč.

### 3 Závěr

Předložený modul stručně definuje problematiku zdravotně-technických staveb v zaměření vodního stavitelství. Kladli jsme si za cíl prezentovat priority této oblasti oboru. Důraz je kladen na samostudium a kreativní přístup k řešení studia. Předpokládáme interaktivní účast studentů a čtenářů.

#### 3.1 Shrnutí

Opory obsahují souhrn základních podkladů pro řešení problematiky zdravotně technických staveb.



### 4 Studijní prameny

#### 4.1 Seznam použité literatury

- [1] Dohányos, M., Koller, J., Strnadová, N.: *Čištění odpadních vod*, VŠCHT Praha, 1998
- [2] Tuček, F., Chudoba, J., Koníček, Z.: *Základní procesy a výpočty v technologii vody*, SNTL Praha, 1997
- [3] Pitter, P.: *Hydrochemie*, VŠCHT Praha, 1987
- [4] Hlavínek, P., Novotný, D.: *Intenzifikace čistíren odpadních vod*, NOEL 2000, 1996
- [5] Hlavínek, P., Hlaváček, J.: *Čištění odpadních vod – praktické příklady výpočtů*, NOEL 2000, 1996
- [6] Horáková, M a kol.: *Analytika vody*, VŠCHT Praha, 2000
- [7] Strnadová, N., Janda, V.: *Technologie vody I*, VŠCHT Praha, 1999
- [8] Žáček, L.: *Chemické a technologické procesy úpravy vod*, NOEL 2000 s.r.o., Brno 1999
- [9] Malý, J.: *Chemie a technologie vody*, VUT Brno, 1993
- [10] Grünwald, A., Macek, L., Šrytr, P.: *Vodárenství, Český svaz stavebních inženýrů*, Praha 1998
- [11] Mazel, L.: *Vodárny a čistírny*, VUT Brno, 1986



- [12] *Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 376/2000 Sb., kterou se stanoví požadavky na pitnou vodu a rozsah a četnost její kontroly*
- [13] *Zákon č. 14/1998 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon č. 138/1973 Sb., O vodách, ve znění pozdějších předpisů*
- [14] Šerek, M., Lhotáková, Z.: *Inženýrské sítě*, SNTL 1984
- [15] Šrytr a kol.: *Inženýrské sítě*, ČVUT Praha 1987
- [16] Cihelka a kol.: *Vytápění, větrání, klimatizace* SNTL 1985
- [17] Vlach a kol.: *Zásobování teplem a teplárenství* SNTL 1989
- [18] Ošlejšek, J., *Vodárenství I. – Návody do cvičení*. SNTL 1975
- [19] Šerek, M., Šálek, J.: *Inženýrské sítě a závlahové stavby – Vodohospodářské tabulky*, VUT Brno, 1990
- [20] Svoboda, Fr., *Balneotechnika I. - Lázeňství komunální*, VUT v Brně, 1989.
- [21] Mičín J.: *Stokování a čištění odpadních vod – návody do cvičení I. - stokování*, VUT v Brně 1982
- [22] Rešetka, D.: *Stokování a čištění odpadních vod – II. Čištění odpadních vod*, SNTL, 1983
- [23] Šrytr, P. a kol.: *Intenzifikace provozu inženýrských sítí*, ČVUT Praha, 1990.
- [24] Šerek, M., Lhotáková, Z.: *Inženýrské sítě*, SNTL, 1985
- [25] Šálek, J., Hlavínek, P., Mičín, J. a kol.: *Vodní stavitelství*, CERM Brno, 2002, ISBN 80-214-2068-5
- [26] Krejčí, V. a kol.: *Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup*, NOEL 2000 s.r.o., ISBN: 80-86020-39-8
- [27] Hlavínek, P., Mičín, J., Prax, P.: *Stokování a čištění odpadních vod*, CERM Brno, 2003, ISBN 80-214-2535-0
- [28] Hlavínek, P., Mičín, J., Prax, P.: *Příručka stokování a čištění*, NOEL 2000 s.r.o., 2001, ISBN 80-86020-30-4

## 4.2 Odkazy na další studijní zdroje a prameny



- [29] Stránky Ústavu vodního hospodářství obcí FAST VUT Brno: <http://water.fce.vutbr.cz>
- [30] Server Waternews: <http://waternews.cz/>

## 5 Klíč



Řešení autotestu: 1) c.; 2) a.; 3) c.; 4) b.; 5) c.; 6) a.