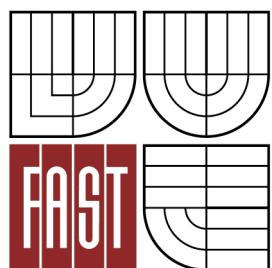




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

PROVOZNĚ TECHNICKÝ STAV OBJEKTŮ SEPARACE NA ÚPRAVNÁCH VODY

OPERATIONAL AND TECHNICAL CONDITION OF SEPARATION EQUIPMENT IN WATER
TREATMENT PLANTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. JAKUB PEŠOUT

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ KUČERA, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Jakub Pešout
Název	Provozně technický stav objektů separace na úpravkách vody
Vedoucí diplomové práce	Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	11. 3. 2014
Datum odevzdání diplomové práce	16. 1. 2015
V Brně dne 11. 3. 2014	

.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- [1] AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Water quality and treatment: a handbook of community water supplies. 4th ed. New York: McGraw-Hill, c1990, 1194 s. ISBN 0-07-001540-6.
- [2] Operational control of coagulation and filtration processes. 2nd ed. Denver, Colo.: American Water Works Association, c2000, 103 s. ISBN 15-832-1055-5.
- [3] LIN, Shun Dar. Water and wastewater calculations manual. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2007, 945 s. ISBN 00-714-7624-5.
- [4] Water treatment plant design. 4th ed. New York: McGraw-Hill, c2005, 1 s. ISBN 00-714-1872-5.
- [5] Water treatment handbook. 7th [English] ed. Rueil-Malmaison, France: Degremont, 2007. ISBN 978-2-7430-0970-0.

Zásady pro vypracování

Diplomová práce bude zaměřena na hodnocení technického stavu separačních objektů úpraven vody (zejména filtrů a usazovacích nádrží). Hlavním cílem diplomanta bude definovat soubor hodnotících kritérií, popisující stav těchto objektů po technické (např. stav konstrukce) i provozní (účinnost, objem prací vody, filtrační cyklus, ...) stránce. V rámci práce diplomant provede průzkum na několika vybraných úpravnách vody.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....

Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

Abstrakt

Předmětem této diplomové práce je stanovení provozně technických parametrů vybraných typů separačních objektů na úpravkách vody.

V první části této diplomové práce bylo cílem vysvětlit základní pojmy týkající se problematiky tématu. Prvně byl tedy vysvětlen pojem separace a jeho význam pro úpravky vody. Před vytvořením hodnotících kritérií pro separační objekty byly stanoveny zkoumané objekty. V rámci této práce, byly vybrány následující objekty:

- Usazovací nádrž
- Flotační nádrž
- Filtrační nádrž

Pro vybrané separační objekty se v následující části práce vytvořil popis jejich principu funkce, základního rozdělení, návrhových parametrů a dalších důležitých informací, pro seznámení s jejich funkcí a základní problematikou jejich fungování.

V následující kapitole se diplomová práce zaměřuje na stěžejní část celé diplomové práce, a tím je stanovení provozně technických parametrů jednotlivých vybraných separačních objektů. Jednotlivé hodnotící kritéria a jejich důležitost byly voleny, tak aby výsledné hodnocení vypovídalo o jejich celkovém provozně technickém stavu. Pomocí těchto parametrů lze na již existujících úpravkách vody provést hodnocení důležitých parametrů pro správné fungování separačních objektů.

V poslední části této práce se provedla aplikace stanovených kritérií na vybraných úpravkách vody přímo v praxi, kde se podle získaných informací a podkladů zjistila funkčnost těchto kritérií. Důležité podklady pro hodnocení byly získány hlavně osobní prohlídkou každé z těchto úpravek vody. Z těchto podkladů se následně provedlo jejich celkové ohodnocení.

Klíčová slova

Úpravna vody, sedimentace, filtrace, flotace, provozně technické parametry, koagulace, flokulace, pitná voda, podzemní vody, povrchové vody

Abstract

The main subject of this thesis is to determine operational and technical parameters from selected types of separation objects in water treatment.

In the first part of this thesis was explained the basic terms related to the topic. The first explained term was the concept of separation and its importance for water treatment. evaluation criteria for separating objects were determined all researched objects. In this thesis were selected following objects:

- Sedimentation tank
- Flotation Tank
- Filter tank

In the next part I've created a description of operating principles for the selected separating objects, their basic distribution, design parameters and other important information for understanding the functions and basic problems of their functioning.

Another chapter of thesis is the most important part of my work. There are determined the technical operating parameters of each selected object separation. Individual evaluation criteria and their importance were selected carefully. So the final evaluation shows their total operational and technical condition. Using these parameters is possible to evaluate important parameters on the existing water treatment plants for the proper functioning of separation of objects.

In the last part of this work is finished application of defined criteria for selected water treatment plants directly in practice. There is discovered functionality of these criteria according to obtained information and documents. Important data for the evaluation were obtained mainly through personal visits each of these water treatment plants. The final evaluation was made from discovered data.

Keywords

Water treatment plant, sedimentation, filtration, flotation, operational and technical parameters, coagulation, flocculation, drinking water, groundwater, surface water

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

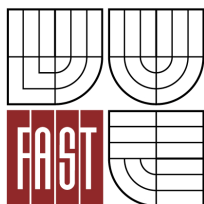
Bc. Jakub Pešout *Provozně technický stav objektů separace na úpravkách vody*. Brno, 2014. 129 s., 0 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 16.01.2015

.....
podpis autora
Bc. Jakub Pešout



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce	Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
Autor práce	Bc. Jakub Pešout
Škola	Vysoké učení technické v Brně
Fakulta	Stavební
Ústav	Ústav vodního hospodářství obcí
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Název práce	Provozně technický stav objektů separace na úpravkách vody
Název práce v anglickém jazyce	Operational and Technical Condition of Separation Equipment in Water Treatment Plants
Typ práce	Diplomová práce
Přidělovaný titul	Ing.
Jazyk práce	Čeština
Datový formát elektronické verze	.PDF
Anotace práce	Úkolem této diplomové práce bylo stanovení provozně technických parametrů separačních objektů na úpravkách vody. V první části se nachází teoretická část poskytující základní informace k této problematice. V druhé části se nachází stanovená hodnotící kritéria podle získaných informací k jednotlivým objektům a získaných v praxi prostřednictvím osobních prohlídek na vybraných úpravkách vody. V poslední

části se nachází aplikace těchto kritérií na úpravkách vody v praxi s celkovým hodnocením jejich stavu.

**Anotace práce
v anglickém
jazyce**

The goal of this thesis was to determine the operational and technical parameters of the separation objects in water treatment. The first part is a theoretical and provides basic information on this issue. The second part contains the evaluation criteria created by the obtained information for individual objects and gained in practice by personal visits of selected treatment plants of water. In the last part we can find application of these criteria in water treatment in practice. There is also included the final evaluation of the researched condition.

Klíčová slova

Úpravka vody, sedimentace, filtrace, flotace, provozně technické parametry, koagulace, flokulace, pitná voda, podzemní vody, povrchové vody

**Klíčová slova
v anglickém
jazyce**

Water treatment plant, sedimentation, filtration, flotation, operational and technical parameters, coagulation, flocculation, drinking water, groundwater, surface water

PODĚKOVÁNÍ

Na úvod této diplomové práce bych rád poděkoval několika lidem, díky kterým jsem mohl tuto práci vypracovat. V první řadě bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Tomáši Kučerovi, Ph.D., za jeho užitečné připomínky a odborné rady při vypracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat lidem, kteří mně umožnili přístup na jednotlivé provozy úpraven vody a poskytli mě řadu užitečných informací a podkladů k vypracování této práce a také za jejich čas, který mi při těchto příležitostech věnovali. Jmenovitě se jedná o Kamila Škreptáče vedoucího technologa na úpravně vody v Hrobicích (VaK Pardubice, a.s.), dalšími v pořadí jsou Ing. Luboš Mazel technolog pitných vod na úpravně vody Mostiště (VAS - Divize Žďár nad Sázavou), Karel Laštůvka vedoucí úpravny vody v Hamrech (VS Chrudim, a.s.). A v neposlední řadě se jedná o Ing. Lenku Linhartovou technologku pitných vod na úpravně vody Hosov (VAS - Divize Jihlava). Poděkování také patří Václavu Novotnému ze společnosti KUNST, spol. s.r.o., který mi zajistil některé důležité podklady.

OBSAH

1	ÚVOD	14
2	SEPARAČNÍ METODY ÚPRAVY VODY	15
2.1	Usazovací nádrže	18
2.1.1	Popis procesu	18
2.1.2	Rozdělení Usazovacích nádrží	20
2.1.3	Zóny a části nádrže	21
2.1.4	Obdélníková nádrž	22
2.1.5	Kruhová a čtvercová nádrž	23
2.1.6	Mělká sedimentace	23
2.1.7	Provoz sedimentačních zařízení	24
2.1.8	Odkalování	25
2.1.9	Likvidace odpadů	26
2.1.10	Monitorování procesu sedimentace	27
2.1.11	Provozní problémy	28
2.1.12	Faktory ovlivňující sedimentaci	29
2.1.13	Bezpečnostní opatření	30
2.1.14	Údržba	30
2.1.15	Návrhové parametry	30
2.1.16	Účinnost sedimentace	32
2.1.17	Náklady	33
2.1.18	Výhody a nevýhody	34
2.2	Flotační nádrž	35
2.2.1	Princip flotačního procesu	35
2.2.2	Rozdělení flotačních nádrží	36
2.2.3	Zóny flotační nádrže	37
2.2.4	Popis jednotlivých typů flotace	38
2.2.5	Provozní problémy	39
2.2.6	Bezpečnostní opatření	40
2.2.7	Údržba	41
2.2.8	Návrhové parametry	41
2.2.9	Využití	41
2.2.10	Výhody a nevýhody	42
2.3	Filtrační nádrž	43
2.3.1	Popis procesu	43
2.3.2	Rozdělení filtračních nádrží	44
2.3.3	Filtrační materiál	45
2.3.4	Regenerace filtrů	46
2.3.5	Drenážní systémy	47
2.3.6	Popis využívaných vodárenských filtrů	50
2.3.7	Návrhové parametry	56

2.3.8	Provozní problémy.....	57
2.3.9	Monitoring	58
2.3.10	Bezpečnostní opatření.....	58
2.3.11	Údržba.....	59
2.4	Kaly a usazeniny na úpravkách vody	59
3	IDENTIFIKAČNÍ A PROVOZNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY SEPARAČNÍCH OBJEKTŮ NA ÚV	61
3.1	Identifikační údaje - ID.i.	61
3.1.1	Identifikační údaje - ID.i. - první část.....	61
3.1.2	Identifikační údaje - ID.i. - druhá část - Filtrace.....	64
3.1.3	Identifikační údaje - ID.i. - druhá část - Flotace	65
3.1.4	Identifikační údaje - ID.i. - druhá část - Sedimentace.....	66
3.2	Provozní ukazatele separačních objektů - P_i	66
3.2.1	Provozní ukazatele - P _i - obecně	67
3.2.2	Provozní ukazatele – Filtrace – PF.i	70
3.2.3	Provozní ukazatele – Usazovací nádrž – PU.i	74
3.2.4	Provozní ukazatele – Flotační nádrž – PFI.i.....	80
3.3	Technické ukazatele stavu separačních objektů.....	86
3.3.1	Technické ukazatele stavu usazovací, filtrační a flotační nádrže - Ti.....	86
4	APLIKACE PROVOZNĚ TECHNICKÝCH PARAMETRŮ V PRAXI.....	89
4.1	Úpravka vody Mostiště.....	90
4.2	Úpravka vody Hosov.....	100
4.3	Úpravka vody Hrobice.....	112
5	ZÁVĚR	121
6	LITERATURA A POUŽITÉ ZDROJE.....	122
7	SEZNAM OBRÁZKŮ	125
8	SEZNAM TABULEK	127
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	128
10	SUMMARY.....	129

1 ÚVOD

Hlavním cílem této diplomové práce je vytvoření hodnotících kritérií provozně technického stavu vybraných separačních objektů na úpravárnách vody, tak aby výsledek jejich ohodnocení objektivně podle stanovených vah důležitosti určil jejich současný stav. V první kapitole proto jsou vypsány základní pojmy a definice, které se týkají dané problematiky. Je zde vysvětlen pojem separace a jeho význam pro samotnou úpravnu vody. Pro získání více informací k problematice hodnocení provozního stavu separačních objektů se další kapitola zabývá vybranými separačními objekty a vysvětluje principy jejich funkce, jejich základní rozdělení, návrhové parametry a jejich výhody a nevýhody pro danou úroveň stupně separace. V rámci této práce se hodnocení zabývalo problematikou:

- Sedimentačních nádrží
- Flotačních nádrží
- Filtračních nádrží

Po seznámení s danou problematikou se další kapitola zaměřuje na již zmiňované hodnotící kritéria jednotlivých separačních objektů. Hodnocení spočívá ve stanovení tří stupňů hodnocení u každého ukazatele od nejlepší varianty (K1) až po tu nejhorší (K3). Hodnocení je rozděleno do několika skupin otázek. První skupinou otázek jsou tzv. identifikační otázky, které slouží k základnímu seznámení s danou úpravnou vody a poskytuje tak základní informace o ní a poskytuje i informace o zkoumaných separačních objektech v některých případech i informace důležité k výpočtům provozních parametrů. V následující skupině otázek se již nacházejí hodnotící kritéria. V první řadě se jedná o obecné provozní otázky, které jsou také nezbytné a souvisí se separačními objekty. Poté již následují provozní ukazatele jednotlivých separačních objektů. Poslední skupinou hodnotících ukazatelů je technická stránka těchto objektů.

V poslední kapitole této diplomové práce je provedena aplikace vytvořených hodnotících ukazatelů v praxi na reálných úpravárnách vody v České republice. V každém hodnocení se nachází krátké seznámení s danou úpravnou a samotné hodnocení s celkovým vyhodnocením. V některých případech však nešlo provést kompletní zhodnocení všech parametrů.

2 SEPARAČNÍ METODY ÚPRAVY VODY

Separáční procesy na úpravách vody jsou podstatnou částí celé úpravy surové vody na vodu pitnou. V současnosti je velké množství typů separáčních zařízení, které pracují s odlišnou účinností a podle rozdílných fyzikálních, chemických a mikrobiologických procesů, avšak jejich podstata úpravy vody je založena na obdobném principu. Principem separace je tedy odstranění veškerého, nebo alespoň většiny nežádoucího znečištění obsaženého v upravované surové vodě. Toto znečištění má základ v přírodních (železo, radon atd.) a antropogenních znečišťujících látkách (dusičnany, pesticidy atd.), poslední hlavní skupinou vnášených látek do surové vody, jsou ty, které se do surové vody aplikují přímo na úpravě vody k docílení lepší účinnosti úpravy vody (koagulanty, flokulanty atd.). Podle základního principu úpravy vody lze tyto druhy separace rozdělit následovně: [1]

Podle fyzikálních procesů:

- Prostá flotace vody
- Prostá sedimentace vody
- Prostá (mechanická) filtrace vody

Podle chemických procesů:

- Flotace nadávkované vody
- Číření nadávkované vody
- Sedimentace nadávkované vody
- Koagulační filtrace

Podle mikrobiologických procesů:

- Pomalá biologická (anglická) filtrace

Podle úrovně znečištění upravované surové vody se volí i počet stupňů separáčních objektů. Avšak existují dokonce i takové provozy, kde není zapotřebí žádného separáčního stupně. V takových případech se většinou jedná o vody podzemní, které nebývají tolik znečištěné v porovnání s povrchovými zdroji. U těchto zdrojů bývá zvykem provést úpravu provzdušením, která surovou vodu zbaví nežádoucích pachů, oxidu uhličitého či bahenních plynů s následným provedením základního hygienického zabezpečení upravované vody. Těmto objektům se říká odkyselovací stanice. U větších objektů využívající více zdrojů a zajišťující zásobování většího počtu obyvatel je běžnější variantou zapracování separáčních stupňů úpravy do procesu. Kromě separáčních objektů musí většinou úpravna vody zahrnovat i řadu dalších objektů. Obecně lze sled jednotlivých objektů na úpravách shrnout na tyto kategorie.

- Zdroj vody
- Jímací objekt
- Mechanické předčištění (hrubé, jemné předčištění)

- Chemické hospodářství
- Kalové hospodářství
- Koagulace
- Separální procesy
- Douprava vody
- Akumulace

Pro jednostupňové separální úpravny vody se musí zohlednit druh upravované surové vody, zda se jedná o podzemní nebo povrchovou vodu. Dále je většinou zapotřebí provést předúpravu nebo doupravu vody, která je také odlišná pro daný druh surové vody. U podzemních vod se jedná o mechanickou aeraci či dávkování chemikálií na odstranění železa a manganu. U povrchových vod je pravděpodobné zařazení koagulace a flokulace s následnou koagulační filtrací. Pro první stupeň separace lze využít tedy následujících separálních objektů:

- Pomalá biologická filtrace
- Mechanická prostá filtrace
- Koagulační filtrace (zejména pro povrchové vody)

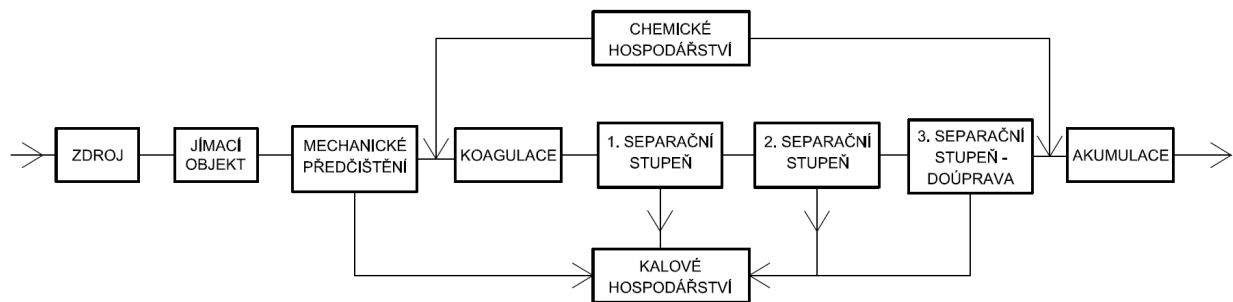
V případě vícestupňové úpravny se na první stupeň separace zpravidla zařazují některé z těchto objektů:

- Sedimentace
- Flotace
- Mikrofiltrace
- Čiřiče
- Filtrace

Pro druhý stupeň separace se vždy volí separace za pomoci filtrace. V případě, že v prvním a druhém stupni separace se nachází filtrace, tak v tom případě se jedná o tzv. dvoustupňovou filtraci.

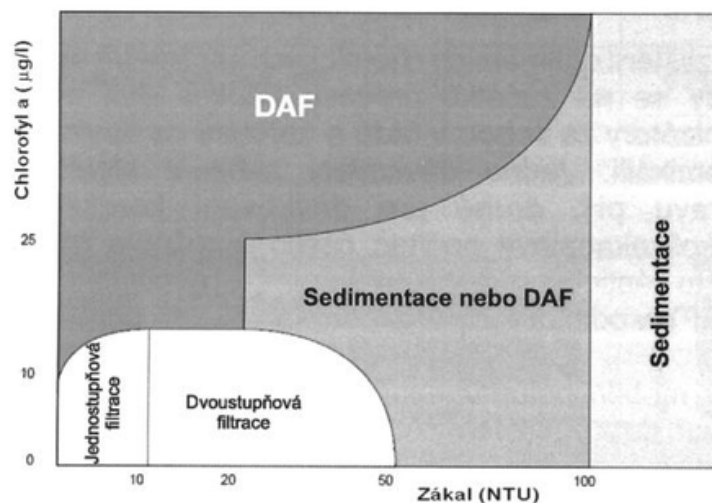
Třetí a další stupeň separace se na úpravách vody volí v případě velmi špatné kvality surové vody, nebo v případech vysokých nároků na kvalitu surové vody. V těchto případech lze zavést buď variantu dvoustupňové separace s následnou doupravou vody, nebo zařadit více separálních stupňů za sebou. Z poznatků získaných pro tuto diplomovou práci, lze říci, že první varianta je v České republice více využívána, zejména však u nově zrekonstruovaných provozů. Pro třetí stupeň separace se často využívají tyto následující objekty: [1]

- Membránové filtry
- Speciální filtry (odstraňující konkrétní látku - odmanganování)
- Filtrace přes granulované aktivní uhlí (douprava)



Obr. 2.1 Schéma úpravy vody se třemi separačními stupni [2]

Vhodnost zvoleného separačního stupně na úpravě vody lze zhodnotit podle následujícího grafu oblastí vhodných pro daný separační proces. Hodnocení spočívá v porovnání hodnot zákalu a chlorofylu. Podle výsledku se dá stanovit vhodnost zvoleného typu separace při zadaných parametrech surové vody (na vertikální ose lze použít i hodnoty chemické spotřeby kyslíku, rozpuštěného organického uhlíku, celkového organického uhlíku nebo barvy). [4]



Obr. 2.2 Oblasti vhodného výběru separačních procesů [4]

2.1 USAZOVACÍ NÁDRŽE

2.1.1 Popis procesu

Sedimentace je proces, při kterém dochází k vyseparování pevných látek obsažených ve vodě vlivem gravitačních sil. Nedochozí-li k vzájemnému ovlivnění částic při sedimentaci, jedná se o tzv. volnou sedimentaci. V opačném případě se jedná o rušenou sedimentaci. Samotný princip sedimentace je závislý kromě jiného na vlastnostech suspendovaných částic obsažených v upravované vodě, jako např. původ, složení, elektrický náboj, tvar a velikost částice či hustota. Pohyb částic při usazování je ovlivněn třemi silami, a to tíhou částice, vztlakem vody a odporem prostředí. U větších částic dochází vlivem gravitačních sil k jejich usazení na dně nádrže. Menší částice ve vodě jsou obsažené v suspenzi působením fyzikálních sil na samotných částicích, které mají stabilizační účinek. Většina pevných suspendovaných látek ve vodě má negativní náboj, a protože jich je ve vodě víc, nedochází k jejich usazování a shlukování, kvůli jejich zápornému náboji. Sedimentační nádrže pracující na již zmíněném principu jsou jedním z nejčastěji používaných technologií na úpravách vody. Tato technologie je zejména určená k odstraňování organického znečištění (ovlivňující barvu a může být i prekurzorem vedlejších produktů dezinfekce), zakalení a pevných látek ve vodě a velkého množství chemických sraženin. Sedimentační nádrž je na systému úpravy vody řazena jako první separační proces. Počáteční podmínkou přitékajícího proudu na přítoku je snížení rychlosti dopravované vody do nádrže, aby celý proces probíhal, tak jak má. I když se voda po průchodu může zdát čistou, většinou je snaha, aby po sedimentaci následovala alespoň filtrace a hygienické zabezpečení chlórem.

Sedimentace se konkrétně řadí před filtraci a zároveň za koagulaci a flokulaci. Po přidavku koagulantu a následném promícháním se surovou vodou dochází k reakci s koloidními látkami obsaženými v upravované vodě, přičemž vznikají málo separovatelné mikrovločky a malé vločky. Této fázi se říká perikinetická. Po této fázi následuje ortokinetická fáze, při které dochází k intenzivnímu míchání v tzv. flokulačních nádržích, kde přicházející upravovaná voda s malými vločkami a mikrovločkami se vlivem míchání nabaluje do větších separovatelných vloček nebo může dojít k promíchání přidávaného koagulantu v tzv. mísičích. Jak koagulaci, tak i flokulaci je potřeba, aby provozovatel odzkoušel v provozních zkouškách, tak aby se co nejlépe tvořili vločky. Správná funkce sedimentace je ovlivněna hned několika faktory:

- Výkon jednotlivých sedimentačních nádrží
- Dostatečná velikost nádrže pro sedimentaci
- Tvar nádrže
- Doba zdržení vody v nádrži
- Druh použitého koagulantu a jeho promíchání
- Zabráněním vzniku zkratových proudů

- Údržba a správná funkce strojního zařízení (shrabováku)
- Četnost odkalování nádrže
- Prováděná údržba stěn a dna nádrže

Správná velikost nádrže je důležitou součástí, se kterou je nutno počítat již při samotném vzniku projektové dokumentace. Do úvahy se musí brát projektovaný výkon úpravy a tedy objem vody, který se zde bude upravovat. Podle množství přiváděné surové vody a maximálních projektovaných výkonů jednotlivých nádrží pro sedimentaci se navrhuje jejich počet, i s ohledem na dodržení určité požadované doby zdržení vody v nádrži. Ideální doba zdržení je závislá na počáteční hodnotě zkalu a požadavcích na kvalitu vody pro následnou úpravu vody. V projektové fázi je dále potřeba zvolit i správný tvar a s tím souvisí i správně zvolený přítok a odtok, tak aby nevznikali žádné zkratové proudy v nádrži a aby všechna voda plynule protékala v celé ploše nádrže. Protože prostou sedimentací není možno docílit dostatečné účinnosti proti většině nečistot, přidávají se do vody koagulanty. Účinnost koagulantů je závislá například na teplotě či hodnotě pH. Koagulanty se dávkuje ještě před procesem sedimentace, tak aby bylo zajištěno jejich promíchání se surovou vodou a poté aby vzniklé vločky mohli sedimentovat až v usazovacích nádržích. K dávkování dochází buď ve flokulačních nádržích, nebo v tzv. mísičích, kde dochází k jejich promíchání a k fázi vzniku a nabalování vloček.



Obr. 2.3 Ocelový kónický mísič na úpravně vody Hamry

Pro určení správných dávek koagulantu je výhodné využít sklenicové optimalizační zkoušky neboli jar testu, tento test zohledňuje hodnoty pH, účinnost daného koagulantu a velikost jeho dávky. Mezi nejčastěji používané koagulanty lze považovat soli hliníku a železa, konkrétně například síran železitý a síran hlinitý, i když od síranu hlinitého se poslední dobou upouští, kvůli tomu že hliník zde obsažený působí negativně na veřejné zdraví. Avšak podle zpráv světové zdravotnické organizace WHO, jsou tyto pověry nepodložené a podle studií, které si nechala vypracovat, nedochází ke vznikům zdravotních rizik, při používání síranu hlinitého. Je

potřeba počítat i s případy vzniku poruchy nebo údržby na nádrži, aby bylo možné nádrž případně odstavit a poruchu nebo údržbu tak vyřešit v klidovém stavu mimo provoz, a následně pak vodu nechat protékat obtokovým potrubím nebo zvýšit průtok vody na ostatních nádržích sedimentace. V neposlední řadě je důležitou součástí provozu, na všech objektech na úpravě vody jejich údržba. Jednou z nedílných součástí údržby na usazovacích nádržích je jejich odkalování. Jejich četnost a intenzita se řídí počátečními parametry vody nebo takovým obsahem suspendovaných látek, které by vytvářelo nadměrné množství vloček a ve velkém počtu tak sedimentovaly v nádrži a zanášely na dně kalový prostor. Tyto pochody je potřeba vypořádat během zkušebního provozu. K dalším pravidelným údržbovým pracím patří zajištění správného chodu strojního shrabovacího zařízení. Toto zařízení v pravidelných intervalech stírá hladinu a dno nádrže. Při údržbě je potřeba zkontrolovat všechny strojní součástky stíracího zařízení. Tato údržba se provádí ve vyprázdněné nádrži. S touto údržbou souvisí i pravidelné čištění stěn a dna nádrže, a jeho četnost je závislá především na úrovni zákalu ve vodě, avšak i při nižších hodnotách zákalu je potřeba dbát na tuto údržbu, aby nedocházelo k nečekaným událostem při vzniku mikrobiální kontaminace. [12], [9]

2.1.2 Rozdělení usazovacích nádrží

V současnosti nejpoužívanější usazovací nádrže lze rozdělit do několika kategorií například podle jejich materiálů, konstrukčního provedení nebo jejich rozdílností v provozu. [2]

Dle umístění v místnosti:

- Krytá nádrž (se zastřešením)
- Otevřená nádrž (bez zastřešení)

Dle tvaru nádrže:

- Kruhové
- Čtvercové
- Obdélníkové

Dle materiálu nádrže:

- Plastové
- Ocelové
- Nerezové
- Železobetonové monolitické (s keramickými obklady)
- Železobetonové montované (s keramickými obklady) – jen podélné

Dle typu provozu:

- Průběžné – rychlost průtoku vody v nádrži je pouze snížena, tak aby proběhla sedimentace.
- Přerušované (klidové) – rychlost průtoku vody nádrží je snížena na nulu a po ukončení sedimentace se vypustí a znovu napustí.

Dle materiálu vystrojení:

- Nerezové
- Plastové

Dle konstrukce nádrže:

- Patrové
- Lamelové
- Vysokorychlostní usazovací nádrže
- Trubkové
- Deskové
- Klasické konvenční

Dle přítoku vody do nádrže:

- Ze středu nádrže (vertikální proudění)
- Z boční části nádrže (horizontální proudění, radiální horizontální průtok)

2.1.3 Zóny a části nádrže

Prostor každé sedimentační nádrže lze rozdělit do čtyř základních částí, zajišťující její správné fungování (Obr. 2.4):

- 1) Vtoková část
- 2) Usazovací zóna - účinný prostor sedimentace
- 3) Kalový prostor
- 4) Odtoková část

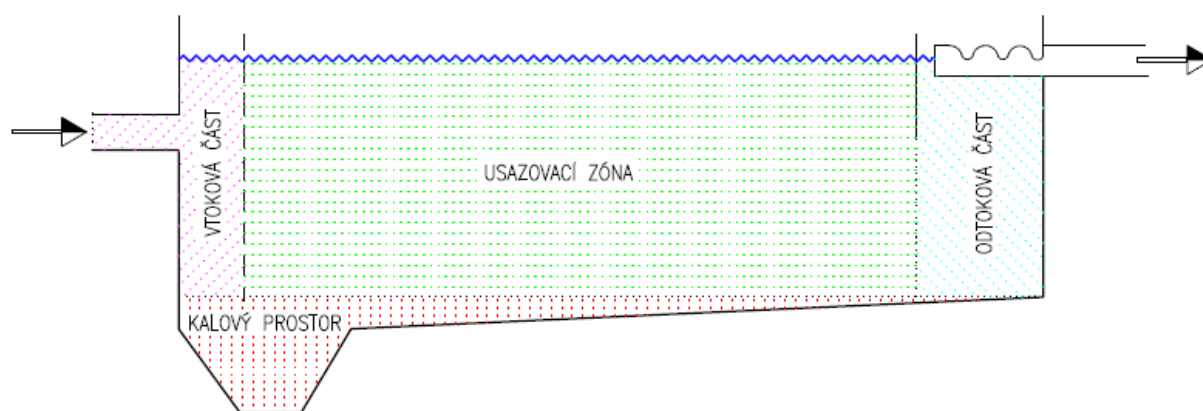
Vtoková část slouží k distribuci vody do nádrže a také ke kontrole její rychlosti. Zajišťuje i rovnoměrné rozložení přítoku upravované vody do nádrže, ať už přímočarým nebo radiálním prouděním. U klasických usazovacích nádrží bývá na přítoku instalována přepážka (normá stěna), lepší variantou je, když touto překážkou je perforovaná překážka nebo jejich kombinace (normé stěny a perforované přepážky). Voda v této vstupní části tak nemusí podtékat pod touto normou stěnou, a musí protékat skrz a slouží ke snížení rychlosti přitékající vody a pomáhá vytvářet klidné a bez turbulentní podmínky proudění v následné účinné usazovací zóně.

V usazovací zóně dochází k hlavní fázi sedimentace, kde vlivem gravitačních sil se usazují suspendované látky obsažené ve vodě. Jedná se o oblast nádrže s největším objemem. Rychlost proudění je zde oproti přítoku menší. Usazené látky se zachycují na dně nádrže v tzv. kalovém prostoru.

Kalový prostor obsahuje látky, které sem sedimentovaly. Rychlost v této zóně by měla být dostatečně pomalá, aby nedocházelo k znovu uvedení kalu do vzhledu. Odstraňování kalu se může provádět několika způsoby, buď samovolně skloněnou plochou dna nádrže, další

možností je ruční odstraňování kalů a poslední a nejčastější variantou je shrabování pomocí nepřetržitého nebo přerušovaného mechanického strojního shrabování.

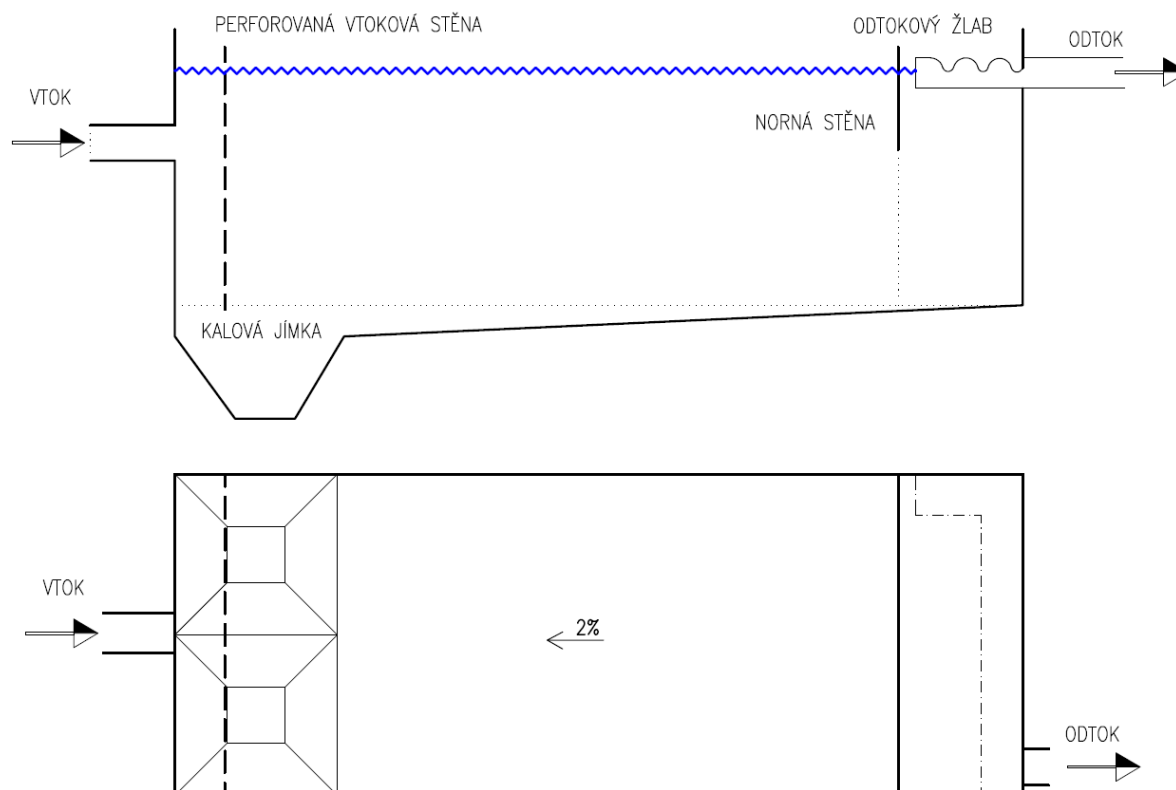
Odtoková část nádrže je běžně opatřena také nornou stěnou nebo jinou přepážkou, která zabraňuje proniknutí plovoucích nečistot na další stupeň úpravy, odtud voda pokračuje do odtokového žlabu a odtokového potrubí na další proces úpravy. Odtok stejně jako přítok musí zabraňovat vzniku zkratových proudů. I proto bývá hrana odtokového žlabu opatřena ocelovou, plechovou nebo plastovou přelivnou hranou, která mívá tvar písmena „V“ a musí zajišťovat rovnoměrné rozložení odtokového proudu vody. Odtoková část se u obdélníkové nádrže nachází na protější straně přítoku a u kruhových a čtvercových nádrží se nachází kolem nádrže při okraji. [9]



Obr. 2.4 Rozdělení obdélníkové nádrže na jednotlivé zóny

2.1.4 Obdélníková nádrž

Tento typ sedimentačních nádrží je nejčastějším typem na úpravách vody v ČR, protože je nejjednodušším a hydraulicky stabilním typem nádrže i pro velké objemy vody. Jsou navrženy tak, aby přítékající voda proudila rovnoběžně s nejdélší stranou nádrže a na druhé straně odtékala přes žlab do odtokového potrubí, jedná se o tzv. přímočaré proudění. Proudění musí být rovnoměrně rozloženo po celé šířce nádrže, tak aby se, co nejvíce minimalizoval vznik zkratových proudů, tak aby docházelo ke správnému procesu sedimentace. Toho je docíleno částečně konstrukcí nádrže, ale nejlépe například nátokem surové vody přes děrované stěny. Konstrukce těchto nádrží bývá obvykle z betonu nebo oceli a jejich dno je konstruováno s mírným podélným a příčným sklonem svahovaným směrem k přítoku vody do nádrže. Podélný sklon se pohybuje kolem 1-2 % a příčný sklon kolem 0,5 - 1 % směrem k ose. Tento sklon slouží pro usnadnění odkalování nádrže, díky čemuž se snáze kal posouvá do kalového prostoru jímky. [9]



Obr. 2.5 Obdélníková nádrž

2.1.5 Kruhová a čtvercová nádrž

U tohoto typu sedimentace je voda přiváděna do středu nádrže a výsledná upravená voda odtéká od středu směrem ven do krajů, jedná se o tzv. radiální proudění. I zde je nutné pro zajištění správné funkčnosti nádrže zajistit rovnoměrné rozložení přitékajícího proudu do nádrže, tak aby nevznikaly zkratové proudy, protože tento typ nádrží je náchylnější na vznik zkratových proudů. Dno těchto nádrží je vyspádované od krajů nádrže směrem ke středu do kuželovitého tvaru, tak aby se usazený kal snáze odstraňoval, což je výhoda oproti klasickým obdélníkovým nádržím. U hranatých nádrží bývá problém s konstrukčním řešením odstraňování usedlých nečistot na dnech nádrží v rohových částech.

Dalšími modifikacemi tohoto typu sedimentace jsou nádrže se stejnou konstrukcí nádrže, ale odlišným přítokem a odtokem vody. Jedná se o nádrže s přítokem z boku a se spirálovitým přítokem. U nádrže s přítokem z boku je voda přiváděna z vnějšku přítokovým otvorem a proudí směrem do středu. U druhého zmiňovaného je voda vyvedena do nádrže několika přítoky pod určitým úhlem, čímž je zajištěno spirálovité proudění v nádrži a následně voda odtéká do středu do kolektoru. [9]

2.1.6 Mělká sedimentace

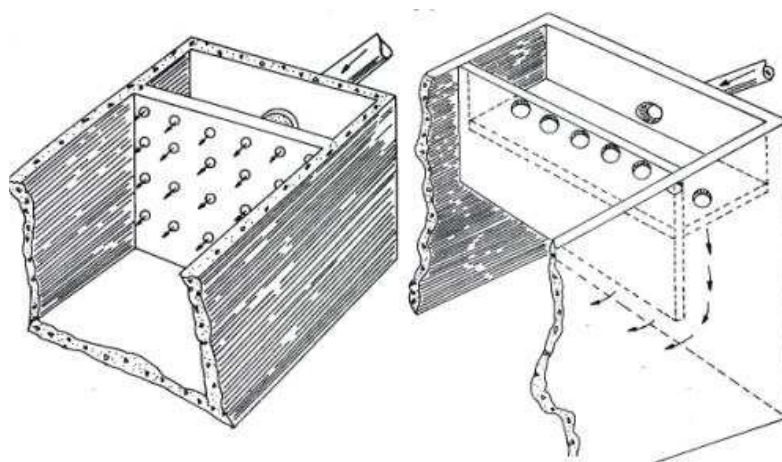
Hlavní důvod proč zvolit mělkou sedimentaci namísto klasické sedimentace je, že potřebuje kratší dobu zdržení vody v nádrži, k provedení sedimentace. Nádrže tohoto typu mají oproti

klasickým nádržím menší hloubku, ale spoléhají na větší plochu sedimentace, která je vytvořená umístěnými deskami nebo trubkami. Konstrukci těchto nádrží lze rozdělit na trubkové a deskové usazovací nádrže. Tento typ nádrží je vhodný jak pro nové, tak i pro staré nádrže, kde se používá pro zvýšení účinnosti úpravy vody, avšak k zajištění její správné účinnosti je potřeba hlídat správné dávkování koagulantu. Výhodami tohoto systému je zvládnutí rychlosti proudění ve velikostně menší nádrži než u klasické sedimentace, dále lehkost konstrukce a konstrukční tuhost. Nevýhodou je, že po doplnění nádrže o tyto moduly, není zajištěna správná funkčnost, všech objektů úpravy, proto je nezbytné provést inženýrské zhodnocení všech objektů úpravy.

Vysokorychlostní (trubkové) usazovací nádrže se dělí dle tvaru trubek do několika kategorií, avšak princip jejich provozu je stejný. Trubky jsou umístěny v usazovací části cca 5 cm od sebe pod úhlem 50 až 60°, toto rozmezí zajišťuje samočisticí efekt. Upravovaná voda natéká ze směru vtokové části do usazovací, kde se nachází tyto trubky, na nichž dochází k usazování. Usazený kal poté stéká dolu z trubek do kalového prostoru a vyčištěná voda dále pokračuje nahoru ke hladině až k odtokovému žlabu. Na obdobném principu pracují i již zmiňované lamelové usazovací nádrže, které jsou výjimečné, že nejsou závislé na hloubce nádrže, důležitější u nich je počet a sklon umístěných lamel v nádrži. Tato doba zdržení bývá cca 15 minut, při nichž se usadí až 96% ladicitelných látek. Výhodou je jejich možnost využití ve starých nádržích, kdy se osadí do účinného usazovacího prostoru. [9]

2.1.7 Provoz sedimentačních zařízení

Pro zajištění stálého a plynulého provozu sedimentačních nádrží je dobré mít na provozovně alespoň dvě jednotky. Více jednotek slouží jako pojistka v případě poruchy nebo údržby, tak může být daná jednotka vyřazena z provozu, kvůli nutné údržbě či nastalé poruše. Plynulý provoz nádrže požaduje jednak rovnoměrné rozložení průtoku na přítoku (obr. 2.6), ale také i rovnoměrný a jednotný odtok z nádrže. Tento plynulý přítok zajišťuje ochranu proti vodním rázům, které by mohli narušit správný chod sedimentace (vznik zkratových proudů, narušení struktury vloček).



Obr. 2.6 Opatření na vtoku pro zajištění rovnoměrného průtoku nádrží [10]

Provoz sedimentačních jednotek je vesměs stejný u všech typů nádrže, ale některé odlišnosti jsou například dány typem konstrukce nádrže. Doba zdržení se většinou udává cca 4 hodiny, při úpravě povrchových vod, které jsou více znečištěné oproti podzemním vodám, které jsou prakticky čisté. Dobou zdržení se myslí teoretická doba trvání průchodu částice nádrží, ta může být ovlivněna zkratovými proudy nebo konstrukcí nádrže, proto pro měření správnosti provozu je lepším měřítkem množství vody přetečené přes přeliv. Množství vody přetékané přes přeliv ovlivňuje druh použitého koagulantu nebo i velikost poptávky po vodě od spotřebitelů. Je-li poptávka po vodě větší, musí se snížit doba zdržení vody v nádrži, což ovlivňuje kvalitu vody na odtoku. Proto se toto zhoršení musí řešit následně na dalším stupni úpravy vody. Konstrukce nádrží se dělí například na klasické konvenční, trubkové a deskové nádrže. Trubkové a deskové nádrže. Tyto nádrže jsou specifické, že průtok na odtoku je dvakrát až třikrát větší oproti klasickým obdélníkovým nádržím, a proto se do vody přidávají podpůrné koagulanty. [9]

2.1.8 Odkalování

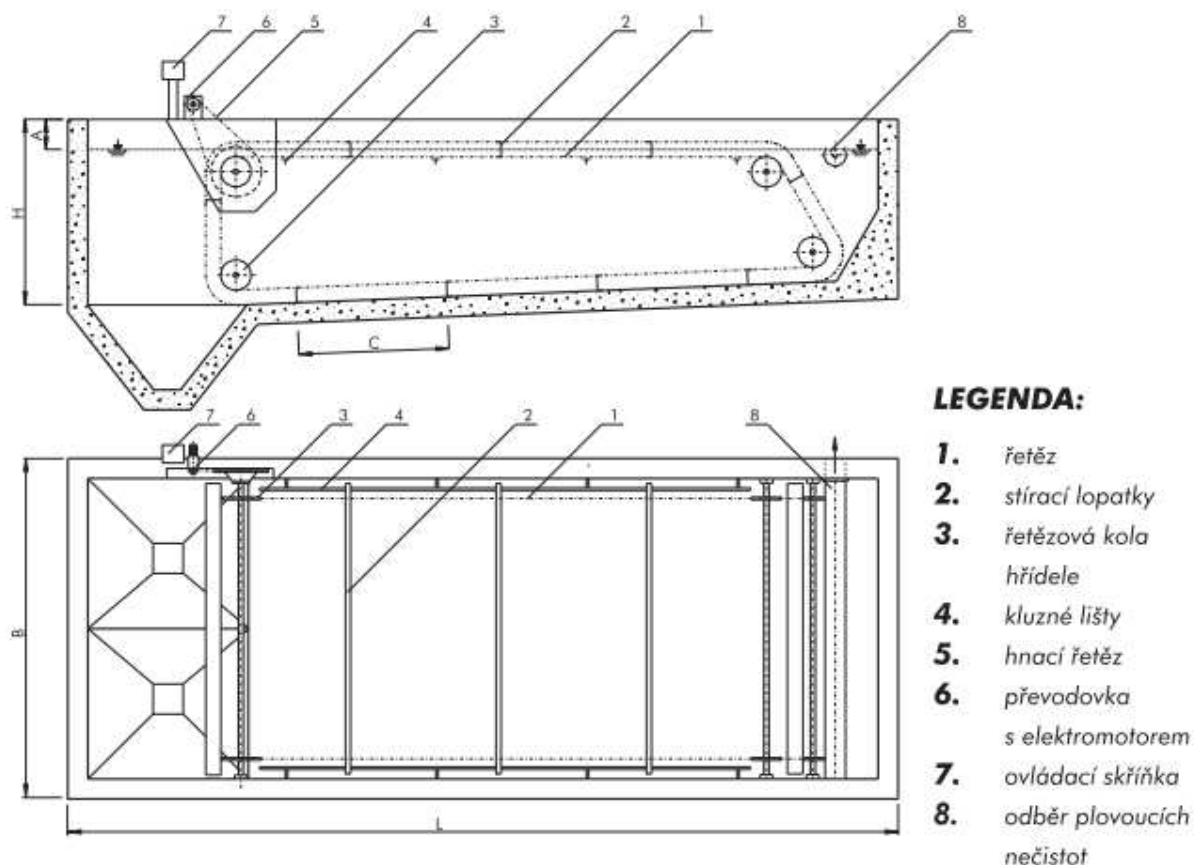
V důsledku hromadění suspendovaných látek během procesu sedimentace na dně nádrže, je nutné pro zajištění správné funkce usazovacích nádrží a pro zajištění požadované kvality upravované vody, provádět pravidelné odkalování nádrže. Nahromaděný suspendovaný kal se ukládá na dno a jeho odstraňováním se zamezí vzniku nežádoucího ovlivnění kvality upravované vody. Protože příliš velká vrstva kalu může být natolik silná, že ovlivňuje její odstranění ze dna a může také docházet vlivem rozkladu organických látek obsažených v kalu a příliš dlouhého setrvání kalu v nádrži k ovlivňování organoleptických vlastností vody (pach, chuť). U trubkových a deskových usazovacích nádrží o menší velikosti je z důvodu častějšího zanášení kalem nutno provádět četnější odkalování. Proces odkalování lze rozdělit na manuální a mechanické odkalování.

Manuální odkalování je proces, který se využívá u nádrží, kde nedochází k příliš častému zanášení vlivem velkého množství znečištění. Konstrukce těchto nádrží bývá opatřena sklonitým dnem směrem k přítoku, protože většina pevných látek se usadí právě zde. Velké množství nádrží se odkaluje přibližně dvakrát ročně, avšak u nádrží, kde se neprovádí dostatečně často odkalování je potřeba u nádrže mít dostatečnou hloubku kalového prostoru, aby se zajistila požadovaná akumulace nádrže a, aby nedošlo k omezení sedimentace.

Mechanické odkalování se provádí za pomoci shrabovacího zařízení různého druhu v pravidelném cyklu, kde dochází ke shrabování kalu z celé délky nádrže k odtoku kalového prostoru, v některých případech dochází i ke shrabování kalu plovoucího na hladině vody. K mechanickému typu lze řadit: [9]

- Řetězový shrabovák - Ten bývá umístěn po stranách nádrže a jeho plastové nebo ocelové řetězy a hřídele jsou umístěny a vedeny ke dnu tak, aby se umožnilo shrabování kalu v tomto prostoru za pomoci vyztužených plastových shrabovacích prvků (obr. 2.7).

- Pojezdny mostový shrabovák – Jeho konstrukce je umístěna kolmo na směr proudění a pohyb je zajištěn za pomoci osazených kol, které se pohybují po kolejnici na stěnách nádrže. Tento typ může být použit pro více nádrží zároveň.
- Pontonový most s čerpáním – Most je poháněn motorem a je umístěn po celé délce nádrže, a kal je odstraňován s pomocí kalového čerpadla.



Obr. 2.7 Řetězový shrabovák plastový se stíráním hladiny (KUNST, spol. s.r.o.) [23]

2.1.9 Likvidace odpadů

Nedílnou součástí provozu separačních procesů je vznik kalu, který buď plave při hladině, nebo se usazuje ke dnu, kde se hromadí, a proto je potřeba jej pravidelně odstraňovat, aby nedocházelo k zatuhnutí daného kalu nebo ovlivnění organoleptických vlastností vody v nádrži. K odstranění kalu z nádrže se využívá procesu zvaného odkalování. Do odpadu se dostane také kal, který je při hladině nebo je usazen při dnu a neposune se směrem k odtokové kalové jímnici. K tomuto účelu slouží strojní shrabovací zařízení, které pracuje v přerušovaném provozu. Při odkalování dochází k dopravování kalu z kalového prostoru na další zpracování v kalovém hospodářství úpravy vody. Zpracování kalu lze dělit následovně:

- Zpracování v kalových lagunách
- Zpracování v kalových lisech a odstředivkách
- Odvádění odpadu přímo na čistírnu odpadních vod

- Vypouštění do recipientu
- Recyklace odpadní vody

Je-li v areálu úpravný vody dostatečný volný prostor, je výhodné využít pro účely kalového hospodářství kalových lagun. Laguny jsou výhodné z hlediska jejich jednoduchosti provedení, kdy jsou kaly čerpány na tyto kalová pole a zde přibližně rok zasychají a až poté jsou kaly dále zpracovány a odváženy z úpravný. Zároveň s tím spojené jsou úspory za řízení provozu kalových lagun oproti jiným technologiím na zpracování kalu, jako jsou například kalolisy a odstředivky. Nevýhodou kalových lagun jsou jednoznačně jejich vysoké nároky na plochu a také i fakt, že i po roce zasychání se nemusí vyprodukovat takové množství kalové sušiny jako například v kalolisech (obvykle se jedná o 10%) a zároveň část vody se odvádí do nádrží recirkulátu. V případě kalových lisů se udává, že se vyprodukuje více kalové sušiny nejméně 20% z hmotnosti kalu, ta poté může být zpracována na skládkách nebo v zemědělství, a také kalolisy mají menší nároky na plochu. Nevýhodou tohoto mechanického zařízení jsou vyšší náklady na provoz a údržbu.

Pro provozovatele úpravný vody je jednou z ekonomicky nejvýhodnějších variant odvádět odpadní vodu z provozu přímo na čistírnu odpadních vod. V tomto případě se požaduje obvykle po provozovateli poplatek za zvýšené náklady čistírny odpadních vod a také je jeho povinností, aby kontroloval parametry vypouštěných odpadních vod, tak aby nepřekročily stanovené limity určené správcem kanalizací. Vypouštění odpadních vod z usazovacích nádrží je dnes zákonem zakázané, kvůli negativním účinkům některých koagulantů a jejich kalů (tvorba usazenin, zhoršení organoleptických vlastností). Další možností využití odpadní vody v kalovém hospodářství je její recyklace, kdy se odebírá určité množství vody například z flotace odpadní vody z usazovacích nádrží. Tato voda poté může sloužit k různým provozním potřebám při údržbách zařízení nebo může tato voda být přiváděna na začátek procesu úpravy k surové vodě.

Tvorba kalu je závislá na kvalitě surové vody a typu použitého koagulantu, ten totiž ovlivňuje způsob nakládání kalu. Mezi nejčastěji používanými koagulanty patří soli hliníku (účinné při zlepšování zákalu ve vodě), ale i soli železa, tyto koagulanty produkují odlišné množství kalu v čase. Při zpracování kalů solí hliníku vzniká problém s jejich likvidací, proto je v současnosti snaha snižovat jejich dávky a pomáhat si při úpravě pomocnými polymery. Problém s likvidací kalu je i u železitých solí, které se usazují pomaleji, kvůli jejich malé hustotě. [9]

2.1.10 Monitorování procesu sedimentace

Monitorování procesu sedimentace se provádí několikrát denně prostřednictvím osobní prohlídky obsluhy a v ideálním případě se provádí prostřednictvím automatizovaného provozu, kdy se sledované parametry vody na přítoku a odtoku a případné poruchy zobrazí obsluze ve velící místnosti. U sedimentačních nádrží se nejčastěji sledují zákal a teplota vody, které nejvíce vypovídají o účinnosti úpravy vody v nádrži sedimentace. Teplota vody je potřeba monitorovat, alespoň jednou denně, protože tento faktor ovlivňuje viskozitu vody a tím i kvalitu usazování vody. Při nízkých teplotách je proto nezbytné, je-li to možné snížit

odběr vody z povrchových zdrojů a více odebírat z podzemních zdrojů. Nejdůležitějším faktorem je zákal, ten by se správně měl měřit alespoň třikrát denně. Při měření zákalu pomocí nových zákaloměrů, lze vést záznam o výsledcích měření zákalu na přístroji v horizontu několika desítek hodin. Na výstupu úpravně by zákal neměl přesáhnout hodnotu 1-2 NTU. Podle tohoto faktoru se nejlépe stanoví, zda je potřeba vylepšit účinnost úpravy v nádrži, nebo i v předchozích procesech (flokulace, koagulace). [9]

2.1.11 Provozní problémy

Provoz usazovací nádrže, nebo ucpání následné filtrace může být ovlivněno několika následujícími příčinami. Mezi nejčastějšími provozními problémy vznikajícími na usazovacích nádržích patří:

- Vznik zkratových proudů
- Špatná tvorba vloček
- Vliv povětrnostních podmínek
- Hustota proudu vody
- Růst řas

Zkratové proudy vznikají, v případech, kdy je nádrž špatně navržena. Jedná se o případy, kdy je přítok vody do nádrže navržen tak, že proud vody nevtéká do nádrže rovnoměrně v celé šíři, čímž proudnice vody neprotékají celou nádrží. Problém může vznikat i v případech, kdy přitékající voda ihned naráží na pevnou překážku. Tento problém lze řešit, tak že přitékající voda nejprve bude protékat skrz děrovanou překážku, která rovnoměrně rozdělí přitékající proud vody dále. Další možnou příčinou je, když voda proudí v nádrži příliš rychle a není tak zajištěna požadovaná minimální doba zdržení vody v nádrži. Zda ve zkoumané nádrži dochází k průtokům zkratových proudů, lze zjistit například nerovnoměrným rozložením usazeného kalu po dně. To lze zkontrolovat testem dávkování barviva do vody a sledováním vzniklých proudnic vody.

V případě špatné tvorby vloček se ve vodě v nádrži sedimentace vyskytují vločky, které jsou buď příliš malé, nebo příliš velké, což negativně ovlivňuje jejich usazovací schopnosti. Kromě toho tento proces ovlivňuje také tvar, velikost a hustota vzniklých vloček ve vodě. To může být způsobeno hned několika příčinami, jako jsou například nesprávný typ či dávky použitého koagulantu, nebo se může jednat o příliš pomalé míchání, díky čemuž nedojde k dostatečnému promíchání vody s dávkovaným koagulantem. Tento provozní problém lze řešit buď zrychlením míchání, využitím podpůrného koagulantu, nebo přidáním přepážky do flokulační nádrže. Avšak i v případě, kdy proces koagulace a flokulace probíhá tak jak má, tak může dojít k rozpadnutí vzniklých vloček při dopravě do usazovací nádrže. Problémem může být přílišné zakroucení přívodního potrubí, použití regulačních klapek na přítoku, nebo v případě kdy je přítok vyveden nad hladinu a tyto vločky se poté rozbíjí při dopadu o hladinu.

Vliv povětrnostních podmínek se týká otevřených nádrží, převážně v nekrytých budovách, kdy může dojít k znečištění hladiny vody nečistotami sem zanesenými větrem. Vítr může

následně způsobit vznik zkratových proudů. Řešením tohoto problému je postavení bariéry kolem nádrže.

Provozní problém vzniklé rozdílnou hustotou vody v nádrži, může být zapříčiněna několika důvody. Prvním důvodem může být, kdy přitékající surová voda je chladnější než stávající voda v nádrži. Dalším důvodem může být přitékající voda s větší koncentrací nerozpuštěných látek než stávající voda v nádrži. V obou případech dochází k tomu, že přitékající voda klesá ke dnu nádrže a zapříčiňuje tak vznik zkratových proudů a hromadění vzniklého kalu na dnu nádrže. Což způsobuje následnou větší spotřebu dávkovaných koagulantů nebo větší dobu zdržení.

Problém s růstem řas na stěnách nádrže, patří mezi záležitosti otevřených nekrytých nádrží. Jejich růst je podporován zejména slunečním zářením, které způsobuje následně jejich růst po stěnách nádrže. Vznik řas může mít hned několik následných potíží, a to když uvolněné řasy působí potíže v následném stupni úpravy vody například, když dojde k ucpaní filtrů. Dále delší přítomnost řas ve vodě způsobuje ovlivnění organoleptických vlastností vody. Tomuto problému se předchází chlorováním, ale lze se bránit i směsí síranu měďnatého a hydroxidu vápenatého aplikované na stěny, v momentě vypuštěné nádrže pomocí kartáčů. [4]

2.1.12 Faktory ovlivňující sedimentaci

Proces sedimentace je ovlivňován mnoha faktory. Mezi nejběžnější faktory, které by měla obsluha monitorovat patří:

- Teplota vody
- Hustota vody
- Typ proudění
- Vlastnosti usaditelných částic ve vodě

Vliv teploty vody na kvalitu úpravy vody není příliš velký, teplota má, ale vliv na usazovací rychlost pevných částic v nádrži, a tím se i může ovlivnit i výsledná doba zdržení vody. V dobách letních měsíců, kdy je teplota nejvyšší je doba zdržení v nádržích nejmenší, a proto může usazovacími nádržemi proudit rychleji voda, a tím může i celá úpravna vody produkovat větší objemy vody. Naopak v zimních měsících, kdy je surová voda chladnější, už dochází ke zpomalování usazovacích rychlostí. Řešením v tomto případě pro provozovatele je buď zvýšení doby zdržení, nebo změnit dávkování koagulantů.

Dalšími nepříznivými faktory jsou hustota vody, která ovlivňuje rovnoměrnost přítoku a vznik zkratových proudů, v případě odlišně hustoty vody v nádrži a na přítoku. Ke vzniku zkratových proudů může docházet i v případě konstrukčních nedostatků, kdy například přitékající surová voda naráží na přítoku do přepážky, takovým způsobem že vzniká turbulentní proudění.

Vlastnosti, jako hustota, velikost a tvar částic ovlivňují usazovací schopnosti ve vodě. Například je-li tvar spíše kulatý, než jinak nepravidelný, usadí se snáze. Dále u částic o větší hustotě a velikosti jako jsou štěrk a písek se usadí i bez pomocné chemie, naopak látky menší

velikosti obsažené ve vodě se neusadí, dokud nedojde k jejich vysrážení pomocí koagulantů (soli železa nebo hliníku). [4]

2.1.13 Bezpečnostní opatření

Dalším aspektem, který se posuzuje u nádrží sedimentace, je jejich bezpečnost:

- Během údržby
- Během provozu
- Během monitoringu nebo návštěvy nádrže

Během údržby nádrže, musí obsluha, která jí provádí počítat s tím, že povrch dna nádrže může být kluzký vlivem výskytu kalu nebo řas. Pro bezpečný vstup do nádrží je potřeba, aby zde byl nainstalován žebřík nejlépe nerezový. Provozní bezpečnostní opatření se týkají především strojního zařízení, které by mělo mít ochranné kryty, aby nedošlo k jejich ucpání nečistotami či jinými prvky. Pro běžný monitoring, jedná-li se o klasické otevřené nádrže, by měly být v blízkosti nádrže záchranné prvky, jako jsou například záchranný kruh nebo záchranné tyče. Kolem celé nádrže včetně lávek musí být nerezové zábradlí, aby se zabránilo případnému pádu osob do vody. Užitečným bezpečnostním prvkem je i povrch podlahy kolem otevřených nádrží, který by měl být protiskluzný. [9]

2.1.14 Údržba

Údržba sedimentačních nádrží by měla být prováděna alespoň jednou ročně. Zároveň při ní je ideální příležitostí provést i opravy nebo kontroly strojního shrabovacího zařízení (kontrola hřidel, řetězů...). Nejprve je potřeba vypustit danou nádrž. Poté se při údržbě obsluha zaměřuje na čištění stěn a dna nádrží nejčastěji pomocí různých potravinářských prostředků na čištění sraženin, případně i řas z povrchu nádrží. Dále pomocí kartáčů a následné opláchnutí vodou pod tlakem (wapka). Na přítoku je nutné sledovat, zda není děrovaná přepážka ucpaná, čímž by mohla ovlivňovat rovnoměrnost přítoku.

2.1.15 Návrhové parametry

Návrhové parametry usazovacích nádrží jsou ovlivněny několika technickými a provozními faktory.

- Návrhový průtok
- Počet nádrží
- Rozměry nádrží
- Doba zdržení
- Objemy jednotlivých zón nádrže
- Půdorysná plocha účinné sedimentační zóny
- Průtočná (horizontální) rychlost
- Usazovací rychlost
- Povrchové hydraulické zatížení

- Froudovo a Reynoldsovo číslo

Při návrhu je nejprve znát návrhový průtok, podle které se poté posoudí ostatní parametry jako počet nádrží, jejich rozměry, doba zdržení atd.

Návrhový průtok závisí na poptávce spotřebitelů a ovlivňuje i počet nádrží avšak podmínkou je, aby byly navrženy vždy alespoň dvě jednotky.

U rozměrů nádrže se sledují zejména její hloubka a poměr půdorysných rozměrů nádrže. Hloubka se volí zpravidla v rozmezí 2,0 až 5,0 metrů s ohledem na požadovanou dobu zdržení. Poměr půdorysných rozměrů má také vliv na účinnost (Tab. 2-1). Délka nádrže je zpravidla dvojnásobek až čtyřnásobek šířky. [10]

Tab. 2-1 Účinnost sedimentační nádrže s ohledem na rozměry [34]

Poměr $H_2 : L_1, H_2 : D$	1 : 4	1 : 8	1 : 12	1 : 16	1 : 20	1 : 24
η – horizontální	0,4	0,42	0,45	0,5	0,58	0,65
η – radiální	0,22	0,38	0,44	0,45	0,42	0,32

Doba zdržení vody v nádrži má zásadní význam na účinnosti úpravy, čím delší je tím je větší účinnost. Aby se vyseparovalo alespoň 90% látek, udává se, že je doba zdržení mezi 1,5 a 2 hodin.

$$t_{sk} = \frac{V_{sk}}{Q_1} \quad [\text{hod}] \quad V_{sk} = b \cdot l \cdot h_u \quad [\text{m}^3] \quad Q_1 = \frac{Q_N}{n} \quad [\text{l/s}] \quad (2-1)$$

Kde:

t_{sk} – skutečná doba zdržení [hod]

n – počet nádrží [-]

V_{sk} – skutečný objem nádrže [m^3]

h_u – účinná hloubka [m]

Q_1 – průtok jednou nádrží [l/s]

b – šířka nádrže [m]

Q_N – návrhový průtok úpravnou [l/s]

l – délka nádrže [m]

Rychlost usazování je ovlivněna vlivy, které působí na částice a její běžná hodnota se pohybuje mezi 0,4 až 0,5 mm/s.

$$u_s = \frac{h}{t_{sk}} \quad [\text{m/hod}] \quad \Rightarrow \frac{u_s \cdot 1000}{3600} \quad [\text{mm/s}] \quad (2-2)$$

Kde: t_{sk} – Doba zdržení vody v nádrži [hod]

h – hloubka vody v nádrži [m]

u_s – usazovací rychlost [mm/s]

Rychlost vody přitékající do nádrže nesmí být větší než 20 mm/s, jinak dochází k rozrušování struktury vloček v důsledku promíchávání této vody. Rozrušené vločky mají horší usazovací vlastnosti.

$$h = \dots [m] \quad \Rightarrow v = \frac{Q \cdot h}{b} \quad [m/h] \quad \text{převodění} \Rightarrow \frac{v \cdot 1000}{3600} \quad [mm/s] \quad (2-3)$$

kde: v – průtočná (horizontální) rychlost [mm/s]

h – hloubka vody v nádrži [m]

Povrchové hydraulické zatížení má vliv na účinnost separačního procesu a na druh využití sedimentace. Požadované povrchové zatížení pro daný typ aplikace je zobrazen v následující tabulce (Tab. 2-2).

Tab. 2-2 Rozsah povrchového hydraulického zatížení pro daný typ aplikace [2]

Aplikace	[m ³ /m ² .h]
Odstranění zákalu	1,3 – 2,0
Odstranění zbarvení	1,0 – 1,7
Redukce vysokého obsahu řas	0,8 – 1,3

Vyjadřuje se poměrem průtokového množství vody a plochy nádrže.

$$v_{sz} = \frac{Q}{S} \quad [m^3/m^2.h] \quad S = b \cdot L \quad [m^2] \quad (2-4)$$

Kde: Q – Průtokové množství vody [m³/h]

S – Plocha nádrže [m²]

v_{sz} – Povrchové hydraulické zatížení [m³.m²/h]

b – Šířka nádrže [m]

L – Délka nádrže [m]

U usazovacích nádrží se sledují účinky prospěšné na odstranění zejména zákalu, protože zákal je důležitým ukazatelem účinnosti sedimentace. [10]

2.1.16 Účinnost sedimentace

Účinnost sedimentace lze rozdělit podle toho, zda se jedná o prostou sedimentaci nebo o sedimentaci ovlivněnou pomocí koagulantů. U prosté sedimentace se udává účinnost nad 80% a je zajištěna dobrá účinnost pro snižování zákalu ve vodě, ale už menší účinnost při snižování mikrobiální kontaminace. Se snížením výsledného zákalu dochází ke zlepšení podmínek pro sedimentaci alepší se tak i vizuální kvalita vody, čímž dojde i k omezení stížností ze strany spotřebitelů. V neposlední řadě výhodou snížení zákalu ve vodě pouštěné do distribuční sítě je, že nedochází k negativnímu ovlivňování zbytkového rezidua dezinfekce vody a nedochází tím i k mikrobiálnímu množení v potrubí. Při dodržení větší doby zdržení upravované vody v nádrži až přibližně na pár hodin je prokázáno, že dojde postupnému usazování větších částic o velikosti písku či bahna až po více jemnější částice nečistot ve vodě. S odstraněním některých suspendovaných látek ve vodě může zároveň dojít i

k odstranění některých bakterií, virů a prvoků, které jsou na nich vázány. Snížení zákalu také zlepšuje mikrobiologickou jakost vody. [4]

Pokud na čištění vody obsahující rozpuštěné a jemné rozptýlené pevné látky (např. jílu), viry a bakterie už nepostačí klasická sedimentace pomocí jednoduchého gravitačního usazování, je potřeba využít účinků koagulantů, ať už chemického původu (síran železitý, síran hlinitý, polyaluminium chlorid – nebo-li práškové aktivní uhlí či tekuté alum), nebo přírodního původu (např. Chitosan, Moringa oleifera, opuncie, fazole), a tím zlepšit účinnost sedimentace a zkrátit dobu usazování sedimentů v nádrži. Přírodní koagulanty jsou výhledově určitě dobrou perspektivou pro budoucnost úpravy vody, avšak jejich použití v klasickém provozu je potřeba podrobit provozním zkouškám v reálném provozu na úpravě vody, v současnosti se využívají v Point of Use (POU) systémech.

2.1.17 Náklady

Usazovací nádrže co se týče provozních nákladů, nepatří mezi ty nejnáročnější technologie separační úpravy. Provozní náklady s nimi spojené lze rozdělit na tyto:

- Odkalování
- Údržba strojního zařízení
- Údržba povrchu stěn a dna nádrže
- Náklady spojené s provozem nádrže

U nádrží s prostou sedimentací jsou náklady spojené s výstavbou nízké oproti jiným technologiím stejně tak i náklady za provoz a údržbu těchto nádrží. Avšak je-li potřeba odstranit z vody jemnější částice je potřeba využít účinků koagulantů. Jejich přidávkem už náklady za úpravu vody stoupají, zde záleží i na typu zvoleného koagulantu. Provozní náklady značně ovlivňují počáteční vlastnosti surové vody. Obsahuje-li totiž voda zhoršené vlastnosti, jako například zvýšený zákal, huminové látky a organické znečištění, dochází k častému zanášení kalového prostoru vzniklými sedimenty (vloček a jiných nečistot) a to všechno ovlivňuje náklady za častější odkalování kalového prostoru a ovlivňuje to i četnost údržby strojního shrabovacího zařízení, povrchu stěn a dna nádrže. Při provádění údržby např. stěn a dna nádrží je důležité také jakými finančními prostředky provozovatel disponuje, a zda danou údržbu je schopen provést pouze pomocí vysokotlakých čističů (lidově řečeno wapky) a pomocí kartáčů nebo je k tomu zapotřebí i různých potravinářských prostředků na čištění nádrží. [11]

2.1.18 Výhody a nevýhody

Výhody

- Jednoduchá technologie separační úpravy vody.
- Nízké náklady na provoz v porovnání s jinými technologiemi separace prvního stupně.
- Může snížit hodnotu zákalu ve vodě, tak aby mohla být voda následně účinně upravována na následujících objektech úpravy.
- Přídavkem koagulantů před sedimentačními nádržemi se docílí vyšší účinnosti odstranění těžkých kovů (např. olovo), biologického oživení (prvoci, bakterie, viry) a odstranění jiných nerozpustných látek. Tyto koagulanty jsou však drahé v porovnání s přírodními koagulanty jako např. Moringa oleifera, nebo Chitosan, který je založen na bázi rozemletých skořápek mořských živočichů a dávkován jako prášek.
- Pomocí koagulantů se zkracuje i doba potřebná pro sedimentaci aniž by došlo ke snížení účinnosti. [11]

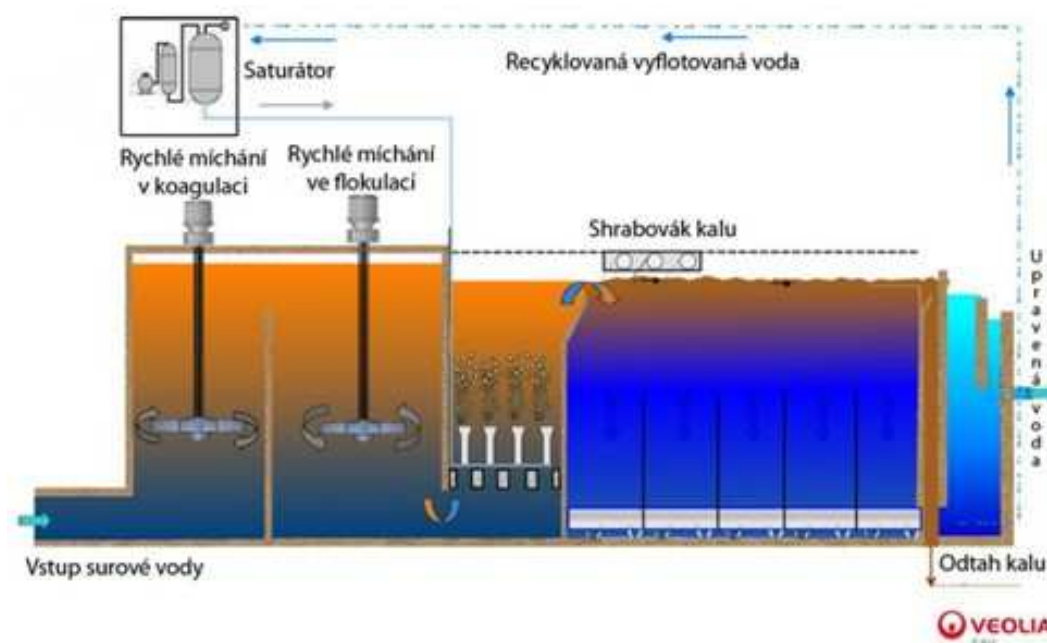
Nevýhody

- Prostorová náročnost, tak aby byla zajištěna dostatečná účinnost sedimentace.
- Prostou sedimentací není zajištěna taková schopnost úpravy rozpuštěných látek ve vodě, je nutné využít účinků koagulantů.
- Časová náročnost při nepoužívání koagulantů.
- Nutnost častého monitorování. Při dávkování koagulantů je nutno se řídit vlastnostmi vody jako např. pH vody (sklenicovou optimalizační zkouškou – jar test). Při nesprávném dávkování mohou být koagulanty toxické.
- V současné době nejsou přírodní koagulanty (např. Moringa oleifera , nebo Chitosan) v použitelné formě pro velké objemy vod. [11]

2.2 FLOTAČNÍ NÁDRŽ

2.2.1 Princip flotačního procesu

Principem flotace je využívání smáčivosti odstraňovaných dispergovaných (rozptýlených) látek o velikosti do 2 mm. Tyto látky mohou být kapalného i tuhého skupenství, přičemž jejich hustota může být větší, než je hustota vody. Při tomto procesu dochází nejprve k promíchávání vody a následně k probublávání vody. V kontaktní zóně dojde k spojení produkovaných mikrobublin se suspendovanými látkami ve vodě. V separační zóně mikrobublinky zachycují hydrofobní částice ve vodě, které jsou vynášeny na povrch, zde následně dochází k vytvoření plovoucí vrstvy kalové pěny. Tato pěna se mechanicky nebo hydraulicky odstraňuje a výsledná voda dále pokračuje na další proces úpravy. [7], [5]



Obr. 2.8 Schéma procesu flotace – Spidflow™ [5]

Procesy předcházející samotné flotaci

Aby byla zajištěna správná funkce separačního procesu flotace, je pravidlem předřadit před flotační nádrž proces flokulace. Často bývají oba tyto procesy spojené do jedné kompaktní jednotky, kterou takto výrobce dodává. [5]

2.2.2 Rozdělení flotačních nádrží

Úprava vody pomocí flotačních procesů, lze na systému úpravy vody řadit, jako první separační stupeň stejně jak tomu je u usazovacích nádrží. Proces flotace se dělí podle několika možných kritérií. [2]

Podle způsobu produkce vzduchových bublin:

- Aeroflotace (plynová flotace)
 - o Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF)
 - o Flotace dispergovaným vzduchem
- Vakuová flotace
- Chemická flotace
- Elektrolytická flotace (vytváří bublinky kyslíku a vodíku pomocí stejnosměrného proudu)

Dle umístění v místnosti:

- Krytá nádrž (se zastřešením)
- Otevřená nádrž (bez zastřešení)

Dle zapojení v procesu:

- Sériově
- Paralelně

Dle tvaru nádrže:

- Kruhové
- Obdélníkové

Dle materiálu nádrže:

- Plastové
- Ocelové
- Nerezové

Dle materiálu vystrojení:

- Nerezové
- Plastové

Dle přítoku vody do nádrže:

- Ze středu nádrže (vertikální proudění)
- Z boční části nádrže (horizontální proudění, radiální horizontální průtok)

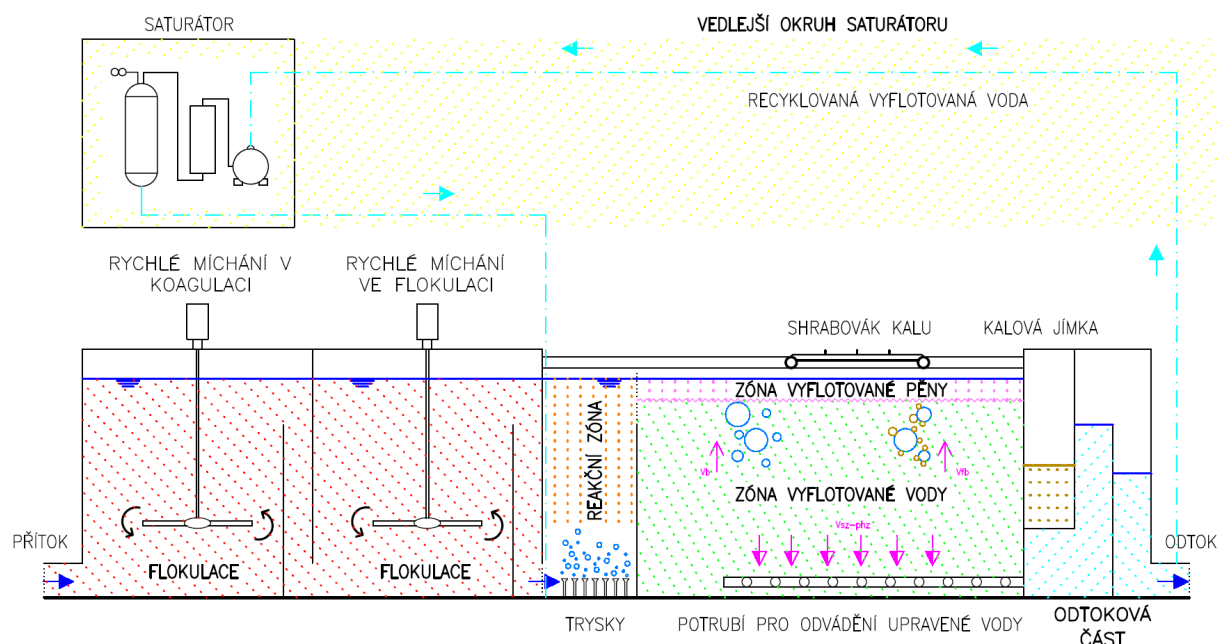
2.2.3 Zóny flotační nádrže

Samotná flotační jednotka se skládá z několika částí, jedná se o:

- Flokulace
- Reakční zónu
- Zónu vyflotované pěny
- Zónu vyflotované vody
- Odtoková část
- Vedlejší okruh saturátoru

V reakční zóně se do přitékající vody vnáší pod tlakem proud rozpuštěného kyslíku, čímž dochází ke vzniku shluků vloček a suspendovaných látek, které jsou vzniklými bublinkami vynášeny na hladinu, zde vzniká tzv. zóna bílé vody a jedná se o vyflotovanou pěnu. V zóně vyflotované pěny se nachází většina kalu. Tento kal se odstraňuje za pomoci shrabovacího zařízení, které může pracovat buď v kontinuálním, nebo přerušovaném provozu. Ekonomičtější variantou je samozřejmě přerušovaný provoz, kdy se určitý doba shrabování v řádu jednotek minut a doby, kdy dojde k přerušení shrabování, tak aby mohlo dojít k nahromadění většího množství kalové pěny na hladině. Shrabování kalu je prováděno za pomoci shrabovacího zařízení opatřeného o pogumované shrabovací desky, které kal přesouvají do kalové jámky a z ní do kalového hospodářství na další zpracování. Dále po proudu se u dna nachází zóna vyflotované vody, která je dále přesouvána na další stupeň úpravy přes dnový rošt a odtokové jámky. Z odtokové části flotace je část vody přibližně 5 až 10% upravené vody čerpáno pro vedlejší tlakový okruh flotace, který je nezbytný pro samotný proces flotace. Čerpaná voda je dopravována do saturátoru (tlak 0,3 až 0,5 MPa a doba zdržení 3 až 5 minut), který slouží k výrobě tzv. bílé vody, což je směs vody a vzduchu. Vzduch je sem dopravován za pomoci vzduchového kompresoru. Takto přesycená voda vzduchem se vpravuje do reakční zóny prostřednictvím trysek a dochází opět k tvorbě bublin.

[4]



Obr. 2.9 Rozdělení flotační jednotky na zóny [5]

2.2.4 Popis jednotlivých typů flotace

Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF):

Tento druh flotace se také označuje jako tlaková flotace s částečným sycením a recirkulací. V době svého vzniku vyroben, tak aby mohl nahradit tehdy hodně rozšířenou metodu úpravy čiřením. Tento typ flotace je dnešní době nejvíce využívaným na úpravárnách vody v České republice. V České republice byla tato flotace poprvé použita pro úpravu pitné vody v roce 2005 na úpravně vody Mostiště. Základním principem je, že zde dochází k produkci bublinek (o velikosti 7 až $9 \cdot 10^{-6}$ m), které se následně připojí na pevné částice v upravované vodě a vynášejí je vzhůru na hladinu, kde dochází k shromáždění většiny kalu do formy kalové pěny. Konstrukce flotačních nádrží je nejčastěji obdélníkového, nebo kruhového tvaru. Na počátku samotné flotace se provádí dávkování koagulantu (např. síranu železitého). Voda vstupující na flotaci nejprve prochází přes flokulační část, kde dochází ke dvojímu míchání nejprve mícháním o vyšší rychlosti a poté přes nádrž o menší intenzitě míchání, tak aby došlo ke vzniku přijatelných podmínek pro shluků vloček. Intenzitu míchání je potřeba nastavit podle zkušeností hlavního technologa a hlavně podle provozních zkoušek ovlivněných místními vlivy. Dále voda pokračuje do zóny nádrže, kde dojde k samotné flotaci (doba zdržení 15 až 30 minut). Tento typ flotace je vhodný pro vody s nízkou úrovní zákalu, vysokou úrovní organického zastoupení ve vodě a vysokým zastoupením huminových látek.

Kromě tohoto druhu tlakové flotace existují ještě dva další druhy. Všechny však pracují na stejném principu a to na Henryho zákonu, kdy je do nádrže pod tlakem vháněn vzduch, který se následně přerušuje a dojde ke vzniku bublinek rozpuštěného vzduchu. Dalšími typy jsou

tlaková flotace s úplným sycením a s částečným sycením, kdy je část přítoku nasycena a opět přivedena do hlavního průtoku vody. [4]

Flotace dispergovaným vzduchem:

U této metody dochází k produkci velkých vzduchových bublin o průměru přibližně $1 \cdot 10^{-3}$ m. Tyto bubliny jsou tvořeny intenzivním mechanickým mícháním míchadly nebo oběžnými koly. [4]

Elektroflotace:

Elektroflotace spočívá v elektrolýze vody pomocí elektrolytů, při níž se na katodě (nerez ocel) vylučuje vodík a na anodě (grafitový materiál nebo titan pokrytý oxidem titanu) kyslík. Tyto plyny se vylučují v jemných bublinkách (o velikosti 5 až $7 \cdot 10^{-5}$ m, dávajících předpoklady pro realizaci flotačního procesu. Doba zdržení v zóně elektrod je 5 až 15 minut, celková doba zdržení je dvojnásobná. [4]

Chemická flotace:

Metoda spočívá v přidavku chemikálií uvolňující plyn (např. peroxidu vodíku uvolňující kyslík). [4]

Vakuová flotace:

Metoda, při níž dochází, ke snížení tlaku v systému. Snížení tlaku probíhá nad hladinou rmutu ve flotačním zařízení, a to vše probíhá v podtlakovém prostředí. [4]

2.2.5 Provozní problémy

Během provozu flotační nádrže může dojít k mnoha nepředvídatelných situacím způsobenými vnějšími a vnitřními vlivy, které ovlivní správnou funkci procesu flotace. Mezi tyto provozních problémů vznikajícími na nádržích lze zařadit:

- Ucpání trysek
- Špatná tvorba vloček
- Vliv povětrnostních podmínek
- Hustota proudu vody
- Růst řas

Problémem typickým pro flotační nádrže jsou provozní problémy spojené s tryskami, které se mohou ucpat od nečistot obsaženými ve vodě, která protéká reakční zónou flotační jednotky. K ucpání dochází při přerušení procesu aerace těmito tryskami. Kal obsažený ve vodě následně může sedimentovat na tyto trysky a tím je ucpat. Možným opatřením je instalace trysek s pogumováním, které v případě přerušení aerace zatáhnou za sebou provzdušňovací otvory.

Problém s tvorbou vloček u flotačních nádrží, je způsoben především výskytem vloček o příliš velké velikosti, které mají negativní vliv na proces flotace. Problém je způsoben tím, že příliš velké vločky v upravované vodě přitékající do reakční zóny nelze často dopravit k hladině zóny vyflotované pěny. Problém může vznikat při dávkování koagulantu a flokulantu nebo ve špatně nastavené flokulaci. Řešením je tedy správná volba dávky koagulantu či nastavení rychlosti míchání v zóně flokulace.

Vliv povětrnostních podmínek se týká otevřených nádrží, převážně v nekrytých budovách, kdy může dojít k znečištění hladiny vody nečistotami sem zanesenými větrem. Vítr může následně způsobit vznik zkratových proudů. Řešením tohoto problému je postavení bariéry kolem nádrže, avšak v případě flotačních nádrží, flotačních nádrží nádrže bývají zpravidla kryté.

Fyzikálním problémem ovlivňujícím i flotační nádrže je rozdílná hustota vody v nádrži nebo voda přitékající do nádrže. Hustota bývá takto ovlivněna zejména v zimě, kdy přitékající surová voda je chladnější než voda v nádrži. Přitékající voda poté klesá ke dnu nádrže a ovlivňuje tak proces flotace.

Dalším problémem bývá výskyt a růst řas na stěnách nádrže, tento problém vzniká obvykle v otevřených nekrytých nádrží. Jejich růst je podporován zejména slunečním zářením, které způsobuje následně jejich růst po stěnách nádrže. Vznik řas může mít hned několik následných potíží, a to když uvolněné řasy působí potíže v následném stupni úpravy vody například, když dojde k ucpání filtrů. Dále delší přítomnost řas vody ve vodě způsobuje ovlivnění organoleptických vlastností vody. Tomuto problému se předchází chlorováním, ale lze se bránit i směsí síranu měďnatého a hydroxidu vápenatého aplikované na stěny, v momentě vypuštěné nádrže pomocí kartáčů.

2.2.6 Bezpečnostní opatření

Parametrem, který nelze zanedbat na žádném objektu úpravy vody jsou bezpečnostní opatření, stejně tak je tomu i na flotační nádrži. Sledují se bezpečnostní opatření:

- Při údržbových pracích
- Při samotném provozu
- Při monitoringu nebo návštěvy nádrže

Během údržby nádrže, musí obsluha, která jí provádí počítat s tím, že povrch dna nádrže může být kluzký vlivem výskytu kalu nebo řas. Pro bezpečný vstup do nádrží je potřeba, aby zde byl nainstalován nejlépe nerezový žebřík. Provozní bezpečnostní opatření se týkají především strojního zařízení, které by mělo mít ochranné kryty, aby nedošlo k jejich ucpání nečistotami či jinými prvky. Pro běžný monitoring je důležité, aby kolem nádrže bylo nerezové zábradlí, pro předcházení pádu osob do vody v ideálním případě by měly být v blízkosti nádrže, záchranné prvky, jako jsou například záchranný kruh nebo záchranné tyče. Užitečným bezpečnostním prvkem je i protiskluzný povrch podlahy kolem otevřených nádrží.

2.2.7 Údržba

Flotační nádrž obdobně jako u usazovací nádrž potřebuje pravidelné údržbové práce, aby byla zajištěna požadovaná výstupní kvalita ze separačního stupně. Pravidelnost údržby je dána především finančními možnostmi provozovatele, ale je pravidlem provádět údržbové práce alespoň jedenkrát do roka, pokud nejsou výrazné problémy s kvalitou vody. Společně s těmito pracemi se provádí i pravidelné kontroly strojního a jiného vybavení nádrže (shrabovacího zařízení, trysek, flokulační zóny atd.. Samotné čištění se stejně jako u jiných objektů provádí za pomoci kartáčů, vysokotlakých ostříkovačů, a různých potravinářských prostředků na čištění sraženin případně i řas z povrchu nádrží.

2.2.8 Návrhové parametry

Při návrhu flotace je potřeba zohlednit několik důležitých faktorů při návrhu nádrže, ale i faktory ovlivněné vnějšími podmínkami. Nejdůležitějším faktorem je jaký druh surové vody, který úpravna vody odebírá a jaké je její složení. V souhrnu lze mezi tyto faktory zařadit následující:

- Velikost suspendovaných látek ve vodě přicházejících na flotační zařízení
- Úroveň hodnoty celkového organického uhlíku a zákalu ve vodě na přítoku do nádrže
- Umístění flotačního zařízení
- Počet flotačních jednotek a jejich uspořádání v procesu (paralelně, sériově zapojeny)

Velikost suspendovaných látek ve vodě přicházejících na flotační zařízení ovlivňuje zásadně velikost potřebné dávky koagulantu, případně i flokulantu v porovnání s běžnými separačními procesy. Snížením potřeby dávek koagulantů a zvětšením vzestupné rychlosti se ovlivní i plocha potřebná pro flotační jednotku. Z tohoto důvodu je potřeba správně zvolit velikost produkovaných bublinek tryskami, přičemž optimální velikostí bublin je 10 až 100 μm .

Pro efektivní fungování flotace je zapotřebí, aby upravovaná voda měla průměrnou hodnotu zákalu v ideálním případě menší než 50 NTU a hodnota celkového organického uhlíku nesmí přesáhnout 10 mg/l. Hodnota zákalu však nesmí překročit hodnotu 100 NTU (viz. obr. 2.2). Při těchto podmínkách je totiž zajištěno, že DAF flotace dokáže vyseparovat produkované vločky koagulantem a flokulantem. Na odtoku z flotační nádrže, v nejlepším případě hodnota zákalu nesmí překročit 1,0 NTU po dobu 10-ti minut.

Další podmínkou při návrhu flotační nádrže je zabránění vnějších vlivů na úpravu. Toho je docíleno umístěním flotační jednotky do zastřešené budovy nebo, alespoň vybudovat zastřešení nad samotnou flotační jednotkou [25]

2.2.9 Využití

Pro účely úpravy pitné vody se převážně využívá metody flotace s rozpuštěným vzduchem. Ta se využívá hlavně při úpravě povrchových vod s nižším zákalem a vysokým obsahem organických látek, včetně látek huminových a také při odstraňování řas a sinic. Vhodnost využití flotace lze ověřit i podle grafu pro výběr správného separačního procesu (viz. obr. 2.2)

závislého na hodnotách zákalu a chlorofylu či hodnotě $CHSK_{Mn}$. (viz. kap. Separční metody úpravy vody). [4]

Kromě úpravy vody na vodu pitnou lze flotaci využít na úpravě vody i v odpadovém hospodářství, kde hlavním účelem je zahuštění vodárenských kalů. Obvykle se v tomto případě flotace kombinuje se šnekovým lisem pro odvodnění kalu.

2.2.10 Výhody a nevýhody

Výhody [6], [5]

- Plošná úspora oproti klasické usazovací nádrži.
- Vysoká hodnota povrchového hydraulického zatížení $10 - 20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ (tj. 10x více než u usazovacích nádrží)
- Vysoká sušina kalu.
- Menší dávky koagulantu a flokulantu oproti klasickým separačním procesům cca o 30%.
- Účinné při odstraňování řas a organického znečištění.
- Rychlý náběh flotace při jejím odstavením.
- Nížší investiční a provozní náklady na následný separační stupeň (filtrace)
- Vysoká účinnost při odstraňování špatně sedimentujících částic.

Nevýhody [6], [5]

- Umístění flotační jednotky uvnitř budovy.
- Problém s úpravou vody o vysoké hodnotě zákalu nad 100 NTU a u vody s velkými rozdíly v kvalitě.
- Zvýšené nároky na servisní práce.
- Enegetická náročnost (provoz saturátoru, recirkulačního čerpadla a shrabovacího zařízení).

2.3 FILTRAČNÍ NÁDRŽ

2.3.1 Popis procesu

Filtrace patří mezi nejzákladnější separační procesy na úpravě vody. Hlavní úkol tohoto procesu spočívá v zachycování suspendovaného materiálu obsaženého v upravované surové vodě o tzv. filtrační médium, které může být z různých materiálů a jejich kombinací. Samotný proces využívá fyzikálních a chemických procesů, zejména však adsorpce materiálu na povrchu filtračního média (pomocí hmotnostních sil podle van der Waalse, a pomocí elektrostatických sil podle Coulomba), dále pak využívá procesů cezení, sedimentace, difúze a dalších. Filtrace probíhá kromě umělých podmínek úpravny vody také v přirozeném přírodním prostředí. Tímto způsobem vzniká podzemní voda, která stéká z povrchu země půdou do hloubky, čímž se zbavuje některých suspendovaných látek, avšak tuto vodu nelze považovat za čistou, protože podzemní voda bývá charakteristická především zvýšenými koncentracemi železa a manganu, nebo může být snadno kontaminována v případě havárií. Z těchto poznatků vyplývá, že filtrace používaná ve vodárenství na úpravách vody pracuje na obdobném principu, jako v přírodě. Podle velikosti zrn filtračního média je filtr schopen zachytit velké množství nečistot nerozpuštěných látek, avšak pro zvýšení účinnosti procesu filtrace i proti jiným druhům znečištění, jako jsou rozpuštěné látky, je potřeba předřadit procesy koagulace a flokulace. Filtraci lze mimo to využívat i k odstraňování konkrétních materiálů, kdy se využívá chemického působení filtračního média pro odželezování a odmanganování, odkyselování aj. [18], [8], [1]

Vodárenské filtry jsou charakteristické účinností při snižování zákalu a obsahu organických látek v koagulované vodě. Zákal ve vodě je způsoben přítomností nerozpustných látek a při vyšších koncentracích je zákal možné zpozorovat okem. Při vyšších hodnotách zákalu dochází i k ovlivňování rezidua chlóru v distribuované vodě u spotřebitele. Z těchto estetických a provozních důvodů je snaha vypouštět z úpravny vodu o takovém zákalu, aby zbytkový chlór byl v rozmezí 0,05 – 0,3 mg/l. [15]

2.3.2 Rozdělení filtračních nádrží

Filtry využívané při úpravě pitné vody lze rozdělit z hlediska konstrukčních a provozních parametrů do několika následujících kategorií. [2]

Podle tvaru filtrační nádrže:

- Kulatá
- Čtvercová
- Obdélníková

Podle základního principu fungování:

- Objemová filtrace (filtrací přes vrstvu filtračního média)
- Náplavná filtrace (filtrací skrz filtrační přepážku)

Podle tlakového režimu proudění:

- Tlaková filtrace
- Otevřená (gravitační) filtrace

Podle počtu vrstev:

- Jednovrstvé
- Vícevrstvé

Podle směru proudění:

- Proudění zdola nahoru
- Proudění shora dolů
- Proudění obousměrně

Podle četnosti praní:

- Kontinuální praní
- Po určitých časových cyklech

Podle řazení jednotek filtrace v systému:

- Sériové řazení
- Paralelní řazení

Podle materiálu filtrační náplně:

- Křemičitý písek
- Granulované aktivní uhlí
- Antracit
- PVD – Polovypálený dolomit
- Filtralite

- BIRM
- CFH 12

Podle materiálu nádrže:

- Plastová
- Ocelová
- Nerezová ocel
- Železobetonová nádrž

2.3.3 Filtrační materiál

Filtrační materiál je nedílnou součástí každé filtrační nádrže. V současnosti je pestrý výběr filtračních materiálů na trhu. V České republice silně převládá volba tradičního materiálu, křemičitého písku. Obecně na materiál pro filtrační nádrže je kladeno několik základních požadavků a těmi jsou:

- Dostatečná odolnost proti otěru
- Chemická stálost
- Stejnozrnnost
- Tvar zrn (optimální je kulový tvar)
- Mezerovitost
- Měrná hmotnost zrn

Dostatečná odolnost proti otěru je společně s chemickou stálostí jedním z nejdůležitějších z těchto uváděných požadavků. Odolnost proti otěru totiž prodlužuje životnost filtračního materiálu a zabraňuje vzniku prachových částic vlivem proudící vody.

Druhým zmiňovaným je chemická stálost, která je důležitá u filtračního materiálu, protože zajišťuje, že filtrační materiál nebude nikterak reagovat s vodou v nádrži, a že bude netečný vůči atmosférickým plynům, minerálům a jiným látkám obsažených v upravované vodě.

Stejnozrnnost filtračního materiálu se určuje stanovením koeficientu stejnozrnnosti. Optimální hodnota se pohybuje okolo 1,5, čím je hodnota nižší tím je zastoupení větších zrn v porovnání s menšími zrnny vyrovnanější, což je výhodné, ale s tímto požadavkem stoupá i cena u výrobce. [21]

$$k_h = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (2-5)$$

kde: k_h – Koeficient stejnozrnnosti

d_{60} – Velikost ok zrn síta, kterým projde 60% hmotnosti písku

d_{10} – Velikost ok zrn síta, kterým projde 10% hmotnosti písku

Tvar zrn filtračního materiálu má také svůj vliv na provoz filtru. Udává se, že optimálním tvarem je kulový tvar částic. Avšak lepších separačních vlastností se dosahuje u částic s hrubším povrchem.

Mezerovitost neboli pórovitost se stanovuje jako objem pórů k objemu filtračního materiálu v nádrži, čím je výsledná mezerovitost menší, tím je zaručenější větší účinnost filtrace.

$$\varepsilon = \frac{V_p}{V} \quad (2-6)$$

kde: ε – Mezerovitost

V_p – Objem pórů

V – Objem nádrže

Posledním požadavkem na filtrační materiál je měrná hmotnost jeho zrn, čím je tato hodnota vyšší, tím je celá filtrační náplň schopna odolávat větším rychlostem filtrace a následné rychlosti praní vodou a vzduchem.

Jednotlivé filtrační materiály, které se na trhu vyskytují lze rozřadit podle oblasti ve, které jsou nejvíce účinné na následující kategorie:

- Separace – Křemičitý písek, Filtralite, Antracit
- Sorpce – Aktivní uhlí (práškové, granulované, dřevěné)
- Odželezování a odmanganování – Birm, Greensand, Křemičitý písek
- Selekcce – Iontoměniče
- Odkyselování – Polovypálený dolomit (PVD)

V České republice se na úpravách vody nejvíce setkáváme jednoznačně s kategorií separace, dále pak s kategorií sorpce. Pro zlepšení vlastností filtračního lóže lze zkombinovat například dva různé materiály (antracit a písek) do jedné nádrže, čímž dojde k lepší filtraci a k úspoře praní v porovnání s praním nádrže obsahující pouze písek nebo pouze antracit.

2.3.4 Regenerace filtrů

Regenerace filtrů je nezbytná pro udržení provozuschopnosti filtrů a skládá se z praní filtrů a následného zafiltrování. Během provozu dochází k zanášení filtračního média suspendovanými látkami obsaženými v upravované vodě, což následně vede k ovlivňování provozu filtrů, proto je potřeba provádět pravidelné a včasné praní filtrů. Prvotní impuls pro započítání pracího cyklu bývá na jednotlivých vodárenských provozech různý, avšak prvotním ukazatelem, kterým by se provozovatel měl řídit, je jednoznačně ukazatel zákalu na odtoku z filtrační nádrže, ten by v ideálním případě neměl po dobu 10-ti minut překročit hodnotu 0,3 NTU. Prvotní impuls k praní se také často může řídit i podle tlakové ztráty uvnitř náplně a průtoku filtrem, ve filtru totiž vlivem zanášení dochází ke zmenšování průtoku a zvětšování tlakové ztráty. V tomto případě je problém řešen pomocí regulačních uzávěrů na odtoku z nádrže a následně praním filtrů. Nejhorším případem je, pokud prací cyklus je řízen podle

určitého časového cyklu, po jehož uplynutí dochází teprve k samotnému praní filtrů, nebo obdobnou variantou je praní ovlivněné podmínkou protečení určitého množství vody filtry. Tyto varianty totiž nezohledňují nepředvídatelné výkyvy v kvalitě upravované vody přicházející na filtrační nádrž.

Prací cyklus by měl probíhat v několika fázích v závislosti na typu filtrů, které mohou pro praní využívat kromě vhánění vody i vzduch (evropské rychlofiltry). Snaha je při započetí praní začínat s rovnoměrným praním o nízké rychlosti a poté po určité době praní s nízkou rychlostí postupně rychlost praní zvyšovat, tím se zamezí vzniku nežádoucích provozních jevu ve filtrační náplni, jako je výskyt bahenních koulí uvnitř náplně. Po dokončení pracovního cyklu přichází na řadu zafiltrování filtrů, čímž by mělo dojít k urovnání zrn ve filtrační náplni a k vyplavení zbylých nečistot uvnitř. Odbočka pro zafiltrování se většinou nachází na odtoku za filtrem, za odbočkou pro zákaloměr. Filtrovaná voda se vypouští do odpadu a měří se zákal. Zafiltrování trvá nejméně 2 minuty. Pokud je zákal vyšší než 0,5 NTU, zafiltrování pokračuje. Pokud je zákal nižší než 0,5 NTU, uzavře se zafiltrování a otevře se uzavírací klapka odtoku z filtru na asi 40 %. Přitom se měří zákal i průtok. Zákal nesmí překročit 0,5 NTU, jinak se klapka opět uzavře a obnoví se zafiltrování. [19]

Likvidace prací vody

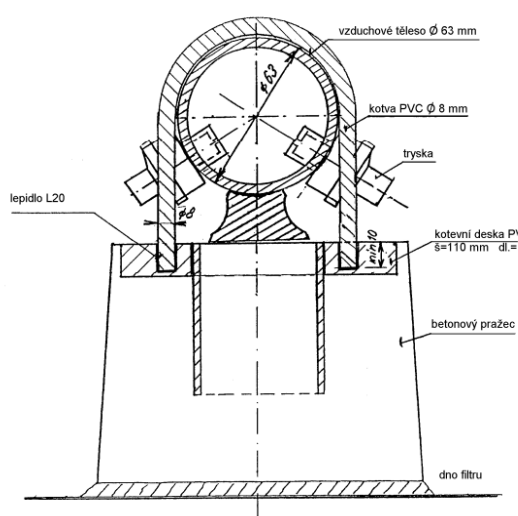
Odpadní voda vzniklá při praní a zafiltrování filtrů se dále může zpracovávat několika možnými způsoby. První a nejjednodušším způsobem je zařazení této vody na přítok surové vody, kde se tyto vody dokonale smísí. Druhou variantou je nechat tyto odpadní vody usadit v nádrži k tomu uzpůsobené a po usazení tuto vodu odvést do odpadní vody na čistírnu odpadních vod. Usazený kal se poté nechá smístit s kalem z usazovací nádrže a dále se nechá zpracovávat v rámci kalového hospodářství.

2.3.5 Drenážní systémy

Filtrační drenáž slouží ke dvěma funkcím. První funkcí je rovnoměrný sběr filtrované vody v dolní části nádrže a její odtok pryč na další úpravu, filtrační rychlost je proto jednotná v celé nádrži. Druhou funkcí je rovnoměrná distribuce prací vody v celé ploše nádrže. Drenážní systémy lze také rozdělit na americké a evropské rychlofiltry. Americké rychlofiltry jsou starší a využívají systém bez mezidna a jsou prány vodou shora i zdola. Naopak asi nejvíce využívané Evropské rychlofiltry kromě systému bez mezidna mohou mít i systém s mezidnem. V současnosti se, ale stále více využívá systémů bez mezidna, protože zde tak nedochází k úbytku mocnosti potenciální filtrační náplně. V České republice je rozšířeno několik variant drenážních systémů bez mezidna. Jedná se o systémy Leopold, Aquafilter a Triton.

Drenážní systém Aquafilter

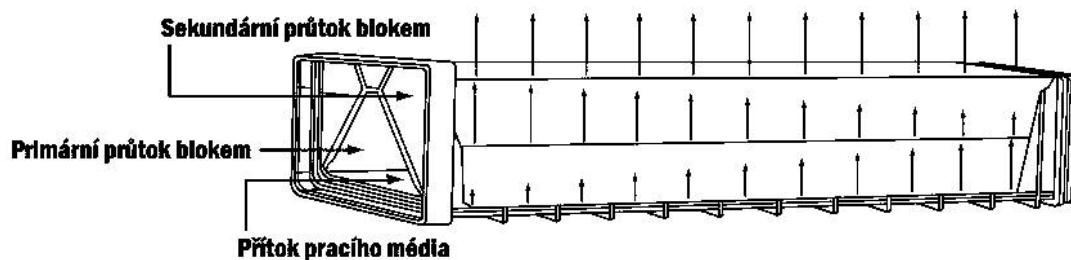
Jedná se o filtry bez mezidna – systém Aquafiltr je vyráběn z plastového materiálu. Filtry s daným trubním drenážním systémem mají cca o 0,7 m menší konstrukční výšku, než je výška filtrů s mezidnem. Těto skutečnosti lze také výhodně využít při rekonstrukci filtrů s mezidnem. Během ní se mezidno odstraní, trubní drenážní systém se uloží na upravené pravé dno filtru a podstatná část výšky pod odstraněným mezidnem se aktivně využije pro filtraci (zvětšení tloušťky filtrační náplně nebo výšky vodního sloupce nad filtrační náplní). Takto provedená rekonstrukce nevyžaduje změnu stávajícího pracího čerpadla (pokud je ve vyhovujícím technickém stavu). Posoudit je však třeba dostatečnost tlačné výšky stávajícího dmychadla v případě, že po rekonstrukci je vyústění pracího vzduchu do filtračních polí níže o více než 0,2 m vodního sloupce. [13]

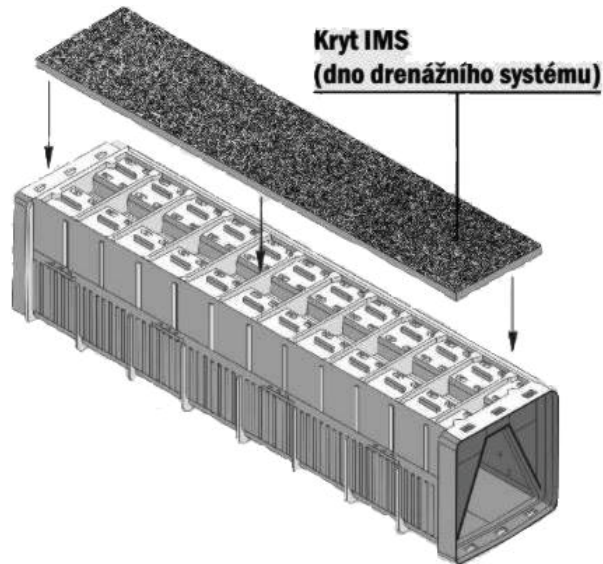


Obr. 2.10 Ukotvení vzduchového potrubí na dně filtru a detail dna filtru [23]

Drenážní systém Leopold

Jedná se o plastové drenážní bloky. Tento systém je oproti klasickému systému s mezidnem a se zcezovacími hlavicemi, lepší v tom, že garantuje téměř rovnoměrné rozložení prací vody a vzduchu, tak aby se vyloučila přítomnost mrtvých prostor (nepraných prostor). Toho je dosaženo tím, že v drenážním systému Leopold jsou otvory, které jsou určeny pro prací vodu a vzduch mající vzdálenost mezi jednotlivými otvory menší než u jiných klasických systémů.





Obr. 2.11 Drenážní systém Leopold [24]

Drenážní systém Triton

Jedná se o drenážní systém z nerezové oceli, který je určen, jak pro úpravny vody, tak i pro čistírny odpadních vod. Systém je charakteristický velmi pevnou konstrukcí montážních částí filtračních segmentů a různých průměrů průtočných otvorů na vnitřních U-profilů s následujícími výhodami: [14]

- Rovnoměrná distribuce toku kapaliny v režimu filtrace i během fáze zpětného praní
- Rovnoměrné rozdělení vzduchu během fáze zpětného praní
- Vysoká mechanická pevnost konstrukce filtru



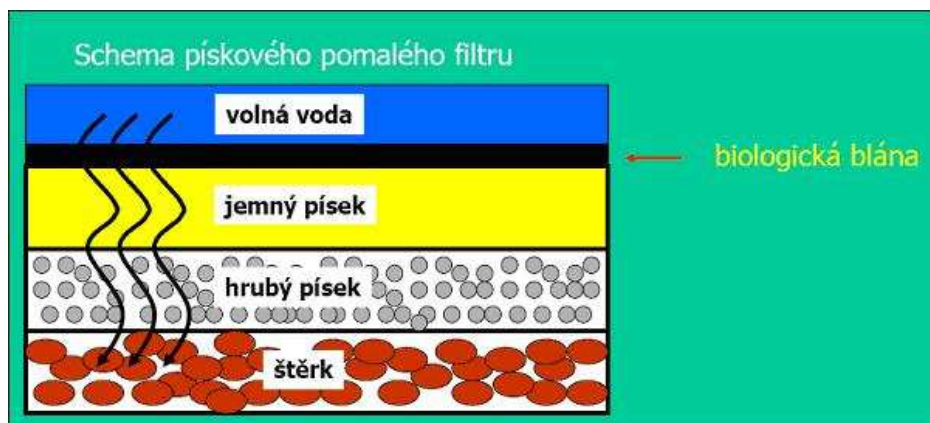
Obr. 2.12 Drenážní systém Triton [14]

2.3.6 Popis využívaných vodárenských filtrů

V současné době je vyvinuto velké množství rozličných druhů filtračních procesů. Při výběru správného filtru pro daný vodárenský provoz je potřeba zohlednit mnoho důležitých faktorů, které ovlivňují investiční i provozní náklady spojené s provozem filtru. Jedná se například o prostorové možnosti budovy, parametry upravované surové vody, výkon celé úpravy vody atd. Základním dělením těchto vodárenských filtrů je podle jejich základního principu fungování na objemové filtry a náplavné filtry. Funkce objemových filtrů spočívá v umístění zrnitého filtračního média do nádrže, skrz které se nechá voda protékat. Náplavné filtry využívají pro filtraci, filtrační přepážky přes kterou upravovaná voda protéká.

Pomalá (anglická) biologická filtrace

Tento typ objemové filtrace je založen na přírodních procesech, které lze pozorovat například u čistících procesů povrchových vod. V podmínkách úpravy vody je proto snaha vytvořit podobné prostředí, tak aby nebyla narušena účinnost této filtrace v porovnání s tou v přírodě. Poprvé tato metoda byla využita v Anglii 1829 J. Simpsonem. V současnosti v České republice tato metoda není téměř nikde využívána na úpravě vody, vytlačili jí rychlejší metody filtrace vody. Využití nalezne pouze při filtraci zdrojů vody o dostatečně nízkém zákalu a dostatečném množství kyslíku. Princip pomalé biologické filtrace spočívá ve vytvoření biologické blány na povrchu horní vrstvy filtrační náplně (nejčastěji z křemičitého písku), kde je zapotřebí, aby se vytvořila vrstva 1 až 2 mm tlustá, tím by mělo být zajištěno biologické odbourávání suspendovaných látek ve vodě při průtoku přes tento filtr. Průtok touto filtrační vrstvou je řízen obdobně, jak je tomu v přírodě shora dolů skrz jednotlivé frakce materiálu až k drenážnímu potrubí, pomocí něhož voda odtéká pryč z nádrže. [21]



Obr. 2.13 Schéma pomalé biologické filtrace [23]

Filtrační cyklus této filtrace je rozdělen do tří základních fází:

- Počáteční fáze – Na počátku se na jemném písku vytvoří slabá vrstva biologické blány, v této době má filtrace slabou účinnost, z tohoto důvodu je potřeba nechat filtr zapracovat přibližně 1 až 3 týdny.

- Rozhodující fáze – Po uplynutí počáteční fáze vznikne dostatečně silná biologická blána, která zajišťuje dobrou účinnost filtrace
- Závěrečná fáze – Postupem času, kdy je filtrace v provozu začne biologická blána zvětšovat svou mocnost, čímž dojde ke zhoršení propustnosti přes blánu a zároveň s tím souvisí zvýšení tlakové ztráty, což vede ke snížení celkové účinnosti filtru. Z tohoto důvodu je potřeba provést regeneraci filtru. Nejprve je zapotřebí seškrábnout vrchní vrstvu zbytnělé biologické blány, a protože tyto aerobní mikroorganismy sahají až do hloubky 30 – 40 cm filtračního média je zapotřebí při regeneraci odebrat přibližně 50 až 60 cm a poté odebranou vrstvu zpátky doplnit.

Doby zapracování filtrů a samotné filtrace jsou závislé podle ročního období. V létě tyto procesy probíhají rychleji na rozdíl od zimních období. Při provozu je také zapotřebí dodržet několik zásad. Zajistit dodávku kyslíku pro mikroorganismy, nepřerušovat dodávky kyslíku do nádrže po dobu delší jak 24 hodin. V případě potřeby je lepší snížit výkon, a důležité je hlídat i teplotu.

Rychlofiltrace

Tento typ objemové filtrace je v současnosti asi nejvíce využívaným druhem vodárenských filtrů v České republice a patrně i na světě. První rychlofiltry byly vyvinuty v USA ke konci 19. Století v New Jersey. Princip této filtrace na rozdíl od pomalé anglické filtrace nespočívá v mikroorganismech ale ve fyzikálních a chemických procesech, jako jsou (adsorpce, usazování, cezení, elektrostatické síly atd.). Částice obsažené v upravované vodě se při průtoku filtračním médiem zachycují uvnitř. Účinnost rychlofiltrace se zvyšuje, je-li před filtrací využito koagulace a flokulace, čímž dojde k vytvoření lépe separovatelných částic, které lze filtrovat při vyšších rychlostech. Navíc v porovnání s pomalou anglickou filtrací, díky vyšším rychlostem nemá takové vysoké prostorové nároky a lze využít pro filtraci náplní o hrubší frakce. [21]

Rychlofiltry se kromě klasického dělení na tlakové režimy, směry průtoků, počty vrstev a četností praní atd. dělí i podle konstrukčního typu na:

- Evropský rychlofiltr (ER)
- Americký rychlofiltr (AR)

Základní rozdíl mezi nimi je, že evropský rychlofiltry při praní využívají kromě praní vodou i praní vzduchem. Rozdíl lze nalézt i v návrhových parametrech jednotlivých filtrů.

Tab. 2-3 Srovnání evropského a amerického rychlofiltru

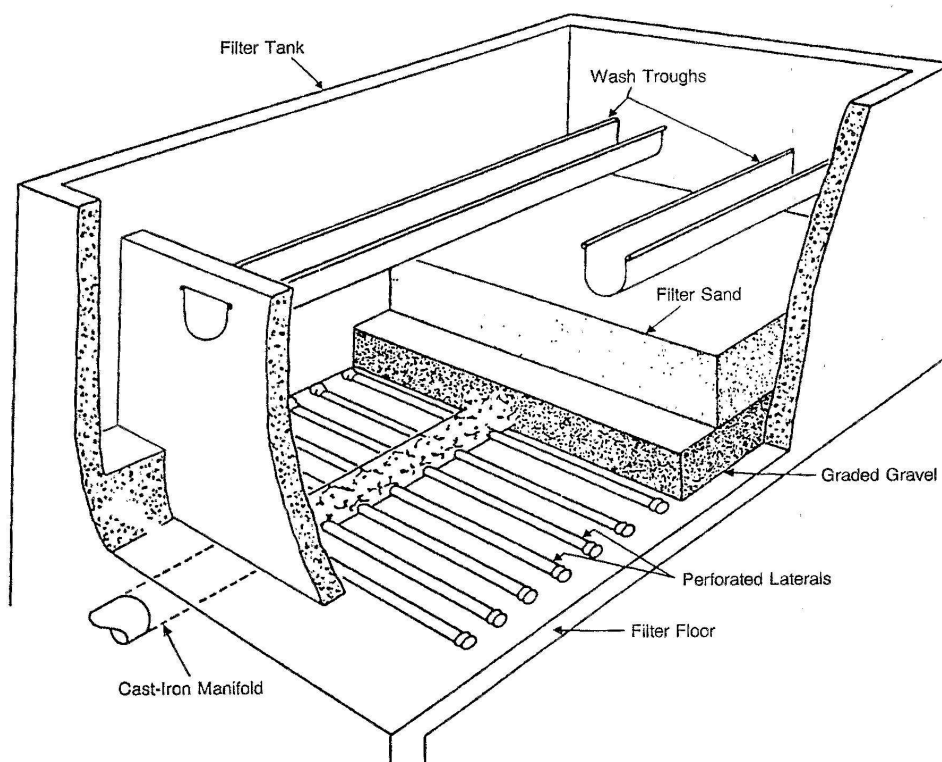
Srovnání ER a AR	Americký rychlofiltr	Evropský rychlofiltr
Mocnost filtrační vrstvy	0,8 m	1,1 – 1,8 m
Zrnitost filtračního média	0,4 – 0,7 mm	1,0 – 2,0 mm
1. Prací cyklus	Horní praní vodou (2 - 4 minuty)	Praní vzduchem (3 – 5 minut) o intenzitě 17 – 22 l/s.m ²
2. Prací cyklus	Horní a spodní praní vodou (2 – 3 minuty)	Praní vzduchem o intenzitě 10 – 15 l/s.m ² a praní vodou o intenzitě 4 – 5 l/s.m ² (5 – 10 minut)
3. Prací cyklus	Spodní praní vodou (1 – 3 minuty)	Praní vodou o intenzitě 6 – 8 l/s.m ² (10 – 20 minut)

Po dokončení pracího cyklu je pravidlem provádět tzv. zafiltrování po dobu 3 až 5-ti minut, kdy se filtrační náplň propírá vodou, tak aby zbylé usedlé částice náplně se srovnaly a zaplnily dutiny v náplni a zároveň, aby došlo k vyplavení zbylých neodplavených nečistot. Odpadní voda ze zafiltrování bývá vypouštěna do odpadu.

Konstrukce filtrů a vstrojení

Součástí nádrže pro rychlofiltraci jsou následující konstrukce a vstrojení zajišťující provozuschopnost celé nádrže.

- Přívod žlab nebo perforované potrubí
- Armatury vně filtru (klapky, šoupátka)
- Zcézovací systém filtru (s mezidnem, bez mezidna)
- Zařízení na měření a regulaci (průtok, hladina, zákal)
- Odvodní žlab nebo potrubí



Obr. 2.14 Řez rychlofiltrační nádrží [26]

Filtry s aktivním uhlím

Dalším typem hojně využívaných filtrů v České republice jsou filtry obsahující náplň z aktivního uhlí. Tento typ filtrů se v dnešní době na úpravárnách vody spíše využívá jako separační úprava vody po předcházející pískové filtraci, kde v součinnosti s ozonizací dochází k odstraňování určitých nežádoucích prvků ve vodě. Aktivní uhlí je porézní uhlík s velkým specifickým povrchem (400 až 1500 m²/g). Hlavním důležitým parametrem aktivního uhlí je poměr tzv. mikropórů a transportních pórů. Výskyt těchto pórů je ovlivněn volbou materiálu, ze kterého je aktivní uhlí vyrobeno. Z tohoto důvodu se ve vodárenství využívá pouze aktivního uhlí vyrobeného z černého uhlí, protože ty mají nejlepší sorpční vlastnosti v porovnání s aktivním uhlím z materiálů, jako jsou dřevo, nebo kokosové skořápky. [17]



Obr. 2.15 Granulované aktivní uhlí [27]

Dalším dělením aktivního uhlí je podle jejich tvaru a velikosti, což také ovlivňuje účel použití takového materiálu ve vodárenství. Ve vodárenství se nejčastěji setkáme s filtračními nádržemi s granulovaným nebo zrněným aktivním uhlím (GAU), ty se využívají pro permanentní úpravu vody na úpravně. Další typem často využívaným na úpravách vody je práškové aktivní uhlí (PAU), které se do upravované vody naplavuje v pravidelných intervalech, kvůli její schopnosti adsorbovat mikroznečišťující látky (pesticidy, oleje, chlorované uhlovodíky atd.). Práškového aktivního uhlí se využívá např. na úpravně vody v Hamrech, kterou jsem navštívil v rámci této diplomové práce. Dávkování zde probíhá formou naplavování PAU do vody vytékající z galeriových čičičů a pokračující na první filtrační stupeň.



Obr. 2.16 Filtrační nádrž na úpravně vody Hamry

Filtry s aktivním uhlím se využívají pro odpachování, odstraňování pesticidů či chlorovaných uhlovodíků, podle toho je pak ovlivněna životnost filtrační náplně a potřebná doba zdržení vody v nádrži. [17]

Tab. 2-4 Kontaktní doby a životnost aktivního uhlí pro různé aplikace [17]

	Kontaktní doba [min]	Životnost [roky]
Zlepšování organoleptických vlastností	6 - 12	2 - 4
Odstraňování pesticidů	10 - 15	1 - 3
Odstraňování humnových látek a trihalomethanů	15 - 30	1,5 - 3
Odstraňování chlorovaných uhlovodíků	10 - 20	0,5 - 1,5
Dechlorace	4 - 8	1 - 2

Po uplynutí životnosti filtrační náplně je potřeba provést reaktivaci filtrační náplně, ta se zpravidla provádí u výrobce, který tuto náplň opět reaktivuje (opětovným vypálením) a poté pošle zpět zákazníkovi.

Tlakové pískové filtry

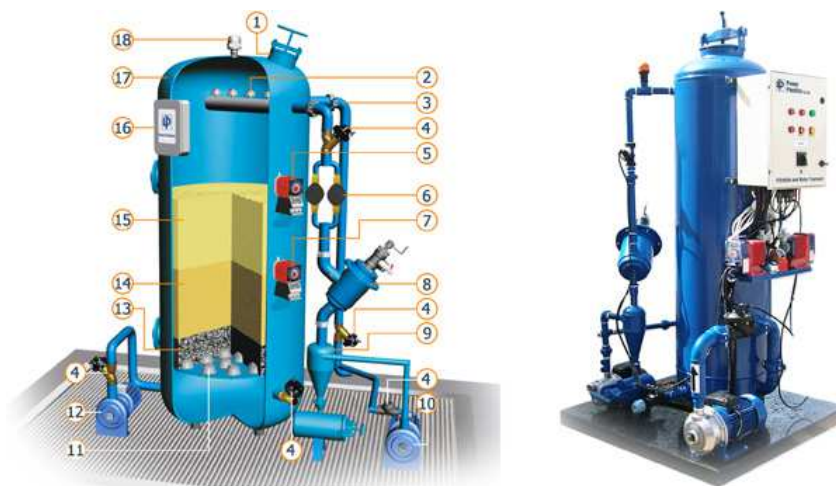
Tlakové pískové filtry jsou objemové filtry určené zpravidla pro průmyslové provozy, které se zde budují z důvodu úspory plochy a nákladů. Jedná se o tlakové uzavřené nádoby s podobným filtračním materiálem jako u otevřených rychlofiltrů. Tyto tlakové filtry obvykle pracují při jiných podmínkách v porovnání s otevřenými rychlofiltry. Tlaková ztráta, které se zde může maximálně objevit je až 5 m v. s. a rychlost filtrace dosahuje hodnot až 40 m/h. Hlavní využití těchto filtrů bývá zpravidla pro úpravu podzemní vody. [21]

Výhodou těchto filtrů je:

- Takřka odpadá kontaminace vnějšími vlivy
- Automatizace režimu praní
- Zařazení vícevrstvých filtrů
- Úspora prací vody atd.

Nevýhodou je:

- Obtížnost monitoringu správnosti fungování tlakového filtrů, co se týče praní, rovnoměrnosti průtoku atd.



Obr. 2.17 Tlaková písková filtrace [28]

Náplavná filtrace

Prvním druhem filtrace využívající k filtraci filtrační přepážku je náplavná filtrace. Tento druh filtrace má tu přednost, že dokáže zachycovat jemnější částice obsažené v upravované vodě než objemová filtrace. Principem této metody je nanášení nejčastěji drcené a žíhané křemeliny na vynášecí konstrukci tzv. septum. Tato křemelinová drť se zde zachytí a vytvoří, tak mostíci vrstvu. Jako septum se využívají pletiva z jemných vláken kovu nebo umělých

hmot (např. azbestová vlákna). Po vytvoření mostíčí vrstvy na septu lze na povrchu měřit tlakovou ztrátu okolo 5 m v. s. a náplavná rychlost bývá min. 2,5 m/h. Filtrace poté probíhá průtokem vody skrz „filtrační koláč“, který se vytvořil z mostíčí vrstvy a dochází, tak k zachycení velmi jemných zákalotvorných částic a koliformních bakterií. [16]

Výhodou této metody jsou:

- Menší nároky na plochu
- Úspornost praní
- Vyloučení srážedla v tomto procesu, nedochází tak k nežádoucímu vyvločkování

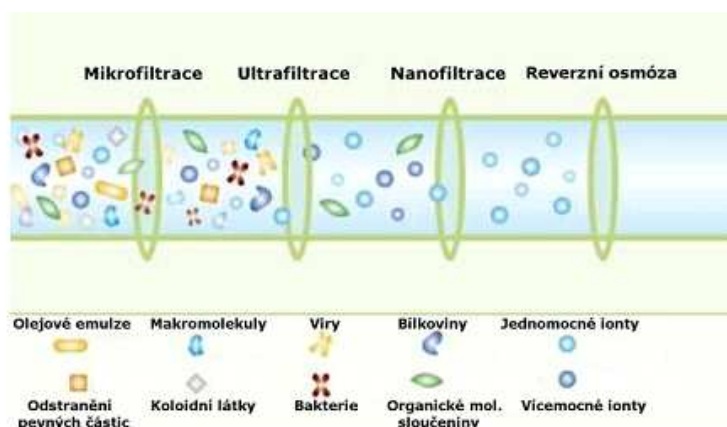
Nevýhodou je:

- Nepříznivá cena náplně

Membránové procesy

Tento zvláštní typ filtračního procesu se také ve vodárenství využívá, zejména však v průmyslových provozech. Slouží k odstranění velmi malých částic o určité velikosti nebo určitého elektrického náboje. Jedná se o procesy: [21]

- Mikrofiltrace – zachycuje částice o velikosti 1,0 – 10 μm
- Ultrafiltrace – zachycuje částice o velikosti 1 – 100 nm
- Nanofiltrace – velikost pórů má menší než 2 nm
- Reverzní osmóza – velikost pórů má menší než 2 nm



Obr. 2.18 Porovnání jednotlivých membránových procesů [21]

2.3.7 Návrhové parametry

Při návrhu filtračních nádrží je třeba zohlednit několik technických a provozních faktorů.

- Návrhový průtok
- Počet, rozměry a objem nádrže
- Mocnost filtrační náplně a její frakce

- Zvolený drenážní systém
- Doba zdržení
- Filtrační rychlost
- Filtrační cyklus
- Prvotní impuls pro začátek praní
- Nastavení pracího cyklu
- Dostatečná akumulace vody pro praní

Při návrhu filtrační nádrže pro rychlofiltraci je potřeba dodržovat v některých případech odlišné návrhové parametry v porovnání s jinými druhy filtrace. Mezi tyto rozdílné parametry lze zařadit doporučenou filtrační rychlost, která se udává pro otevřené rychlofiltry v rozmezí 3,6 až 7,2 m/h. Větší filtrační rychlost by mohla mít totiž za následek, pohyb filtrační náplně, která by se pod tlakem přitékajícího proudu mohla pohnout. Sledovat je i třeba hodnoty tlakové ztráty, která u otevřených filtrů nesmí překročit 2,0 m v. s. Větší hodnoty totiž značí, že filtrační lóže není v pořádku a pravděpodobně je problém v zaneseném filtračním lóži, tudíž je potřeba začít s procesem praní filtrů. Všechny tyto parametry, včetně velikosti zrn filtračního média, množství a druhu suspendovaných látek ve vodě se v součtu promítnou do celkové délky filtračního cyklu, která má být řádově 24 hodin až několik dní, avšak nesmí přesáhnout délku 5 dní. Důležitým parametrem je i správně navržený proces praní se všemi přidruženými činnostmi. Nejdůležitějším v tomto ohledu je stanovení prvotního impulsu začátku praní a nastavení samotného praní, poté i zajistit požadovanou akumulaci vody při praní daného počtu filtrů v daný okamžik.

2.3.8 Provozní problémy

V následující tabulce je uvedeno několik provozních problémů, které se mohou vyskytovat na filtračních nádržích úpraven vod. [3]

Tab. 2-5 Možné provozní problémy na filtrech [3]

Provozní problémy	Příčina / Řešení
Výskyt bahenních koulí ve filtrační náplni	Nedostatečná rychlost a rovnoměrnost praní filtru / Zvýšení rychlosti proplachu, nebo vypustit nádrž a odstranit útvary ručně
Výskyt trhlin ve filtrační náplni	Nedostatečné praní / zvýšit dobu praní nebo rychlost praní
Úbytek filtrační náplně	Špatně nastavené zpětné promývání (praní) / snížit rychlost praní, zvýšit odtokový žlab
Vysoká tlaková ztráta při průtoku filtrem ihned po dokončení praní	Nedostatečná rychlost nebo doba praní, potíže s praním vzduchem nebo vodu / Zvýšit rychlost nebo dobu praní, nebo opravit prací systém
Zvětšení hodnoty zákalu, když je tlaková ztráta nízká	Změna v potřebné dávce koagulantu / Úprava dávkování koagulantu
Obtíže při čištění filtrů během teplého počasí	Změna viskozity prací vody / Zvýšení proplachovací rychlosti, dokud se nedosáhne požadované expanze během praní

2.3.9 Monitoring

Povinnosti obsluhy u filtračních nádrží je zajistit jejich správnost fungování. Samotný monitoring probíhá několikrát denně osobní prohlídkou. Na filtrech je důležité sledovat tři základní ukazatele zákal, průtok a tlakovou ztrátu. K tomu obsluze napomáhají automatické měřicí přístroje, které jim tak usnadňují práci. [8]

Měření zákalu odpadních vod

V případě automatizace vodárenského provozu se zákal filtrované vody měří na odtoku z každé jednotlivé nádrže, kontinuálně automaticky. Hodnoty jsou následně zobrazeny na počítači ve velíně. Zákaloměr se nachází na odtoku z filtru, před uzavírací klapkou, kde se nachází odbočka s odtokem na zákaloměr, poté je zde odbočka pro zafiltrování a dále pak průtokoměr a uzavírací klapka s vysílačem polohy. Zákal na odtoku z filtrů nesmí přesáhnout hodnotu 0,3 NTU v ideálním případě, jinak se uvažuje s hodnotou 0,5 NTU, v případě překročení se pokračuje v praní.

Měření průtoku

Na odtoku z každého filtru by měl být umístěn regulační ventil a průtokoměr. Průtokoměr, zde měří množství průtoku vody na odtoku a posílá informace do velína. Regulační ventil slouží k udržování konstantního průtoku.

Měření tlakové ztráty

Tlakové ztráty na filtrech je potřeba kontrolovat, také průběžně, aby v případě zanášení filtrů se začalo včas s pracím cyklem. K tomu se využívá přístrojů na měření tlaku vzduchu nebo jiných elektronických zařízení.

Měření částic ve vodě

K nejdokonalejšímu monitorovacímu zařízení patří čítač částic, který umožní sledovat patogenní organismy ve vodě a sledovat i počáteční fáze překročení zákalu. Tyto přístroje, ale bývají poněkud nákladné.

2.3.10 Bezpečnostní opatření

Obdobně jako u ostatních separačních objektů i zde musí být určitá technická bezpečnostní opatření, která napomůžou k ochraně obsluhy a jiných návštěv filtrační nádrže proti nežádoucím úrazům. V okolí nádrží a na místech, kde se vyskytují schody, rampy nebo žebříky by měly být protiskluzné povrchy. Dále kolem celé nádrže by mělo být nerezové zábradlí. Pro zajištění úplné bezpečnosti by se měl v dosahu nádrže nacházet buď záchranný kruh či tyč, pro případ nehody. U provozních bezpečnostních opatření je většinou potřeba pro správnou funkci filtrace, zamezit slunečním paprskům styk s povrchem hladiny vody v nádrži,

případně vytvořit zastřešení nad celou nádrží, čímž se téměř vyloučí vliv vnějšího prostředí na kvalitu vody. [8]

2.3.11 Údržba

Údržba filtrační nádrže probíhá standardně jako u jiných separačních procesů alespoň jednou ročně. Zároveň při ní je ideální příležitostí provést i opravy nebo kontroly vystrojení filtrační nádrže. Poté se při dané údržbě obsluha zaměřuje na čištění stěn a dna nádrží nejčastěji pomocí různých potravinářských prostředků na čištění sraženin případně i řas z povrchu nádrží, dále pomocí kartáčů a následným opláchnutím vodou pod tlakem (pomocí wapky – vysokotlakého čističe).

2.4 KALY A USAZENINY NA ÚPRAVNĚ VODY

Tyto kaly vznikají a odstraňují se při úpravárenských procesech v separačních zařízeních na úpravu pitné vody. Obsah těchto kalů je složen ze suspendovaných látek organického původu, ale převážně anorganického (minerálního) původu. Důležitým faktorem při úpravě surové vody a tvorbě správného vodárenského kalu, který je potřeba znát před samotným čistícím procesem je původ této vody, zda se jedná o podzemní vodu např. z vrtů či jiných jímacích zařízení, nebo jestli se jedná o povrchovou vodu, protože oba druhy těchto vod mají odlišné složení (fyzikální, chemické, mikrobiologické), a proto je potřeba úpravu vody podle těchto parametrů přizpůsobit (dávkování koagulantů aj. chemikálií). Problémovějším typem vody z těchto dvou zmiňovaných bývá většinou voda povrchová, protože kal v ní obsažený mívá kolísavou kvalitu, ale i množství organických látek (odumřelých zbytků rostlin a živočichů) a jílovitých minerálů (jíl, písek). Vlastnosti, kvalita a konzistence těchto vzniklých vodárenských kalů je také odvislá od poměru vody a částic tuhého skupenství v ní obsažených. Vznik těchto kalů je dán především použitou vodárenskou technologií. V systému úpravy vody vznikají kaly na různých objektech. V předpravě se odstraňují první kaly ze surové vody již na hrubých a jemných česlích, zde se jedná převážně o kaly a usazeniny větších rozměrů s menším obsahem vody. Tyto usazeniny by mohly případně poškodit následnou technologii na úpravě vody, kde by mohlo docházet k abrazi vodárenského materiálu nebo k ucpání průtoku. Kaly v prvním stupni separace se zachycují v několika objektech, jedná se např. o objekty sloužící k odstraňování kalu z usazovacích nádrží, zde dochází k odstraňování větších vločkovitých suspenzí vzniklých po přidavku a promíchání koagulantů (např. oxidů hliníku či železa) a následné oddělení kalu od upravované vody se zde provádí pomocí gravitace. Oddělené vločky poté dopadají na dno nádrže do tzv. kalového prostoru. Odtud je kal odváděn a shrabován pryč z nádrže na další zpracování nebo likvidaci.

Mezi objekty spadající do prvního stupně separace lze zařadit i čiření. Zde dochází ke shlukování vloček do větších agregátů a poté následuje odstranění těchto agregátů z vody tzv. čiření. Častým případem čiření je tzv. čiření s kalovým mrakem. Kal se zde vytváří při průtoku upravované vody skrz vločkovitý mrak (obsahující vločky vzniklé po reakci s koagulanty) ode dna ke hladině ve vločkovitém mraku dochází k nabalování nečistot

obsažených ve vertikálně protékané vodě s vločkami obsaženými v mraku. Po určité době tento vločkovitý mrak nabude na objemu a musí být odstraněn. Kaly vzniklé v usazovacích nádržích a čířících jsou specifické velkým obsahem vody.

Dalším separačním objektem určeným k zachycování vodárenského kalu jsou filtry. Existuje více druhů filtrů, avšak všechny pracují na stejném principu, a to takovém že upravovaná voda přitéká např. z usazovací nádrže do filtrů, kde dochází k průtoku této vody o malé usazovací rychlosti skrz filtrační médium obsaženém ve filtrační nádrži. Při tomto průtoku dochází současně k zachycování jemnějších vloček, mikrovloček a jiných menších nečistot organického a anorganického původu ve filtračním médiu. [8], [9]

3 IDENTIFIKAČNÍ A PROVOZNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY SEPARAČNÍCH OBJEKTŮ NA ÚV

V této kapitole jsou vypsány identifikační a provozně technické parametry separačních objektů na úpravě vody. Všechny tyto parametry jsou zpracovány do jednoduchého formuláře, po jehož vyplnění, má dojít k seznámení se základními údaji a procesy na separačních objektech, ale i na úpravě vody jako celku. Pro účely této diplomové práce se hodnocení provozního stavu separačních objektů zabývá sedimentačními, flotačními a filtračními nádržemi.

3.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE - ID.I.

Tyto údaje mají poskytovat, krátkou identifikaci posuzovaných objektů, ale některé z nich slouží i k výpočtům provozně technických parametrů, takže jejich vyplnění je nezbytné. Identifikační parametry jsou rozděleny na dvě části. První částí jsou obecné informace týkající se samotné úpravy vody. A v druhé části se podle typu posuzovaného separačního objektů vybere kategorie otázek pro tuto jednotku.

3.1.1 Identifikační údaje - ID.i. - první část

ID. 1) Vlastník úpravy vody

Název fyzické nebo právnické osoby mající ve svém vlastnictví vodárenskou infrastrukturu posuzované úpravy vody.

ID. 2) Provozovatel úpravy vody

Název fyzické nebo právnické osoby provozující veškerou vodárenskou infrastrukturu posuzované úpravy vody. Název zmínit i v případě stavu, kdy vlastník a provozovatel, je ta samá společnost.

ID. 3) Rok zahájení provozu úpravy vody

Údaj, který vypovídá po většinou o stáří objektů úpravy vody. Ale v některých případech se může jednat i o stáří vodárenské technologie (např. jedná-li se o nově vybudovaný provoz)

ID. 4) Rok dokončení poslední rekonstrukce

Podle tohoto data lze odvodit stav objektů, z hlediska jejich stáří a opotřebení

ID. 5) Náhradní zdroj energie

Informace vypovídající o energetické zabezpečení objektu. Zda je úpravna vody zcela odkázána na jeden jediný zdroj energie, nebo zda v případě energetické výluky může odebírat elektrickou energii i z jiných směrů či může využít vlastních zdrojů např. z dieselového agregátu.

ID. 6) Zdroje surové vody

Tento údaj popisuje charakter zdroj surové vody, který úpravna využívá. Zda se jedná o vodu povrchovou, podzemní nebo zda dochází k využívání surové vody z obou typů zdrojů.

ID. 7) Vydatnost zdrojů surové vody

Množství vody produkované zdrojem surové vody. Jedná se o hodnotu, která vypovídá o velikosti možné dodávky surové vody z tohoto zdroje za danou časovou jednotku. Nejčastěji v těchto jednotkách (l/s; m³/den).

ID. 8) Způsob jímání surové vody

Popis technologií určených k jímání surové vody, použitých na jednotlivých úpravách vody:

Podzemní voda – vertikální jímací objekty

- a) studny

Podzemní voda – horizontální jímací objekty

- b) zářezy pramenné jímky, galerie

Povrchová voda – tekoucí:

- a) jímání ve dně: jímací žlab, drenáž, bodový odběr
- b) jímání nade dnem
- c) břehové jímání

Povrchová voda – stojatá:

- a) věžový odběr
- b) nade dnem nádrže (jezera)
- c) plovoucí jímací zařízení

ID. 9) Nejvýznamnější znečištění s vazbou na separaci

Tento údaj vyjadřuje hodnoty pH, CHSK_{Mn}, BSK₅ a také množství železa (Fe) a manganu (Mn) v surové vodě na přítoku ÚV. Jedná se o parametry, které patří mezi nejčastěji sledované v upravované vodě. Na základě těchto údajů se provádí ověření správného stupně separace na úpravě vody.

ID. 10) Druh použité předúpravy vody

Údaj zda před samotnou úpravářenskou technologií, dochází k předúpravě vody na mechanickém stupni předčištění (u povrchových zdrojů), nebo zda je na přívodu od zdroje vody na úpravnu možnost dávkování pomocné chemie (např. manganistan draselný, hydroxid sodný atd.)

ID. 11) Akumulace vody na úpravně

Jedná se o objem vody (v m³) akumulované v nádržích, která se v případě neplánovaných krizových situací, při výpadku přítoku surové vody může využívat jako dočasný náhradní zdroj vody nebo se případně využívá jako provozní voda na úpravně.

ID. 12) Stupeň separace úpravy vody

Údaj závislý na komplexnosti provozu úpravy vody, vyjadřuje počet druhů separačních objektů v procesu. Nejdůležitějším parametrem při stanovování správného stupně je zohlednění kvality surové vody. Základní rozdělení je následující:

- a) Jednoduchá úprava vody bez separačního stupně
- b) Jednostupňová separace vody
- c) Dvoustupňová separace vody
- d) Vícestupňová separace vody, s případnou doupravou vody bez použití třetího stupně separace.

ID. 13) Počet a druh separačních jednotek

Jedná se o údaj navazující na identifikační parametr ID.12. Ten jej rozšiřuje o konkrétní vypsání jednotlivých typů separačních jednotek na úpravně, včetně jejich počtu.

ID. 14) Projektovaný denní výkon ÚV

Jedná se denní výkon úpravy stanovených podle návrhových hodnot v projektu. Hodnota bývá většinou udávána v l/s nebo m³/den.

ID. 15) Průměrný (skutečný) denní výkon ÚV

Jedná se o průměrné denní množství vody, které je úpravna vody schopna vyprodukovat. Nejčastěji se udává v m³/den, l/s.

ID. 16) Maximální (skutečný) denní výkon ÚV

Jedná se o maximální denní množství vody, které je úpravna vody schopna vyprodukovat. Nejčastěji se udává v l/s nebo v m³/den. Kontrolou je například, že po sečtení všech jednotek filtračních nádrží (nebo jiného typu separačního objektu) a vynásobení s hodnotou maximálního výkonu jednotek filtrace, by měl vyjít ID. 16 - Maximální denní výkon ÚV.

$$ID.16 = ID.13_{Filtr} \cdot ID.20 \quad (3-1)$$

kde: ID. 13_{Filtr} - Počet jednotek separačního objektu [ks]

ID. 20 - Maximální výkon jedné separační jednotky [l/s]

ID. 17) Doba akumulace vody na ÚV v případě poruchy, při průměrném denním výkonu ÚV

Tento údaj vyjadřuje dobu (v hodinách), po kterou je akumulace úpravny vody, v případě poruchy na

úpravně, schopna dodávat vodu, které se dá využít dále v procesu dopravy vody.

Hodnota tohoto údaje se vypočítá dle níže uvedeného vzorce:

$$ID.17 = \frac{ID.11}{ID.15} [hod] \quad (3-2)$$

kde: ID. 11 - Zásoba vody na úpravně pro případ poruchy [m³]

ID. 15 - Průměrný (skutečný) denní výkon úpravny vody [m³/hod] [22]

ID. 18) Druh využívaných chemických prostředků v procesu úpravy

V tomto identifikační údaji jsou vypsány, všechny chemické prostředky, které produkuje chemické hospodářství úpravny a které jsou přidávány do vody, k jejímu vyčištění na požadovanou kvalitu. Vyjadřuje se tak náročnost úpravy, co se týče dávkování.

3.1.2 Identifikační údaje - ID.i. - druhá část - Filtrace

Protože, v našich podmínkách se na většině úpraven vody, kde se nachází separace filtrací, neprevládá výskyt nádrží s pomalou filtrací, proto se v rámci této diplomové práce pracuje s rychlofiltry.

ID. 19) Druh použité pískové rychlofiltrace

Tento údaj popisuje, o jaký typ rychlofiltrace se jedná:

- otevřenou rychlofiltraci - v otevřené nádrži
- tlakovou rychlofiltraci - v uzavřené nádobě

ID. 20) Maximální výkon nádrže

Tento údaj vyjadřuje množství vody, které dokáže jedna filtrační jednotka (nádrž), upravit za časovou jednotku. Po sečtení všech nádrží a jejich maximálních výkonů má výsledná hodnota odpovídat maximálnímu výkonu úpravny. Nejčastěji se hodnota výkonu nádrže vyjadřuje v l/s.

ID. 21) Počet vrstev filtrační náplně

Údaj vypovídající o tom zda posuzované filtrační nádrže se skládají pouze z jednoho typu filtrační náplně či jednoho typu frakce, nebo zda je tomu jinak.

ID. 22) Mocnost filtrační vrstvy

Údaj udávaný v metrech, který udává jak hluboká vrstva filtrační náplně je v nádrži.

ID. 23) Frakce filtrační náplně

Udává se v milimetrech a vyjadřuje hrubost (velikost zrn) filtrační náplně. V případě přítomnosti více vrstev filtrační náplně o rozdílných frakcích, poznamenat všechny.

ID. 24) Plocha filtrační jednotky

Plocha filtrační jednotky (nádrže) se udává v m^2 , a se stanovuje jednoduchým výpočtem plochy nádrže podle její geometrie a využívá se např. pro výpočet prací vody.

ID. 25) Druh drenážního systému na filtrech

Tento údaj slouží pouze k informativním a popisuje, jaký typ drenážního systému je při filtraci použit. Z toho údaje, lze vyčíst, zda se jedná o moderní úsporné řešení drenážního systému, či zda se jedná o starší model drenáže, kde většinou dochází k zbytečnému úbytku hloubky filtrační náplně na úkor drenážní vrstvy.

3.1.3 Identifikační údaje - ID.i. - druhá část - Flotace

ID. 26) Maximální výkon nádrže

Tento údaj vyjadřuje množství vody, které dokáže jedna filtrační jednotka (nádrž), upravit za časovou jednotku. Po sečtení všech nádrží a jejich maximálních výkonů má výsledná hodnota odpovídat maximálnímu výkonu úpravny. Nejčastěji se hodnota výkonu nádrže vyjadřuje v l/s.

ID. 27) Druh použité flotace

Tento údaj vyjadřuje princip, na jakém zkoumaná flotační nádrž pracuje (např. flotace rozpuštěným vzduchem, elektrolytická aj.)

ID. 28) Princip použitého shrabování kalu

Údaj popisující princip, podle něhož dochází ke shrabování kalu z flotační nádrže a odkud se posílá na další zpracování do kalového hospodářství. Nejčastěji dochází ke shrabování kalu z hladiny pomocí obdélníkových pádel do kalové jímky. A také ukazatel popisuje, zda k této činnosti dochází v nějakých pravidelných cyklech.

ID. 29) Dávkování flokulantu

Údaj popisující zda dochází k dávkování flokulantů, před flotačním procesem, kvůli zlepšení nabalování vloček sedimentů na sebe. Popřípadě jaký flokulant je k tomu použit.

3.1.4 Identifikační údaje - ID.i. - druhá část - Sedimentace

ID. 30) Maximální výkon nádrže

Tento údaj vyjadřuje množství vody, které dokáže jedna filtrační jednotka (nádrž), upravit za časovou jednotku. Po sečtení všech nádrží a jejich maximálních výkonů má výsledná hodnota odpovídat maximálnímu výkonu úpravny. Nejčastěji se hodnota výkonu nádrže vyjadřuje v l/s.

ID. 31) Druh použitého koagulantu před nádrží

Údaj popisující jaký koagulant byl dávkován před sedimentační nádrží, pro zajištění správné funkce sedimentace.

ID. 32) Kde dochází k dávkování koagulantu

Údaj popisující místo, kde dochází k dávkování koagulantu.

ID. 33) Kde dochází k procesu koagulace

Údaj popisující, jestli nedochází k problému s vločkovacím procesem na usazovací nádrži. Např. zda nevznikají vločky příliš brzy nebo příliš pozdě.

3.2 PROVOZNÍ UKAZATELE SEPARAČNÍCH OBJEKTŮ - P_I

V této části práce jsou vypsány provozní ukazatele, které jsou rozděleny pro přehlednost do několika skupin. První skupinou jsou provozní otázky obecného typu. Poté následují otázky vztahující se přímo ke konkrétním druhům separačním jednotek. Mezi tyto zkoumané separační procesy patří sedimentace, filtrace a flotace. Všechny tyto skupiny otázek v sobě obsahují rozdělení do dvou různých tříd. První touto třídou jsou otázky, které ovlivňují

provozní podmínky na objektech, ale nelze je nikterak bodově ohodnotit a určit u nich ideální stav, protože povětšinou jsou závislé na místních, někdy i neopakovatelných podmínkách. V celkovém souhrnu všechny tyto popsané parametry nějakým způsobem ovlivňují kvalitu, kvantitu nebo ekonomickou stránku výsledné upravované vody, a proto nelze opomenout ani ty parametry, u kterých není možné stanovit ideální stav.

3.2.1 Provozní ukazatele - P_i - obecně

P.1) Kategorie jakosti surové povrchové a podzemní vody

Tento provozní ukazatel slouží k ohodnocení zdrojů povrchových vod. Jednotlivé kategorie jakosti surových povrchových a podzemních vod jsou stanoveny ve vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., která je prováděcí vyhláškou zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, konkrétně v příloze 13 – Požadavky na jakost surové vody. Jakost povrchových vod se rozděluje do tří základních skupin od A1 až A3 a sleduje se celkem 40 ukazatelů. Zde je výčet několika z nich, které patří mezi nejvíce sledované ukazatele s jejich mezními hodnotami.

Tab. 3-1 Parametry jakosti povrchových vod (dle vyhlášky č. 428/2001 Sb.) [30]

Pořadové číslo	ukazatel	Jednotka	A1	A2	A3
			mezní	mezní	mezní
1.	Reakce vody	pH	6,5-9,5	5-6,5 9,5-10	< 5 nebo < 10
2.	Barva	mg/l Pt	20	100	200
3.	Nerozpuštěné látky suš.	mg/l	10		
4.	Teplota	°C	20	25	25
6.	Pach				nepřijatelný
7.	Dusičnany	mg/l	50	50	50
10.	Železo celkové	mg/l	0,2	1	2
11.	Mangan	mg/l	0,05	0,5	1,5
30.	Chemická spotřeba kyslíku manganistanem	mg/l	3	10	15
31.	Biochemická spotřeba kyslíku (BSK5) při 20°C s vyloučením nitrifikace	mg/l	3	5	7
33.	celkový organický uhlík (TOC)	mg/l	5	7	10
34.	Humínové látky	mg/l	2,5	5,0	8,0
35.	Koliformní bakterie	KTJ/100 ml	50	5 000	50 000

Jakost podzemních vod se rozlišuje v následující tabulce také do tří skupin a sledují se v nich nejčastěji tři hlavní ukazatele, kterými jsou železo, mangan a sulfan.

Tab. 3-2 Parametry jakosti podzemních vod (dle vyhlášky č. 428/2001 Sb.) [30]

ukazatel	Jednotka	A1	A2	A3
železo	mg/l	0,2	5	20
Mangan	mg/l	0,05	1,0	2,0
sulfan	mg/l	platí limity pachu		

K1 – Nejlepší možnou variantou je kategorie A1 (dle Tab. 6-1 a 6-2) - Úprava surové vody s koncovou dezinfekcí pro odstranění sloučenin a prvků, které mohou mít vliv na její další použití a to zvláště snížení agresivity vůči materiálům rozvodného systému včetně domovních

instalací (chemické nebo mechanické odkyselení), dále odstranění pachu a plynných složek provzdušňováním. Prostá filtrace pro odstranění nerozpuštěných látek a zvýšení jakosti.

K2 – Do druhé skupiny spadá kategorie A2 (dle Tab. 6-1 a 6-2) - Surová voda vyžaduje jednodušší úpravu, např. koagulační filtraci, jednostupňové odželezňování, odmanganování nebo infiltraci, pomalou biologickou filtraci, úpravu v horninovém prostředí a to vše s koncovou dezinfekcí. Pro zlepšení vlastností je vhodná stabilizace vody.

K3 – Poslední skupinou s nejhorsími mezními hodnotami je kategorie A3 (dle Tab. 6-1 a 6-2). Úprava surové vody vyžaduje dvou či vícestupňovou úpravu čiřením, oxidací, odželezňováním a odmanganováním s koncovou dezinfekcí, popř. jejich kombinaci. Mezi další vhodné procesy se řadí např. využívání ozónu, aktivního uhlí, pomocných flokulantů, flotace. Ekonomicky náročnější postupy technicky zdůvodněné (např. sorpce na speciálních materiálech, iontová výměna, membránové postupy) se použijí mimořádně.

P.2) Provoz úpravny vody

Tento ukazatel znázorňuje způsob provozu celé úpravny vody, podle kterého se řídí její cyklus. A posuzuje, tak užitečnost celé stavby z pohledu provozu, ale z ekonomické stránky.

K1 – Pravidelný provoz úpravny vody

K2 – Přerušovaný provoz úpravny vody

K3 – Provoz úpravny vody je odstaven

P.3) Využitelnost výkonu úpravny vzhledem k jejím návrhovým hodnotám

Výsledek tohoto ukazatele je závislý na dvou parametrech. Jedná se o průměrný denní výkon úpravny vody a druhým je projektovaná návrhová kapacita úpravny vody. Z těchto údajů se vypočte jejich poměrem výsledný procentuální podíl, který znázorňuje využitelnost návrhového výkonu úpravny. Ten následně ovlivňuje mnoho ukazatelů jako je ekonomická stránka a efektivita výroby.

$$P.3 = \frac{ID.15}{ID.14} \cdot 100[\%] \quad (3-3)$$

Kde: ID. 15 – Průměrný denní výkon úpravny vody [l/s]

ID. 14 – Návrhový (projektový) výkon úpravny vody [l/s]

K1 – Výsledný poměr značí, že úpravna vody využívá výkon v rozmezí 90% návrhové kapacity výkonu až po její maximální hodnotu (Q_{\max}).

K2 – Výsledný poměr značí, že úpravna vody využívá výkon v rozmezí 50 až 90% návrhové kapacity výkonu.

K3 – Výsledný poměr značí, že úpravna vody využívá výkon pouze z 50% návrhové kapacity výkonu a méně, případně funguje nad tuto návrhovou kapacitu, čímž dochází k přetěžování celého systému.

P.4) Automatizace úpravní vody pro sledování důležitých parametrů vody

Tento parametr slouží, ke stanovení úrovně automatizace úpravní vody při sledování důležitých parametrů na přítoku upravované vody, ale i při měření důležitých parametrů na odtoku z jednotlivých separačních jednotek. Mezi nejčastěji sledovanými parametry jsou např. Oxid chloričitý, pH, volný a celkový chlór, absorpance, průtok, teplota, zákal, množství rozpuštěného kyslíku atd.).

K1 – Sledování důležitých parametrů surové i upravené vody je na úpravě vody plně automatizováno a měření probíhá kontinuálně.

K2 – Sledování důležitých parametrů surové vody je na úpravě vody jen částečně automatizováno nebo v manuálním režimu.

K3 – Na úpravě vody neprobíhá automatizovaná kontrola parametrů surové vody.

P.5) Automatizace provozu jednotlivých separačních objektů

Tento parametr posuzuje soběstačnost jednotlivých separačních objektů. Zda jsou u nich naprogramovány jednotlivé požadované úkony podle přednastavených cyklů, nebo zde je k tomu zapotřebí obsluha, která danou činnost uvede do provozu (např. praní filtrů, strojní shrabování u flotačních nádrží aj.)

K1 – Separační objekt je plně automatizován při provádění technologických úkonů.

K2 – Separační objekt je pouze částečně automatizován.

K3 – Separační objekt není nikterak automatizován a spoléhá se pouze na obsluhu úpravní vody.

P.6) Stupeň separace na úpravě s ohledem na množství Fe a Mn v surové vodě

Pomocí tohoto ukazatele se provádí kontrola vhodného zařazení všech stupňů separace. Tedy zda daný provoz je navržen neoptimálně vzhledem k obsahu železa a manganu v surové vodě. Tento problém se týká především úpraven odebírající surovou vodu z podzemních zdrojů, z důvodu zvýšených hodnot těchto prvků. Protože se jedná o problematiku, kterou nelze nikterak idealizovat, není tento ukazatel zařazen do formuláře, ale je důležité jej alespoň zmínit. Hodnocení pouze spočívá v tom, zda jsou dodržena tato kritéria. Údaje byly použity z vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., která je prováděcí vyhláškou zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, konkrétně z přílohy 13 – Požadavky na jakost surové vody. [1]

- a) Při koncentracích do $c(\text{Fe}+\text{Mn}) = 1,5 \text{ mg/l}$, lze využít úpravy vody bez separačního stupně
- b) Při koncentracích $c(\text{Fe}+\text{Mn}) = 1,5$ až $3,5 \text{ mg/l}$, se využívá už úpravy s jedním separačním stupněm
- c) Při koncentracích $c(\text{Fe}+\text{Mn}) = 3,5 \text{ mg/l}$ a více, se již využívá úpravy se dvěma a více separačními stupni

K1 - Zvolený stupeň separace na úpravně vody odpovídá uvedenému rozmezí kritéria závislého na hodnotě koncentrace železa a manganu v surové upravované vodě, nebo je vyšší.

K2 - Zvolený stupeň separace na úpravně vody neodpovídá uvedenému rozmezí kritéria závislého na hodnotě koncentrace železa a manganu v surové upravované vodě, a přesahuje jej v řádu desetinných míst ($<0,5 \text{ mg/l}$).

K3 - Zvolený stupeň separace na úpravně vody neodpovídá uvedenému rozmezí kritéria závislého na hodnotě koncentrace železa a manganu v surové upravované vodě a převyšuje jej o více než $0,5 \text{ mg/l}$.

P.7) Vlastní spotřeba vody

Ukazatel slouží k vyjádření množství vody, které je odebíráno z vody vyrobené na odtoku z úpravy a je dále využíváno v provozu pro potřeby vodárenských technologií, jako voda technologická např. pro účely prací vody, jako voda pro odkalení nádrží, pro přípravu chemikálií atd.). Toto množství vody se pohybuje v určitém rozmezí, tak aby byla zajištěna soběstačnost provozu, ale s ohledem i na přílišné plýtvání vodou.

K1 - Využívá se do 5% (nejčastěji kolem 3-5%) z celkové vyrobené vody na vodu technologickou

K2 - Využívá se kolem 5-10% z celkové vyrobené vody na vodu technologickou

K3 - Využívá se více než 10% z celkové vyrobené vody na vodu technologickou

3.2.2 Provozní ukazatele – Filtrace – PF.i

V této části jsou přiblíženy provozní ukazatele filtračních objektů, které ovlivňují jejich správnou funkci na úpravně vody. Nejprve jsou zmíněny parametry, které jsou důležité pro provoz těchto objektů, ale protože se jedná o ukazatele, které jsou závislé na místních podmínkách, tak nejsou dále využívány při hodnocení objektů filtrace. Poté následuje výčet těch parametrů, u kterých je možné stanovit daný stav určitým bodovým ohodnocením. Provozní ukazatele závislé na místních podmínkách, lze obecně rozdělit do tří skupin, které ovlivňují chod filtrů.

- a. Filtrační proces
- b. Drenážní systém
- c. Prací proces

Ukazatele závislé na místních podmínkách:

- a) Filtrační proces, je nejvíce ovlivněn druhem filtračního média, konkrétně tedy druhem filtrační náplně a velikosti její frakce, dále pak mocností náplně v nádrži nebo velikosti a tvarem nádrže. Mocnost filtrační náplně je závislá také na typu zvolené filtrace, zda se použije písková tlaková filtrace (1,2-1,4 m), otevřená filtrace (1,2-0,9 m), nebo otevřená filtrace přes granulované aktivní uhlí (1,0-0,6 m), či tlaková GAU filtrace (2,0-1,0 m), avšak všechny tyto hodnoty jsou obecnými. Tyto všechny parametry sice nejsou provozními, ale mají zásadní vliv na ukazatele provozní a to zejména na filtrační rychlost, ta se běžně udává okolo 3,6 až 7,2 m/h u otevřených nádrží a u tlakových maximálně do hodnoty 20 m/h. U GAU filtrů je podstatná také kontaktní doba upravované vody s náplní aktivního uhlí, čím delší kontaktní doba je tím má větší využití, ale menší celkovou životnost.
- b) Vliv na kvalitu filtrace má i druh použitého drenážního systému, současnosti je několik preferovaných značek drenážních systému, ať už se jedná o drenážní rošty nebo o systém scézovacích hlavíc (systém Aquafiltr, Triton, Leopold), nelze s určitostí říci, který z nich je ten nejlepší.
- c) Důležitým je i samotný prací cyklus, kde kvalita je ovlivňována také hned několika faktory. Jedná se například o četnost praní, ta je ovlivněna procesy, které filtraci předcházejí, ale i parametry surové vody. Praní se liší i zvoleným typem nebo intenzitou praní vzduchem (s tím spojený i správný návrh dmychadla), vodou nebo jejich kombinací. Dále i dobou praní filtrů nebo zafiltrování u těchto ukazatelů jsou sice obecně udávané hodnoty, ale ty nejsou závazné.

V další části jsou vypsány, důležité provozní ukazatele, jenž lze bodově ohodnotit a stanovit tak s jejich pomocí u filtrů, alespoň přibližný ideální stav.

PF.1) Dostatečná akumulace prací vody pro potřeby filtrů

Tento provozní ukazatel, ovlivňuje plynulost a kvalitu provozu filtrace. Pro tyto potřeby se akumuluje část vody z odtoku úpravní vody, ta bývá přiváděna do akumulární nádrže. Voda z této nádrže, tedy slouží k pracímu procesu na filtrech, ale kromě toho slouží i pro jiné separační objekty, jsou-li na úpravně, nebo i k jiným údržbovým pracím či pro účely v laboratořích. Samotná akumulace bývá velice, důležitá v případech nečekaných havarijních událostí nebo velkých údržbových pracích. S její pomocí lze po určitou omezenou dobu pracovat z těchto zásob. Tento ukazatel uvažuje jako minimální hranici velikosti akumulární nádrže, množství vody potřebné k vyprání alespoň jedné filtrační nádrže. V ideálním případě když nádrž dokáže akumulovat množství vody odpovídající potřebě vody pro všechny nádrže filtrace. Pro výpočet objemu akumulární nádrže je potřeba znát plochy všech filtrů a parametry pracího cyklu.

$$S = S_1 \cdot n \quad (3-4)$$

kde: S – Filtrační plocha všech filtrů [m^2]
 S_1 – Filtrační plocha jednoho filtru [m^2]
 n – Počet filtračních jednotek

$$V_{AN} = 2,54 \cdot S \cdot v_f \cdot t \quad (3-5)$$

kde: V_{AN} – Objem akumulární nádrže [m^3]
 S – Filtrační plocha všech filtrů [m^2]
 v_f – Filtrační rychlost [m/h]
 t – Doba praní [hod]

K1 – Objem akumulární nádrže odpovídá alespoň množství potřebného pro vyprání všech nádrží filtrace

K2 – Objem akumulární nádrže odpovídá množství vody potřebného pro vyprání jedné nádrže filtrace

K3 – Na úpravně není akumulace pitné vody, nebo je pro potřeby prací vody využívána surová voda

PF.2) Délka filtračního cyklu

Doba, za kterou tlaková ztráta na filtru dosáhne hodnoty okolo 2 m v. sl., kvalita filtrátu nepřesáhne požadavky dané vyhláškou na pitnou vodu. Dále nesmí dojít k průniku koagulantu (na bázi Al, Fe) přes filtrační lože. Orientační délka filtračního cyklu t [hod] se určuje nejčastěji pomocí kalové kapacity (K) dle vzorce: [22]

$$t = \frac{K}{c_o \cdot v} \quad (3-6)$$

Kde:

K - kalová kapacita [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$]

c_o - hmotnostní koncentrace na přítoku [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$]

v - povrchová rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

K1 – Délka filtračního cyklu je v rozmezí 48 až 72 hod

K2 – Délka filtračního cyklu je v rozmezí 24 až 48 hod

K3 – Délka filtračního cyklu je kratší než 24 hod

PF.3) Tlaková ztráta ve filtru

Tento provozní ukazatel, patří mezi jedny z nejdůležitějších, co se týče provozu filtrů. Tlaková ztráta na filtrech je ukazatel, kterým obsluha na úpravně snadno zjistí, v jakém stavu jsou filtry. Zvyšující tlak v nádrži je indikátorem ucpávajících filtrů, kde v důsledku tření voda ztrácí svojí kinetickou energii a přes filtr protéká menší množství vody o menším tlaku. Tlak v nádrži se zjistí za pomoci měřícího zařízení. Zvýšená hodnota tlaku nemusí okamžitě znamenat problém s ucpaným filtrem, který potřebuje ihned vyprat. Problém se zvýšeným tlakem může vzniknout i následně po vyprání filtrů, zvláště u provozů, kde se neprovádí zafiltrování filtrů a není tak umožněno filtračnímu médiu se po vyprání správně usadit a vyplnit vzniklé mezery mezi zrny a zároveň odstranit zbytky po ucpání filtru. Pokud se zvýšená hodnota tlaku pozoruje po dobu delší než 6 až 10 hodin doporučuje se provést praní filtrů. [1]

K1 – Tlaková ztráta ve filtru je v rozmezí do 2,0 m. v. s.

K2 – Tlaková ztráta ve filtru je v rozmezí 2,0 až 2,5 m v. s.

K3 – Tlaková ztráta ve filtru je nad 2,5 m. v. s.

PF.4) Impulsy pro začátek praní

Filtrace na úpravách vody mívají často nastaveno nebo naprogramováno praní podle určitého stanoveného prvního impulsu, po němž dochází, k praní filtrů. Při výběru té nejlepší varianty se zohledňují zejména kvalitativní parametry vody protékající přes filtrační náplň. Ale existují i jiné možnosti, které se využívají v případech, kdy je snaha vybrat ten postup, který usnadňuje práci obsluze nebo, i takovou, která je vhodná pro úpravy bez automatického měření zákalu, i když na úkor kvality nebo ekonomickou stránku věci.

K1 – Praní je řízeno hodnotou zákalu na odtoku z filtrů. Například dojde-li k překročení hodnoty zákalu přes 0,3 NTU po dobu delší jak 10 minut.

K2 – Praní je řízeno zvětšením tlakové ztráty uvnitř náplně, čímž dochází k zmenšování průtoku, problém je následně řešen pomocí regulačních uzávěrů na odtoku z nádrže.

K3 – Prvním impulsem pro začátek praní je protečení určitého množství vody filtry, nebo uplynutí daného časového intervalu při provozu filtrů.

PF.5) Účinnost filtrace určená snížením zákalu vody

Základním ukazatelem sledovaným na většině úpraven vody na výstupu z filtrační nádrže je hodnota zákalu, pomocí něho se stanoví úspěšnost tohoto separačního stupně při úpravě vody. Zákal je způsoben výskytem suspendovaných nerozpuštěných látek anorganického nebo organického původu. Největší problém se zákalem bývá u vod povrchových na rozdíl od podzemních vod. U filtračních nádrží, aby byla zajištěna jejich spolehlivost, je požadavek, aby hodnota zákalu v přítékající vodě nepřekročila 2 NTU (Nephelometric Turbidity Units). Zákal se měří na odtoku pomocí zákaloměrů, které se sem instalují. Při zvýšených hodnotách zákalu ve vodě vzniká problém, že se následně v tomto prostředí mohou vyskytovat nežádoucí mikroorganismy a problémem neméně důležitým je i estetika vody s ohledem i na požadavky spotřebitele (např. průmysl – bavení textilií), kterému se tato voda, jako konečnému spotřebiteli následně distribuuje. [8]

K1 – Hodnota zákalu na odtoku, nepřekročila po dobu delší jak 10 minut hodnotu 0,3 NTU.

K2 – Hodnota zákalu na odtoku je v rozmezí 0,3 až 1,0 NTU.

K3 – Tento stav je nevyhovující. Hodnota zákalu na odtoku je nad hodnotu 1,0 NTU.

PF.6) Vhodnost použitého GAU ve filtrační nádrži na základě jeho výrobní suroviny

Posouzení jaká výrobní surovina byla použita na výrobu aplikovaného aktivního uhlí ve filtrační nádrži. S ohledem na to, že v oblasti vodárenství se nejvíce sledují u tohoto sortimentu parametry sorpčních schopností aktivního uhlí. [17]

K1 - Aktivní uhlí bylo vyrobeno z černého uhlí

K2 - Aktivní uhlí bylo vyrobeno z kokosových skořápek

K3 - Aktivní uhlí bylo vyrobeno ze dřeva

3.2.3 Provozní ukazatele – Usazovací nádrž – PU.i

V této části jsou přiblíženy provozní ukazatele, které ovlivňují správnou funkci usazovacích nádrží na úpravě vody. V první části jsou obdobně jako u předchozího objektu zmíněny parametry závislé na místních podmínkách a poté následuje výčet těch parametrů, u kterých je možné stanovit daný stav určitým bodovým ohodnocením.

Ukazatele závislé na místních podmínkách lze obecně rozdělit na skupinu těchto vlivů:

- a. Vnější
- b. Návrhové
- c. Provozní

Ukazatelé závislé na místních podmínkách:

- Mezi vnější vlivy, které ovlivňují správnou funkci usazovací nádrže, patří vliv chladné vody na samotný proces usazování. Kdy dochází ke klesnutí chladnější vody vlivem fyzikálních zákonů ke dnu a zapříčiňuje, tak vznik zkratových proudů a hromadění vzniklého kalu na dnu nádrže. K tomuto jevu dochází i v případě, kdy přitékající voda má větší koncentraci nerozpuštěných látek, než voda v nádrži.
- Důležitým kritériem jsou také rozměry nádrže, které ovlivňují funkci procesu sedimentace. Proto jsou stanovené obecné hodnoty hloubky dna nádrže (2,0 až 5,0 m), a také poměrové hodnoty délky a šířky. Úkolem projektanta je poté navrhnout nádrž, tak, aby proces sedimentace proběhl v nádrži správně.
- Provozními ukazateli jsou myšleny například četnost odkalování nebo četnost shrabování kalu.

V další části jsou vypsány, důležité provozní ukazatele, s jejichž pomocí lze bodově ohodnotit a stanovit, tak alespoň přibližný ideální stav usazovacích nádrží.

PU.1) Doba zdržení vody v nádrži

Tento ukazatel je jeden z nejdůležitějších při návrhu usazovací nádrže, protože má zásadní význam na účinnosti úpravy, čím delší je, tím je větší účinnost procesu sedimentace. Pro výpočet doby zdržení je nutné znát návrhový průtok úpravkou vody, počet usazovacích nádrží, rozměry nádrže, a to její šířku, délku a účinnou hloubku. [10]

$$t_{sk} = \frac{V_{sk}}{Q_1} \text{ [hod]} \quad V_{sk} = b \cdot l \cdot h_u \text{ [m}^3\text{]} \quad Q_1 = \frac{Q_N}{n} \text{ [l/s]} \quad (3-7)$$

Kde:

t_{sk} – skutečná doba zdržení [hod]

n – počet nádrží [-]

V_{sk} – skutečný objem nádrže [m³]

h_u – účinná hloubka [m]

Q_1 – průtok jednou nádrží [l/s]

b – šířka nádrže [m]

Q_N – návrhový průtok úpravkou [l/s]

l – délka nádrže [m]

K1 – Doba zdržení je 1,5 až 2,0 hodiny. Z vody se při této době vyseparuje více látek.

K2 – Doba zdržení je 2,0 až 4,0 hodiny. Hodnota je ještě v limitu, ale účinnost klesá

K3 – Doba zdržení je > 4,0 hodiny a < 1,5 hodiny.

PU.2) Průtočná (horizontální) rychlost v usazovací obdélníkové nádrži

Rychlost průtočného (horizontálního) proudění, je důležitým ukazatelem správné sedimentace. Příliš velká horizontální rychlost může způsobit narušení procesu usazování, tím že roztrhá usazované vločky nebo se prodlouží trajektorie usazovaných vloček. Proto bývá pravidlem proud na přítoku do nádrže zpomalit (viz. PU. 5). Pro výpočet této rychlosti je potřeba znát rozměry usazovací nádrže, její povrchové hydraulické zatížení a průtok v ní.

Nejprve se vypočítá plocha nádrže podle povrchového hydraulického zatížení a průtoku nádrží. [10]

$$S = \frac{Q}{\mu} \quad [\text{m}^2] \quad (3-8)$$

kde: Q – Průtokové množství nádrží [m^3]

μ - Povrchové hydraulické zatížení [$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]

Poté se vypočte skutečná návrhová plocha nádrže a její rozměry.

$$\frac{L}{b} = 5 \Rightarrow L = \dots [\text{m}] \Rightarrow b = \dots [\text{m}] \Rightarrow S_N = b \cdot L \quad [\text{m}^2] \quad (3-9)$$

kde: L – Délka nádrže [m]

b – Šířka nádrže [m]

Navrhne se hloubka s ohledem na průtočnou (horizontální) rychlost, tak aby nepřekročila hodnotu 20mm/s.

$$h = \dots [\text{m}] \Rightarrow v = \frac{Q \cdot h}{b} \quad [\text{m/h}] \quad \text{převedení} \Rightarrow \frac{v \cdot 1000}{3600} \quad [\text{mm/s}] \quad (3-10)$$

kde: v – průtočná (horizontální) rychlost [mm/s]

h – hloubka vody v nádrži [m]

K1 – Průtočná rychlost v nádrži dosahuje hodnoty do 10 mm/s.

K2 – Průtočná rychlost v nádrži dosahuje hodnot v rozmezí od 10 do 20 mm/s.

K3 – Průtočná rychlost v nádrži přesahuje hodnoty nad 20 mm/s.

PU.3) Účinnost sedimentace určená snížením zákalu vody

Základním ukazatelem sledovaným na většině úpraven vody na výstupu z usazovací nádrže je hodnota zákalu, pomocí něho se stanoví úspěšnost tohoto separačního stupně při úpravě vody. Zákal je způsoben výskytem suspendovaných nerozpuštěných látek anorganického nebo organického původu. Největší problém se zákalem bývá u vod povrchových na rozdíl od podzemních vod. U sedimentačních nádrží, Zákal se měří na odtoku pomocí zákaloměrů, které se sem instalují. Je-li na odtoku z nádrže dlouhodobě zvýšená hodnota zákalu nad 2 NTU, je potřeba provést některé provozní opatření, týkající se procesů koagulace, flokulace nebo samotné sedimentace. [9]

K1 – Hodnota zákalu na odtoku, nepřekročila hodnotu 1,0 NTU.

K2 – Hodnota zákalu na odtoku je v rozmezí 1,0 až 2,0 NTU.

K3 – Hodnota zákalu na odtoku je nad hodnotu 2,0 NTU.

PU.4) Účinnost sedimentace při separaci suspendovaných látek

Tento ukazatel účinnosti usazovacích nádrží je závislý především na velikosti usazovací rychlosti. Mimo jiné velikost této rychlosti má dané meze při, kterých proces sedimentace dosahuje větších účinků, společně s dalšími parametry. Výpočet této rychlosti je závislý na době zdržení vody v nádržích a na tzv. usazovací vzdálenosti, tato hloubka odpovídá hloubce vody v nádrži. [29]

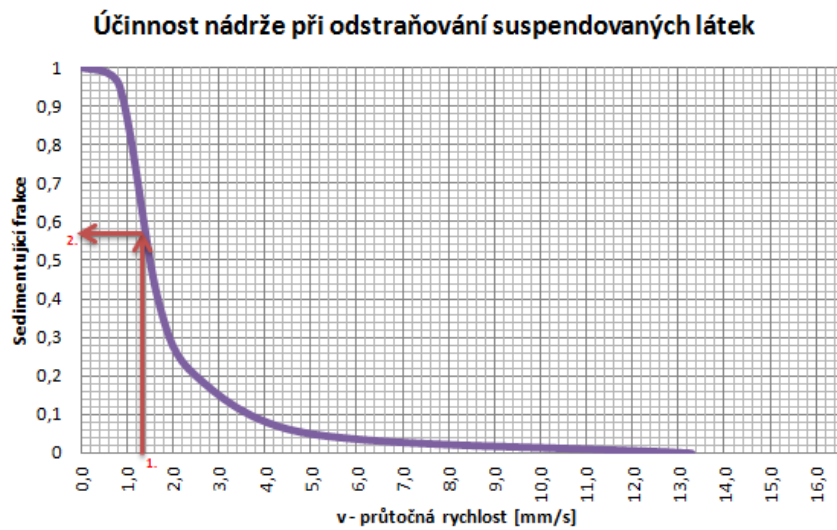
$$u_s = \frac{h}{t_{sk}} \text{ [m/hod]} \quad \Rightarrow \quad \frac{u_s \cdot 1000}{3600} \text{ [mm/s]} \quad (3-11)$$

Kde: t_{sk} – Doba zdržení vody v nádrži [hod]

h – hloubka vody v nádrži [m]

u_s – usazovací rychlost [mm/s]

Následně se pomocí výsledné usazovací rychlosti odečte z následujícího grafu účinnost při odstraňování suspendovaných látek z vody.



Obr. 3.1 Graf účinnosti sedimentace v závislosti na průtočné rychlosti nádrží [29]

K1 – Účinnost separace suspendovaných látek z vody je nad 80%.

K2 – Účinnost separace suspendovaných látek z vody je v rozmezí 80 až 40%.

K3 – Účinnost separace suspendovaných látek z vody je pod 40%.

PU.5) Rovnoměrnost rozložení proudu na přítoku

Tento ukazatel určuje schopnost nádrže rovnoměrně rozložit proud přitékající surové vody, tak aby byl zajištěn správný průtok nádrží. Například, aby se zabránilo vzniku zkratových proudů, atd. Proto, je nutné navrhnout již v projektové fázi, vhodné technické řešení.

K1 – Proud na přítoku je rozložen děrovanou stěnou

K2 – Proud surové vody natéká do nádrže ze dvou a více nátoků

K3 – Proud natéká do nádrže jedním nátokem

PU.6) Povrchové hydraulické zatížení v usazovací nádrži

Tento ukazatel určuje hodnotu povrchového hydraulického zatížení v usazovací nádrži. Velikost zatížení má vliv i na účinnost separačního procesu a na druh využití sedimentace. U usazovacích nádrží se sledují účinky prospěšné na odstranění zejména zákalu, protože zákal je důležitým ukazatelem účinnosti sedimentace. Povrchové hydraulické zatížení se vyjadřuje poměrem průtokového množství vody a plochy nádrže. [2]

$$v_{sz} = \frac{Q}{S} \quad [\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}] \quad S = b \cdot L \quad (3-12)$$

Kde: Q – Průtokové množství vody [m^3/h]

S – Plocha nádrže [m^2]

v_{sz} – Povrchové hydraulické zatížení [$\text{m}^3 \cdot \text{m}^2/\text{h}$]

b – Šířka nádrže [m]

L – Délka nádrže [m]

K1 – Hodnota povrchového zatížení se pohybuje nad hodnotou $1,7 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, tato hodnota zaručuje účinnost proti odstranění zákalu, zbarvení vody a při redukci řas.

K2 – Hodnota povrchového zatížení se pohybuje v rozmezí $1,3$ až $1,7 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, tato hodnota zaručuje účinnost při odstranění zbarvení vody a redukci řas

K3 – Hodnota povrchového zatížení se pohybuje v rozmezí $0,8$ až $1,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, tato hodnota zaručuje účinnost při redukci vysokého obsahu řas.

3.2.4 Provozní ukazatele – Flotační nádrž – PFI

Další skupinou provozních ukazatelů jsou údaje týkající se flotačních nádrží. První část ukazatelů se týká parametrů závislých na místních podmínkách a poté následuje výčet těch parametrů, u kterých je možné stanovit daný stav určitým bodovým ohodnocením.

Ukazatele závislé na místních podmínkách lze obecně rozdělit na skupinu těchto vlivů:

- a. Průtočný profil flokulace
 - b. Ideální pH vody v nádrži
 - c. Nastavení shrabování ve flotační nádrži (intenzita, rychlost shrabování...)
-
- a) K této skupině provozních ukazatelů závislých na místních podmínkách patří jednoznačně návrhové parametry nádrže. Tento typ separačního objektu, mívá často už výrobcem předem stanovené rozměry a projektant pouze vybírá vhodnou variantu pro úpravnu, s tím souvisí například průtočný profil flokulace.
 - b) Pro správné provedení flotačního procesu jsou zásadní i parametry surové vody natékající do nádrže. Jedním z těchto parametrů je například i hodnota pH, kde se obecně udává hodnota okolo 5,8 až 6,5.
 - c) Důležitým úkolem je i správné nastavení strojního shrabovacího zařízení, avšak tento úkol je zcela závislý na parametrech upravované vody, dávkování chemie aj. Je nutné dbát na správné nastavení intenzity a rychlosti shrabování strojního zařízení.

Následující uvedené provozní ukazatele jsou důležité při stanovování účinnosti a správnosti fungování procesu flotace. Avšak mnohé z těchto ukazatelů potřebují ke svému stanovení speciálních zařízení nebo laboratorních pokusů. Z těchto důvodů je jejich stanovení na některých provozech mimo možnosti vodárenských společností provozující úpravnu vody, ale existenci těchto ukazatelů je i přesto důležité zmínit.

PFI.1) Sušina kalu (v procentech)

Tento ukazatel slouží ke kontrole množství kalové sušiny, vzniklého po zahuštění shrabovaného kalu z hladiny flotační nádrže. Kontrola spočívá v porovnání procentuálního zastoupení sušiny s danými kritérii, tak aby byla zajištěna alespoň minimální sušina z kalu.

[4]

K1 – Výsledná sušina kalu je $> 3,0\%$

K2 – Výsledná sušina kalu je v rozmezí 3,0 až 1,0%

K3 – Výsledná sušina kalu je $< 1,0\%$

PFl.2) Účinnost flotace (v procentech)

Tento ukazatel slouží ke kontrole množství kalové sušiny, vzniklého po zahuštění shrabovaného kalu z hladiny flotační nádrže. Kontrola spočívá v porovnání procentuálního zastoupení sušiny s danými kritérii při odstraňování suspendovaných látek z vody, tak aby byla zajištěna alespoň minimální sušina z kalu. Výpočet účinnosti lze stanovit pomocí rovnice stanovené podle Jamese K. Edzwalda a spol. Zde se uvažuje s dvoustupňovou separační úpravou vody (1. Transport částice k mikrobublině, 2. Přilnutí částice k mikrobublině). Pravá část rovnice reprezentuje měřítko účinnosti flotace. [4]

$$\frac{dN_p}{dt} = -\alpha_{pb} \cdot \eta_T \cdot A_b \cdot v_b \cdot N_b \cdot N_p \quad (3-13)$$

Kde: N_p – objemová koncentrace bublin v kontaktní zóně [částic/m³]

t – čas [s]

α_{pb} – účinnost adheze [%]

η_T – celková účinnost jednotkového kolektoru [%]

U_b – vzestupná rychlost mikrobublin [m/s]

N_b – objemová koncentrace bublin v kontaktní zóně [částic/m³]

A_b – plocha bublin [m²]

η_T – jako přenosová funkce v sobě zahrnuje všechny druhy přenosu bublin k částicím: difuzi, náhodný pohyb, sedimentaci i setrvačné síly.

K1 – Účinnost flotace je > 90%, efektivní úprava flotací

K2 – Účinnost flotace je v rozmezí 90 až 85%

K3 – Účinnost flotace je < 85%, neefektivní úprava flotací

PFl.3) Účinnost flotace určená snížením zákalu vody

Základním ukazatelem sledovaným na většině úpraven vody na výstup z flotační nádrže je hodnota zákalu, pomocí něho se stanoví úspěšnost tohoto separačního stupně při úpravě vody. Zákal je způsoben výskytem suspendovaných nerozpuštěných látek anorganického nebo organického původu. Největší problém se zákalem bývá u vod povrchových na rozdíl od podzemních vod. U flotačních nádrží, aby byla zajištěna jejich spolehlivost provozu, je požadavek na přitékající vodu, kde hodnota zákalu nesmí překročit 100 NTU (Nephelometric Turbidity Units). Zákal se měří na odtoku pomocí zákaloměrů, které se sem instalují. Při

zvýšených hodnotách zákalu ve vodě vzniká problém, že se následně v tomto prostředí mohou vyskytovat nežádoucí mikroorganismy. [4]

K1 – Hodnota zákalu na odtoku, nepřekročila po dobu delší jak 10 minut hodnotu 1,0 NTU.

K2 – Hodnota zákalu na odtoku je v rozmezí 1,0 až 2,0 NTU.

K3 – Tento stav je nevyhovující. Hodnota zákalu na odtoku je nad hodnotu 2,0 NTU.

PFl.4) Vzestupná rychlost vzduchových bublin

Tento ukazatel je důležitý při tvorbě vzduchových bublin. Při jejich tvorbě je ještě zapotřebí zajistit, aby při flotaci byla upravovaná voda flotována vodou o menší hustotě. Optimální rychlostí vzduchových bublin se zvyšuje účinnost procesu flotace při odstraňování suspendovaných látek. Hodnota vzestupné rychlosti je závislá na tlaku, pod jakým je voda vhnána tryskami do přítokové části flotační nádrže. Výpočet vzestupné rychlosti lze provést podle Stokesovy rovnice. [25]

$$v_{fb} = -\frac{g \cdot (\rho_p - \rho)}{18} \cdot \frac{d_p^2}{\mu} \quad (3-14)$$

kde: v_{fb} – vzestupná rychlost vzduchových bublin s částicemi agregátu

g – gravitační zrychlení

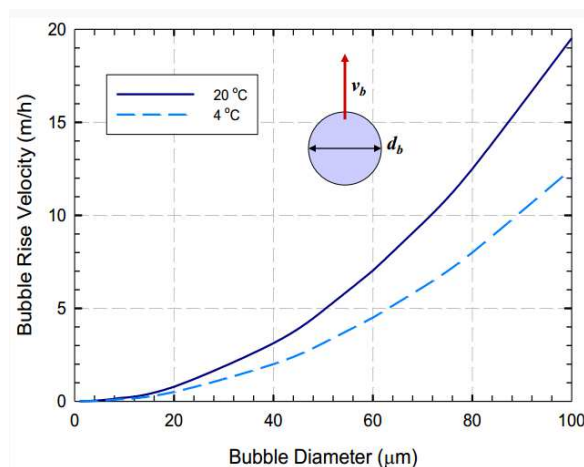
ρ_p – hustota částice

ρ – hustota kapaliny

d_p – průměr částice

d_b – průměr bubliny

μ – dynamická viskozita kapaliny



Obr. 3.2 Závislost vzestupné rychlosti bublin na průměru produkovaných bublin a teplotě vody [25]

Závěrečnou podmínkou úspěšné vzestupné rychlosti je, že tato vzestupná rychlost samotných vzduchových bublin a vzduchových bublin unášejších vzniklé vločky ve vodě musí být vyšší než je povrchové hydraulické zatížení, čímž je zajištěn transport všech vloček ke hladině v separační zóně flotace.

$$v_b \geq v_{sz-phz} = \frac{Q + Q_r}{S_{sz}} \quad v_{fb} \geq v_{sz-phz} = \frac{Q + Q_r}{S_{sz}} \quad (3-15)$$

Kde: v_b – Vzestupná rychlost mikrobublin

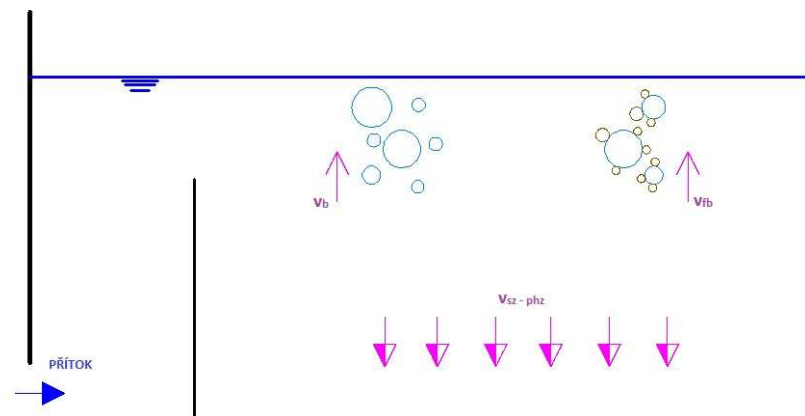
v_{fb} – Vzestupná rychlost mikrobublin s vločkami

v_{sz-phz} – Rychlost v separační zóně způsobená povrchovým hydraulickým zatížením

Q – Průtokové množství vody protékající flotační nádrží

Q_r – Průtokové množství vody přitékající z recirkulačního obtoku zakončeného tryskami na přítoku separační zóny

S_{sz} – Plocha nádrže v separační zóně



Obr. 3.3 Rychlosti ve flotační nádrži [25]

K1 – Optimální vzestupná rychlost bublin (o průměru 100 μm a teplotě vody 20°C) v procesu flotace je 5 až 15 m/h.

K2 – Za ještě přijatelnou hodnotu vzestupné rychlosti bublin (o průměru 100 μm a teplotě vody 20°C) v procesu flotace se považuje rychlost v rozmezí 15 až 20 m/h. Při této rychlosti se zmenšuje kontaktní plocha s minerálem a snižuje se tak i pravděpodobnost flotace.

K3 – Nevyhovující vzestupnou rychlostí bublin (o průměru 100 μm a teplotě vody 20°C) je hodnota menší než 5,0 cm/s. Jedná se totiž o natolik malou rychlost, že se bubliny nedostanou ke hladině do kalové pěny. Nevyhovující hodnotou je i rychlost nad 20 cm/s, kdy je kontaktní plocha se suspendovanými látkami natolik malá, že nedochází k flotaci.

PFl.5) Povrchové hydraulické zatížení ve flotační nádrži

Tento ukazatel určuje hodnotu povrchového hydraulického zatížení ve flotační nádrži. Velikost zatížení má vliv i na účinnost separačního procesu a na druh využití flotace obdobně jako u sedimentace. U flotačních nádrží se sledují účinky prospěšné na odstranění zejména zákalu, protože zákal je důležitým ukazatelem účinnosti flotace. Povrchové hydraulické zatížení se vyjadřuje poměrem průtokového množství vody a plochy nádrže. [6]

$$v_{sz-phz} = \frac{Q + Q_r}{S_{sz}} \quad [\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}] \quad S_{sz} = b \cdot L \quad [\text{m}^2] \quad (3-16)$$

Kde: Q – Průtokové množství vody do separační zóny [m^3/h]

Q_r - Průtokové množství vody přitékající z recirkulačního obtoku zakončeného tryskami na přítoku separační zóny

S_{sz} – Plocha nádrže v separační zóně [m^2]

v_{sz} – Povrchové hydraulické zatížení [$\text{m}^3 \cdot \text{m}^2/\text{h}$]

b – Šířka nádrže [m]

L – Délka nádrže [m]

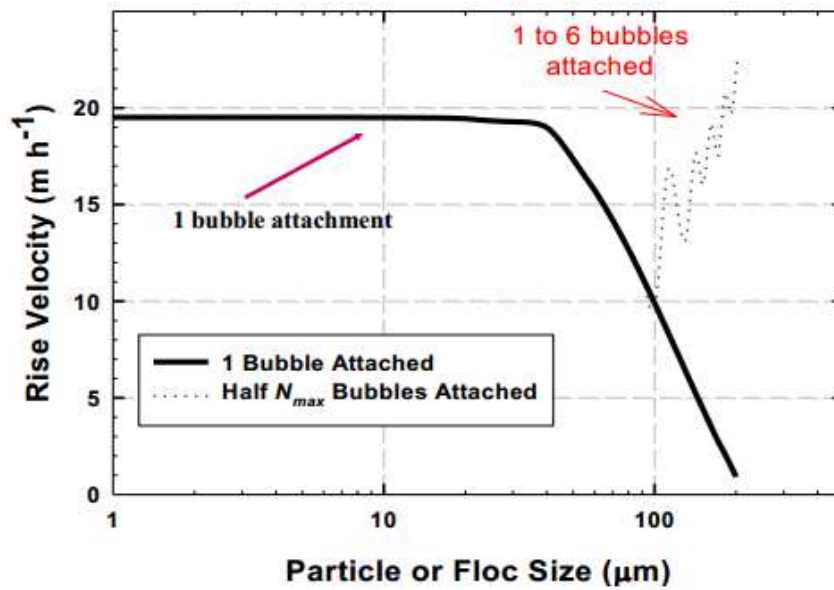
K1 – Hodnota povrchového zatížení je nad $17 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.

K2 – Hodnota povrchového zatížení se pohybuje v rozmezí 12 až $17 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.

K3 – Hodnota povrchového zatížení je pod $17 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.

PFl.6) Vliv velikosti částic na flotaci

Tento ukazatel je důležitý obzvláště pro správný návrh aeračních elementů na přítoku v separační zóně flotační nádrže, tak aby z procesu flotace neodcházely příliš velké částice. Velikost částic ve vodě vystupujících z flotační nádrže nejvíce ovlivňují nastavená vzestupná rychlost a velikost mikrobublin. Měření těchto částic se zpravidla provádí na odtoku vody z flotační nádrže, odkud je voda odebírána pro analyzátor částic. Parametry vzestupné rychlosti a velikosti mikrobublin jsou zas závislé na vstupní velikosti částic. [25]



Obr. 3.4 Graf znázorňující závislost velikosti mikrobublin na vzestupné rychlosti a průměru částic (pro bubliny o velikosti 100 μm, vstupní hustota částic 1100 kg/m³, teplota 20 °C) [25]

V první části je potřeba stanovit vzestupnou rychlost (parametr PFl. 4), poté se stanoví největší průměr částice ve vodě. Z těchto údajů se poté stanoví velikost potřebných produkovaných mikrobublin., tak aby flotací neprocházeli příliš velké částice obsažené ve vodě podle výše uvedeného grafu.

K1 – Průměr produkovaných bublin není navržen optimálně, ale jejich průměr je větší než optimum podle zařazení dle výše uvedeného grafu v závislosti na vzestupné rychlosti a průměru částic.

K2 – Průměr produkovaných bublin je navržen optimálně a odpovídá jejich zařazení dle výše uvedeného grafu v závislosti na vzestupné rychlosti a průměru částic.

K3 – Průměr produkovaných bublin v závislosti na velikosti částic a vzestupné rychlosti není navržen správně, průměr těchto bublin je menší než je jejich optimum. Z těchto důvodů nejsou dopraveny největší částice ke hladině.

3.3 TECHNICKÉ UKAZATELE STAVU SEPARAČNÍCH OBJEKTŮ

Poslední skupinou ukazatelů jsou ty, které hodnotí technický stav separačních objektů. Součástí hodnocení jsou tedy technické parametry jednotlivých objektů, dále jejich zabezpečení proti úrazům a nehodám a také musí umožnit přístup obsluze provádět jejich údržbu. Všechny jednotlivé ukazatele jsou ohodnoceny třístupňovým ohodnocením podle závažnosti stavu.

3.3.1 Technické ukazatele stavu usazovací, filtrační a flotační nádrže - Ti

Ti.1) Stav vodorovných konstrukcí nádrží

Tento ukazatel slouží ke stanovení technického stavu vodorovných konstrukcí nádrže.

K1 – Stav vodorovných konstrukcí je ve výborném stavu, bez známek opotřebení, prasklin, nebo jiných viditelných vad.

K2 – Stav vodorovných konstrukcí je ovlivněn několika vyskytujícími porušeními ve formě prasklin, výskytem usazenin v objektu, možný je i výskyt plísní na povrchu.

K3 – Stav vodorovných konstrukcí je ve viditelně nevyhovujícím stavu. Na povrchu vodorovné konstrukce jsou znatelné praskliny, silné vrstvy nečistot a jiné poruchy ovlivňující kvalitu a provozuschopnost objektu.

Ti.2) Stav svislých konstrukcí nádrží

Tento ukazatel slouží ke stanovení technického stavu svislých konstrukcí nádrže.

K1 – Stav vodorovných konstrukcí je ve výborném stavu, bez známek opotřebení, prasklin, nebo jiných viditelných vad.

K2 – Stav vodorovných konstrukcí je ovlivněn několika vyskytujícími porušeními ve formě prasklin, výskytem usazenin podél obvodu objektu, možný je i výskyt plísní na povrchu.

K3 – Stav vodorovných konstrukcí je ve viditelně nevyhovujícím stavu. Na povrchu vodorovné konstrukce jsou znatelné praskliny, silné vrstvy nečistot podél celého obvodu a jiné poruchy ovlivňující kvalitu a provozuschopnost objektu.

Ti.3) Údržba povrchu nádrží

Tento ukazatel slouží ke stanovení, s jakou četností obsluha úpravný provádí údržbové práce na jednotlivých objektech separace. Jejich četnost závisí hlavně na ekonomických možnostech úpravný vody, protože tyto práce jsou vcelku nákladné. Při údržbě se většinou čistí dno a stěny pomocí potravinářských přípravků na čištění nádrží od sraženin a jiných nečistot a pomocí vysokotlakých čističů „wapky“.

K1 – Údržbové práce se provádí jednou do měsíce.

K2 – Údržbové práce se provádí jednou do půlroku.

K3 – Údržbové práce se provádí v intervalech s odstupem více jak půlrok.

Ti.4) Přístupnost pro obsluhu

Tento ukazatel slouží k určení, zda daný separační objekt umožňuje dostatečný přístup pro obsluhu úpravky vody.

K1 – Separační objekt umožňuje přístup pro obsluhu. Obsluze také umožňuje přístup do jejího vnitřního prostoru a poskytuje možnost ovládat provoz objektu z ovládacího panelu v jeho blízkosti.

K2 – Separační objekt, neumožňuje přístup obsluhu, nebo neposkytuje možnost ovládat provoz objektu, ručně z ovládacího panelu v jeho blízkosti.

K3 – Separační objekt neumožňuje přístup pro obsluhu, přístup do jejího vnitřního prostoru a také neposkytuje možnost ovládat provoz objektu z ovládacího panelu v jeho blízkosti.

Ti.5) Stav strojního a technického vybavení

Tento ukazatel slouží ke stanovení technického stavu a stavu opotřebení technického a strojního vybavení v nádrži.

K1 – Stav strojního a technického vybavení objektu je ve výborném stavu bez známek výrazného technického a časového opotřebení nebo známek korodování.

K2 – Na stavu strojního a technického vybavení objektu jsou patrné známky technického či časového opotřebení, nebo známek koroze.

K3 – Stav strojního a technického vybavení objektu je ve značně opotřebovaném technickém stavu s viditelnými známkami koroze.

Ti.6) Bezpečnostní opatření u nádrží

Tento ukazatel slouží ke stanovení úrovně zabezpečení nádrže, proti zamezení vzniku úrazů, minimalizací nebezpečí v okolí objektů.

K1 – Bezpečnost nádrže je na výborné úrovni. V prostoru objektu jsou splněny všechny bezpečnostní opatření. Kolem obvodu nádrže je protiskluzný povrch a ochranné zábradlí. V blízkosti objektu se nachází také např. dostatečné osvětlení či záchranný kruh, jako pojistka pro případ pádu osob do vody.

K2 – Bezpečnost nádrže je na dostačující úrovni. V prostoru objektu není splněn některý z bezpečnostních prvků v prostoru kolem nádrže. Např. v okolí kolem celého obvodu nádrže se nenachází protiskluzný povrch nebo ochranné zábradlí. A zároveň se v blízkosti nádrže

nenachází např. dostatečné osvětlení či záchranný kruh, jako pojistka pro případ pádu osob do vody.

K3 – Bezpečnost nádrže je na nevyhovující úrovni. V prostoru objektu nejsou, totiž splněny žádné z bezpečnostních opatření (zábradlí, protiskluzný povrch, dostatečné osvětlení, záchranný kruh).

Ti.7) Zabezpečení nádrže proti vnějším vlivům

Tento ukazatel posuzuje zabezpečení nádrže proti negativním vlivům vnějšího prostředí na prostor vodní hladiny. Mezi tyto negativní vlivy patří sluneční záření nebo nečistoty obsažené ve vzduchu.

K1 – Zabezpečení nádrže proti vnějším vlivům je na výborné úrovni. Pro účely zamezení styku slunečních paprsků s vodní hladinou jsou okna zatemněna, v místnosti objektů se nachází i vzduchotechnika, která je opatřena filtrací vzduchu, tak aby se zamezilo vniku pylu a jiných nečistot.

K2 – Zabezpečení nádrže proti vnějším vlivům je na dostačující úrovni. V prostor objektu separace se nachází jen zatemněná okna nebo vzduchotechnika, která je opatřena filtrací vzduchu, tak aby se zamezilo vniku pylu a jiných nečistot.

K3 – Zabezpečení nádrže proti vnějším vlivům je na nevyhovující úrovni. V prostoru nádrže se nenachází zatemnění oken ani vzduchotechnika

Ti.8) Technické ochranné prvky nádrží

Tento ukazatel určuje, zda posuzovaný objekt separace obsahuje ve svém vybavení technické ochranné prvky, které slouží také i k zamezení pádu nežádoucích předmětů do jeho prostor (zasklení prostoru nádrže).

K1 – Okraj objektu separace je zvednut nad podlahu a v horní části je zasklen (zastřešen), v případě posuzování GAU filtrů a výskytu ozonizace na úpravně, nádrž obsahuje i destruktor ozonu.

K2 – Okraj objektu separace je zvednut nad podlahu, ale v horní části chybí zasklení (zastřešení).

K3 – Nádrž neobsahuje žádné z technických ochranných prvků.

4 APLIKACE PROVOZNĚ TECHNICKÝCH PARAMETRŮ V PRAXI

V této kapitole je vypsán výčet několika úpraven vody, které byly náhodně vybrány pro účely této diplomové práce. Na těchto vybraných provozech byly aplikovány výše popsané provozně-technické parametry separačních objektů. Za pomoci těchto parametrů se stanový výsledný stav posuzované úpravy vody na třístupňové stupnici.

- Úpravna vody Mostiště
- Úpravna vody Hosov
- Úpravna vody Hrobice

Tab. 4-1 Třístupňová stupnice provozně-technických ukazatelů

Kategorie	Meze celkového hodnocení	
	od	do
K1 - výborný	1	1,4
K2 - vyhovující	1,4	2,5
K3 - nevyhovující	2,5	3
N - Nelze ohodnotit	(nedostatek informací, ukazatel se nesleduje, nebo jiné důvody znemožňující provedení hodnocení)	

4.1 ÚPRAVNA VODY MOSTIŠTĚ



Obr. 4.1 Úpravna vody Mostišť [31]

Úpravna vody Mostišť se nachází v okrese Žďár nad Sázavou a má již poměrně velkou historii. Samotná úpravna byla vybudována v letech 1961 až 1964 s výkonem 100 l/s. Od této doby úpravna prošla celkem třemi významnými rekonstrukcemi, které nejvíce ovlivnily kvalitu a kvantitu produkované pitné vody. První z těchto rekonstrukcí proběhla v letech 1987 až 1992, kdy došlo k intenzifikaci úpravy vody na projektovaný výkon 220 l/s. Úprava spočívala v čiření síranem železitým s následnou pískovou filtrací. Druhým významným zásahem do procesu úpravy nejen na úpravně v Mostišti, ale i v rámci celé České republiky je historicky první zařazení flotace do procesu úpravy pitné vody u nás. V Mostišti se pro tuto tehdy experimentální metodu rozhodli z důvodu výrazného zhoršení kvality vody ve VN nádrži Mostišť. V této době se ale uvažovalo i s metodou sedimentace zatěžovaného mikropískem, která v České republice, také ještě tehdy nebyla vyzkoušena. Proto VAS a.s., divize Žďár nad Sázavou spustila poloprovozní zkoušky obou těchto metod, a z nich nakonec zvítězila metoda flotace. Flotace zde tehdy nahradila první separační stupeň s čiřením přes vločkový mrak. Poslední rekonstrukce byla dokončena koncem dubna v roce 2014, kdy došlo k zachování dosavadního výkonu úpravy 220 l/s, i když v současné době je výkon úpravy okolo 100 l/s, což je dané spotřebiteli, kdy jejich spotřeba je klesající, tudíž i výkon úpravy vody se musí tomuto trendu přizpůsobit. Změna úpravy spočívala v rekonstrukci otevřených rychlofiltrů, ve vybudování nové akumulace vody, dalších flotačních nádrží a přidáním nových technologií, kterými jsou ozonizace a UV záření lampami.

V současnosti je množství zásobovaných obyvatel z této úpravy cca 80 tisíc z okresů Žďár nad Sázavou a Třebíč.

Zdrojem surové vody pro úpravnu je povrchová voda z údolní nádrže Mostišť s vícezónálním odběrem. Odběr se provádí ze tří možných zón na vodním díle Mostišť. Přičemž hlavní odběr se provádí z tzv. odběru č. 2, který se nachází 15,3 m pod zásobní hladinou (476,90 m n. m.)

na kótě 461,60 m n. m. Druhým využívaným odběrem je odběr č. 1, který se nachází výše na kótě 466,40 m n. m., ten je využíván v letních měsících k omezení nepříznivého vlivu kondenzace vody na potrubí v areálu úpravny. Na nádrži jsou realizovány ještě jedno odběrné místo, to se nachází těsně pod hladinou stálého nadržení v hloubce 20,3 m (456,60 m n. m.) pod zásobní hladinou a dále je zde havarijní výpusť a ta se nachází 28,3 m (448,60 m n. m.) pod zásobní hladinou. Tyto poslední dva zmiňované se však nevyužívají, poněvadž jsou ve velké hloubce. V této hloubce se nachází velké množství sedimentů od dna nádrže a jiných nepříznivých látek, která se v této hloubce po většinu roku zdržují vlivem cirkulace vody. Voda odebíraná na ÚV Mostišť z této nádrže je typická svým zvýšeným obsahem CHSK, a dochází i k detekci vyššího obsahu pesticidů, biologického oživení, manganu (který se uvolňuje ze spodních vrstev nádrže). Pokud je hladina vody v nádrži Mostišť dostatečně vysoko (úroveň odběru č. 2) je odebíraná voda dopravována na úpravnu gravitačně samospádem potrubím o DN 600. Po cestě na úpravnu jsou možné dvě alternativy předúpravy této vody, a to manganistanem draselným a hydroxidem sodným. Hydroxid sodný se dává v případě zjištěné vyšší kyselosti vody, ta je nežádoucí a je potřeba pomocí NaOH snížit kyselost vody, tím že se po přidavku hydroxidu sodného zvýší pH. Toho se jinak v běžných stavech úpravny docílí pomocí, zde zbudovaného vápenného hospodářství. Druhou zmiňovanou předúpravou je dávkování manganistanu draselného, který řeší problém se zvýšeným množstvím manganu ve zdejší povrchové vodě. Tento proces je založen na přeměně rozpustného dvoumocného manganu Mn^{2+} na nerozpustný trojmocný Mn^{3+} , který je lépe separovatelný na úpravně vody. I u této alternativy je dávkování zařízení přímo na úpravně a to pomocí dávkování manganistanu draselného nebo je zde i alternativa využívání dávek síranu železitého.

Sled třístupňové úpravy vody v Mostišti je následující:

- Odběr vody z VN Mostišť
- Předúprava surové vody aerací
- Dávkování oxidu uhličitého, manganistanu draselného, hydroxidu sodného, vápenného hydrátu, síranu železitého
- Reakční nádrž ($V = 120 \text{ m}^3$)
- 4x Flotační jednotka s možností dávkování polymerního flokulantu (flotace rozpuštěným vzduchem)
- 6x evropské rychlofiltry
- Ozonizace v reakční nádrži $V = 270 \text{ m}^3$ a ČS na filtraci GAU
- 4x filtrace GAU
- Dezinfekce vody (úpravna je čerstvě po rekonstrukci, tak se prozatím pro desinfekci využívá kombinace více variant – chlorid amonný, oxid chloričitý, plynný chlór, ÚV zařízení).

Avšak na úpravně vody probíhá stále zkušební provoz, který je plánován až do května roku 2015, během této doby může úpravna doznat ještě některých provozních změn.

Úpravnu provedl a informace poskytl:

Ing. Luboš Mazel

*Technolog pitných vod, VAS, a.s.
Divize Žďár nad Sázavou*

Identifikační údaje - ID_i - první část

Označení	Název identifikačního údaje	Popis	Jednotky	
ID. 1	Vlastník úpravny vody	SVaK Žďársko	[-]	
ID. 2	Provozovatel úpravny vody	VAS, divize Žďár nad Sázavou	[-]	
ID. 3	Rok zahájení úpravny vody	1964	[rok]	
ID. 4	Rok dokončení poslední rekonstrukce	2014	[rok]	
ID. 5	Náhradní zdroj energie	Zásobení elektřinou ze směru Žďár nad Sázavou nebo Velké Meziříčí	[-]	
ID. 6	Zdroje surové vody	Povrchová vody – VN Mostiště	[-]	
ID. 7	Vydatnost zdrojů surové vody	Max. odběr 220	[l/s]	
ID. 8	Způsob jímání surové vody	Věžový odběr	[-]	
ID. 9	Nejvýznamnější znečištění s vazbou na separaci	pH	5,5 – 7,5	[-]
		P _C	0,05 – 0,55	[mg/l]
		CHSK _{Mn}	4,6 – 5,6	
		BSK ₅	2,0 – 8,5	
		Fe	0,3 – 1,25	
	Mn	0,1 – 0,9		
ID. 10	Druh použité předpravy vody	Aerace, alternativní dávkování NaOH, KMnO ₄	[-]	
ID. 11	Akumulace vody na úpravně	1 750	[m ³]	
ID. 12	Stupeň separace úpravny vody	Třístupňová separace	[-]	
ID. 13	Počet a druh separačních jednotek	Flotační nádrž	4	[ks]
		Písková rychlofiltrace	6	
		Rychlofiltrace GAU	4	
ID. 14	Projektovaný denní výkon ÚV	220	[l/s]	
ID. 15	Průměrný (skutečný) denní výkon ÚV	100	[l/s]	
ID. 16	Maximální denní (skutečný) výkon ÚV	200	[l/s]	
ID. 17	Doba akumulace na ÚV v případě poruchy, při průměrném denním výkonu ÚV	4,86	[hod]	
ID. 18	Druh využívaných chemických prostředků v procesu úpravy	Oxid uhličitý	[-]	
		Manganistan draselný		
		Hydroxid sodný		
		Vápenný hydrát		
		Síran železitý		
		Ozon		
		Chlorid amonný		
		Oxid chloričitý		
		Plynný chlór		
Polymerní flokulant				

Identifikační údaje - ID_i - druhá část – Písková rychlofiltrace

Označení	Název identifikačního údaje	Popis	Jednotky
ID. 19	Druh použité pískové rychlofiltrace	Otevřená rychlofiltrace	[-]
ID. 20	Maximální výkon nádrže	40	[l/s]
ID. 21	Počet vrstev filtrační náplně	1	[vrstev]
ID. 22	Mocnost filtrační vrstvy	1,4	[m]
ID. 23	Frakce filtrační náplně	1 - 2	[mm]
ID. 24	Plocha filtrační jednotky	24,7	[m ²]
ID. 25	Druh drenážního systému na filtrech	System Leopold	[-]

Identifikační údaje - ID_i - druhá část – Rychlofiltrace GAU

Označení	Název identifikačního údaje	Popis	Jednotky
ID. 19	Druh použité pískové rychlofiltrace	Otevřená rychlofiltrace	[-]
ID. 20	Maximální výkon nádrže	60	[l/s]
ID. 21	Počet vrstev filtrační náplně	1	[vrstev]
ID. 22	Mocnost filtrační vrstvy	1,4	[m]
ID. 23	Frakce filtrační náplně	0,6 – 2,4	[mm]
ID. 24	Plocha filtrační jednotky	24,7	[m ²]
ID. 25	Druh drenážního systému na filtrech	System Leopold	[-]

Identifikační údaje - ID_i - druhá část – Flotace

Označení	Název identifikačního údaje	Popis	Jednotky
ID. 26	Maximální výkon nádrže	60	[l/s]
ID. 27	Druh použité flotace	Flotace rozpuštěným vzduchem	[-]
ID. 28	Princip použitého shrabování kalu	Obdélníkové shrabovací pádla	[-]
ID. 29	Dávkování flokulantu	NE	[-]

Provozní ukazatele - Pi - obecné

Označení	Název identifikačního údaje	Váha	Hodnocení
P. 1	Kategorie jakosti surové povrchové a podzemní vody	0,1	K3
P. 2	Provoz úpravny vody	0,15	K1
P. 3	Využitelnost výkonu úpravny vzhledem k jejím návrhovým hodnotám	0,25	K3
P. 4	Automatizace úpravny vody pro sledování důležitých parametrů vody	0,15	K1
P. 5	Automatizace provozu jednotlivých separačních objektů	0,15	K1
P. 6	Stupeň separace na úpravně s ohledem na množství Fe a Mn v surové vodě	0,2	K1
P. 7	Vlastní spotřeba vody	-	N

Počet hodnocených ukazatelů:	6	ze 7-mi
Suma vah jednotlivých ukazatelů:	1,0	
Hodnota hodnocení:	1,53	
P_o	Provozní ukazatele – obecné	K2

Provozní ukazatele – PFi – Filtrace

Označení	Název identifikačního údaje	Váha	Hodnocení
PF. 1	Dostatečná akumulace prací vody pro potřeby filtrů	0,08	K1
PF. 2	Délka filtračního cyklu	0,26	K1
PF. 3	Tlaková ztráta ve filtru	0,15	K2
PF. 4	Impulsy pro začátek praní	0,2	K1
PF. 5	Účinnost filtrace určená snížením zákalu vody	0,26	K1
PF. 6	Vhodnost použitého GAU ve filtrační nádrži na základě jeho výrobní suroviny	0,05	K1

Počet hodnocených ukazatelů:	6	ze 6-ti
Suma vah jednotlivých ukazatelů:	1,0	
Hodnota hodnocení:	1,08	
PF	Provozní ukazatele - Filtrace	K1

Provozní ukazatele – PFl – Flotace

Označení	Název identifikačního údaje	Váha	Hodnocení
PFl. 1	Sušina kalu (v procentech)	0,1	N
PFl. 2	Účinnost flotace (v procentech)	0,25	N
PFl. 3	Účinnost flotace určená snížením zákalu vody	0,25	K2
PFl. 4	Vzestupná rychlost vzduchových bublin	0,15	N
PFl. 5	Povrchové hydraulické zatížení ve flotační nádrži	0,15	K1
PFl. 6	Vliv velikosti částic na flotaci	0,1	N

	Počet hodnocených ukazatelů:	2	ze 6-ti
	Suma vah jednotlivých ukazatelů:	1,0	
	Hodnota hodnocení:	1,08	
PFl	Provozní ukazatele - Flotace		N

Celkové hodnocení provozních ukazatelů

P _o	Provozní ukazatele – obecné	K2	
PF	Provozní ukazatele - Filtrace	K1	
PFl	Provozní ukazatele - Flotace	N	
	Počet hodnocených ukazatelů:	2	ze tří
	Suma vah jednotlivých ukazatelů:	1,0	
	Hodnota hodnocení:	1,1	
P	Celkové hodnocení provozních ukazatelů	N	

Technické ukazatele stavu filtrační a flotační nádrže - Ti

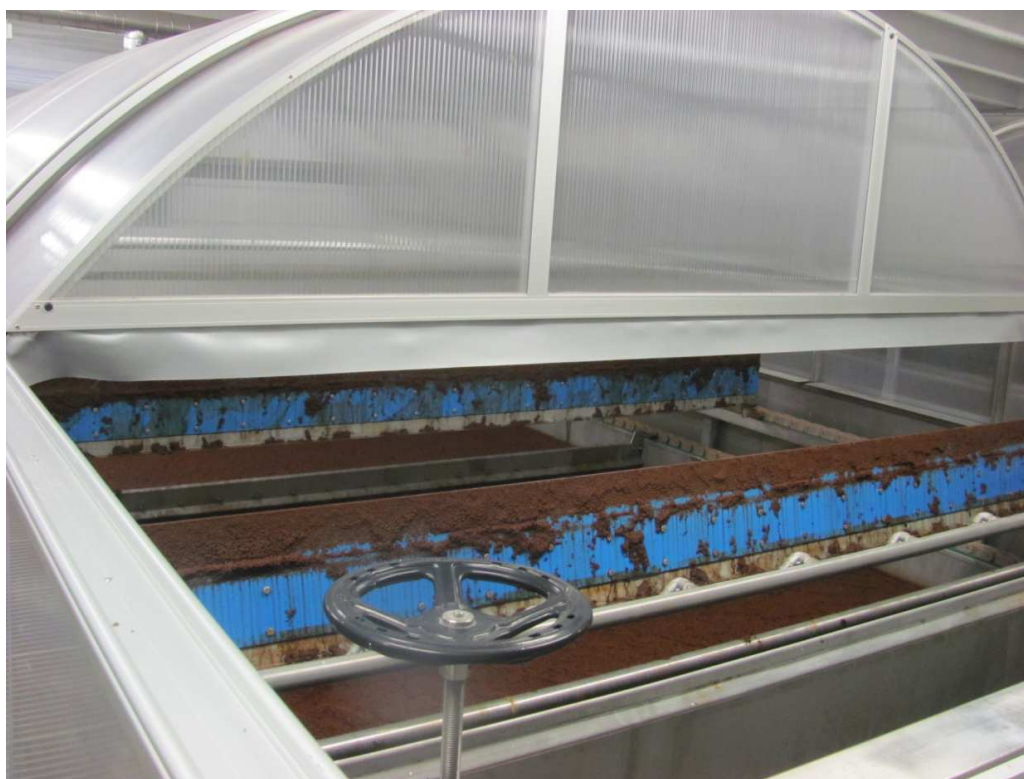
Označení	Název identifikačního údaje	Váha	Hodnocení
T. 1	Stav vodorovných konstrukcí nádrží	0,2	K2
T. 2	Stav svislých konstrukcí nádrží	0,2	K2
T. 3	Údržba povrchu nádrží	0,1	K2
T. 4	Přístupnost pro obsluhu	0,05	K1
T. 5	Stav strojního a technického vybavení	0,2	K1
T. 6	Bezpečnostní opatření u nádrží	0,05	K1
T. 7	Zabezpečení nádrže proti vnějším vlivům	0,15	K1
T. 8	Technické ochranné prvky nádrží	0,05	K1

	Počet hodnocených ukazatelů:	8	z 8-mi
	Suma vah jednotlivých ukazatelů:	1,0	
	Hodnota hodnocení:	1,25	
T	Celkové hodnocení technických ukazatelů		K1

Celkové hodnocení provozně-technického stavu separačních objektů na úpravě vody Mostiště

P	Celkové hodnocení provozních ukazatelů	N	
T	Celkové hodnocení technických ukazatelů	K1	
	Počet hodnocených ukazatelů:	1	ze dvou
	Suma vah jednotlivých ukazatelů:	1,0	
	Hodnota hodnocení:	1,00	
C	Celkové hodnocení provozních ukazatelů	N	

Celkové hodnocení provozně-technického stavu úpravní vody Mostiště podle výše zmíněných kritérií je většinou v kategorii K1, tedy výborně. Toto hodnocení jen reflektuje, že úpravna vody je čerstvě po rekonstrukci, proto tedy splňuje většinu z hodnocených kritérií. Avšak hodnocení týkající se prvního separačního stupně, kde se nachází flotace, nelze ze získaných dat k této diplomové práci plně stanovit, proto nelze stanovit i celkové hodnocení provozně-technického stavu, protože by výsledek mohl být tímto zkreslen. Z dat získaných k této práci se stanovily provozní ukazatele obecného stavu, kde hodnocení zhoršují pouze kvalitativní stav vodní nádrže Mostiště, které spadá do kategorie vody s jakostí A3, což není vina provozovatele, ale kvality povrchové surové vody a dalším ukazatelem je nedostatečné využití výkonu úpravní vody. Provozní stav pískových rychlofiltrů vyšel s hodnocením výborná a stejně tak i technické hodnocení stavu separačních objektů, které v době prohlídky místy vykazovaly pouze výskyt sraženin při stěnách.



Obr. 4.2 Flotační nádrž – separační zóna



Obr. 4.3 Zakryté flotační nádrže a ovládací mechanismus flokulace



Obr. 4.4 Pískové rychlofiltry – ovládací panel



Obr. 4.5 Pískové rychlofiltry



Obr. 4.6 Zákaloměry pod filtračními nádržemi



Obr. 4.7 Dávkovací čerpadla – polyflokulantů

4.2 ÚPRAVNA VODY HOSOV

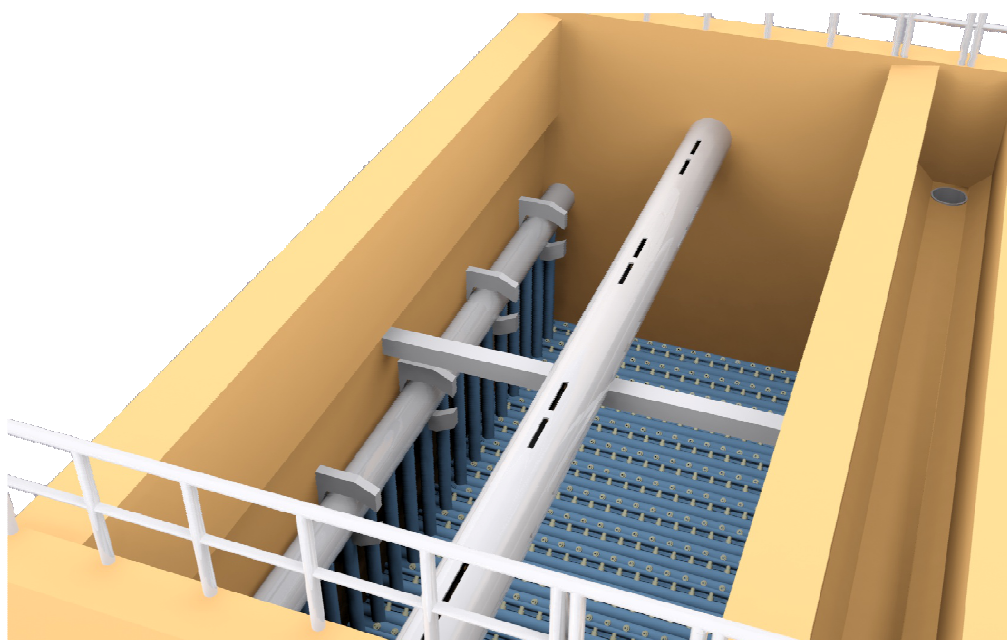


Obr. 4.8 Úpravna vody Hosov [32]

Úpravna vody Hosov byla kvůli vzrůstající spotřebě města Jihlava a částečně i kvůli jeho okolí vybudována v letech 1971 až 1973. S projektovanou kapacitou 240 l/s. Úprava vody tehdy spočívala v dávkování vodného roztoku síranu železitého (PREFLOC), nebo dávkování vápenného hydrátu na úpravu pH, poté voda pokračovala na flokulaci s hydraulickým mícháním se soustavou děrovaných stěn, sedimentací ve dvou obdélníkových jednotkách, filtrací v pískových filtrech s alkalizací vápenným mlékem a následnou desinfekcí plynným chlórem a odtokem do akumulární nádrže a vodojemu. Od této doby úpravna vody podstoupila jednu rekonstrukci v roce 2001, jejím hlavním důvodem byl stav budovy úpravní vody a jejího vodárenského vybavení vzhledem k jejich stáří. Další důvodem byla i zhoršující se kvalita vody ve VD Hubenov, ovlivňována ročními obdobími s převážným výskytem nízké alkality (až 0,4 mmol/l) a sezónním výskytem manganu Mn (0,7 mg/l), dusitanů, amonných iontů a občasný výskyt chloroformu. Po rekonstrukci na úpravně vody Hosov přibylo několik následujících inovací. Poloautomatický i automatický režim dávkování chemie do upravované vody, předúprava surové vody chlórdioxidem, umístění řetězových shrabovacích zařízení s automatizací provozu do usazovací nádrže, ztvrdování vody oxidem uhličitým, rekonstrukce pískových rychlofiltrů na filtry bez dna. Další výraznou stavbou byla výstavba vedlejší budovy, kam se umístila ozonizace s následnou filtrací GAU, změna postihla i forma koncové dezinfekce, kdy se nahradil plynný chlór chlórdioxidem. Důležitou změnou je i automatizace řízení celého provozu skrze centrální počítač ve velíně. V současnosti je množství zásobovaných obyvatel z této úpravní cca 60 tisíc. Jedná hlavně o krajské město Jihlava a jeho blízké okolí.

Zdrojem surové vody pro úpravnu vody Hosov jsou nádrže Hubenov, Pístovské rybníky, případný odběr z řeky Jihlava a voda dopravovaná z úpravní vody Nová Říše. Mezi Pístovské rybníky patří rybníky Kalňák, Lukáš, Luh, Silniční a Vodárenský. Voda z těchto rybníků je

využívána pro úpravnu vody Hosov v obdobích s nižší teplotou a s nižším mikrobiálním oživením. Voda je dopravována přes čerpací stanici Pístov, která disponuje výkonem 70 l/s. Průměrný denní odběr je, ale v rozmezí 10 až 70 l/s s ohledem na množství vody v rybnících a její kvalitu. Druhým významným zdrojem je vodní nádrž Hubenov s čerpací stanicí Rantířov. Surová voda, která je odtud využívána pro úpravnu vody Hosov je typická svými nevyrovnanými parametry v jarních a podzimních měsících. Jedná se zejména o zhoršené organoleptické vlastnosti vody a zvýšené koncentrace manganu, dusitanů, amonných iontů či huminových látek. Průměrný odběr z tohoto zdroje činí 110 až 135 l/s s maximem až 150 l/s. Část surové vody je odebírána také i ze směru Nová Říše vzdáleného cca 34 km, zde podléhá úpravě na stejnojmenné úpravně a je následně čerpána potrubím o DN 300 na vodojem Kostelec a odtud na úpravnu vody Hosov. Zde je tato voda řazena před pískové rychlofiltry, aby se na ní provedla úprava, kvůli uvolňujícímu se nadlimitnímu obsahu železa obsaženém v dlouhém, naddimenzovaném starém přivaděči z Nové Říše.



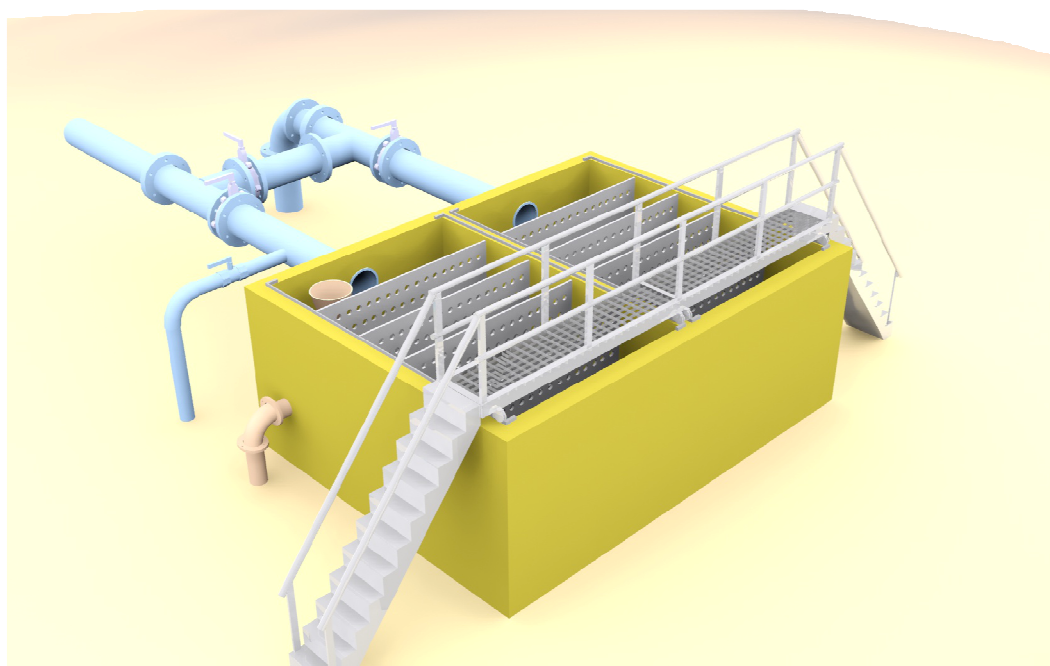
Obr. 4.9 Separační objekt ÚV Hosov vymodelovaný v rámci této práce v programu 3DS Max (filtrační nádrž)

V běžném pracovním dni podle provozního řádu je stanoven odběr z tohoto směru 4 až 5 l/s, o víkendu a výjimečných případech až 40 l/s. Předúprava surové vody, je zde na úpravně řešena dávkováním chlórdioxidu, které slouží ke zlepšení kvality vody redukcí biologického oživení, možností je i dávkování manganistanu draselného na redukcí manganu ve vodě, mimo to se provádí dávkování koagulantu síranu železitého (PREFLOCu), nebo vápenného mléka.

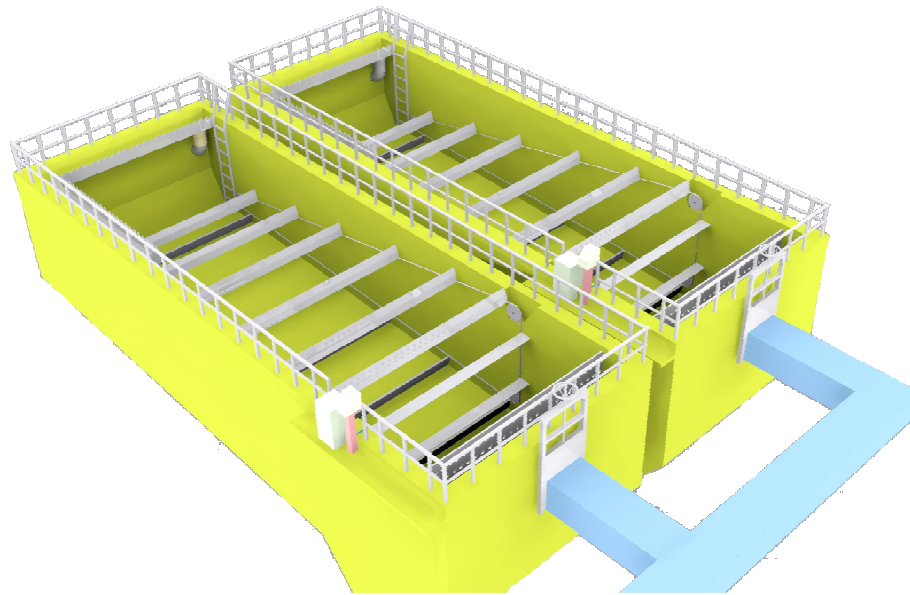
Sled třístupňové úpravy vody v Hosově je následující:

- Čerpání surové vody na úpravnu vody

- Předúprava surové vody dávkováním PREFLOCu, KMnO_4 a chlórdioxidu
- Průtok přes mísič Helax
- Flokulační nádrž s hydraulickým mícháním přes děrované stěny
- 2x podélné obdélníkové sedimentační nádrže
- Dávkování vápenného mléka, oxidu uhličitého
- 8x otevřené pískové rychlofiltry
- Ozonizace v reakční nádrži $V = 100 \text{ m}^3$
- 4x filtrace GAU
- Dezinfekce chlórdioxidem
- Akumulační nádrž $V = 800 \text{ m}^3$

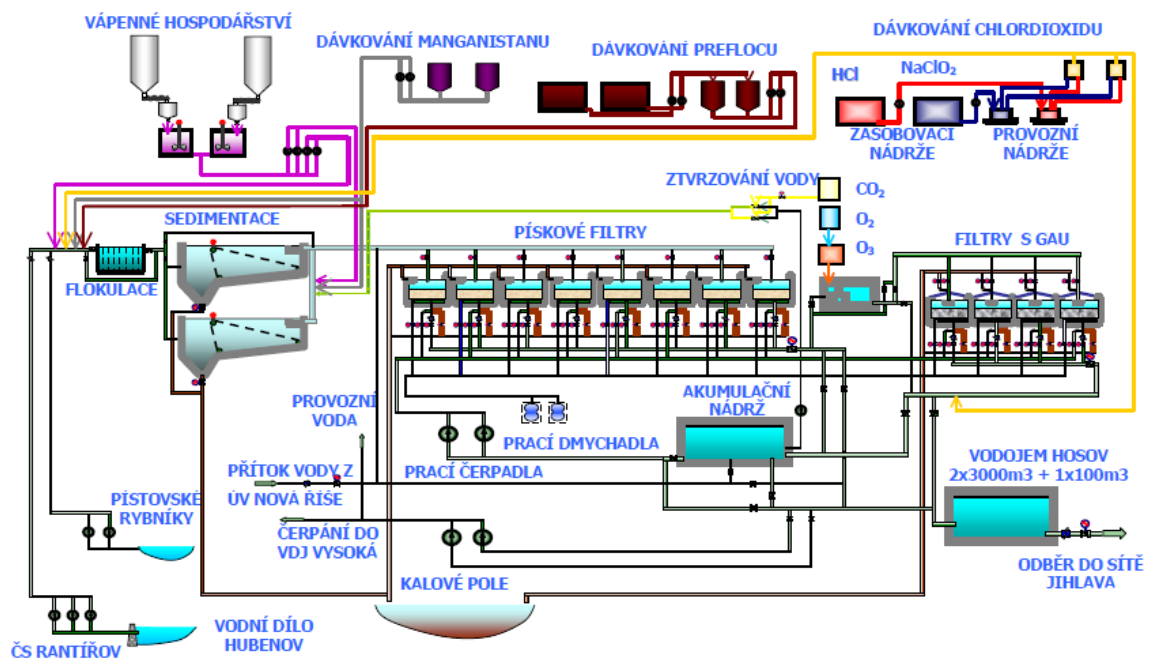


Obr. 4.10 Separální objekty ÚV Hosov vymodelované v rámci této práce v programu 3DS Max (flokulační nádrž)



Obr. 4.11 Separáčnı objekty ÚV Hosov vymodelované v rámci této práce v programu 3DS Max (Sedimentační nádrž)

Technologické schéma ÚV Hosov po doplnění technologie



Obr. 4.12 Technologické schéma úpravny vody Hosov [32]

Úpravnou provedl a
informace poskytl:

Ing. Lenka Linhartová

Technolog pitných vod,
VAS, a.s. Divize Jihlava

Označení	Název identifikačního údaje	Popis	Jednotky	
ID. 1	Vlastník úpravny vody	SVaK Jihlavsko	[-]	
ID. 2	Provozovatel úpravny vody	VAS, divize Jihlava	[-]	
ID. 3	Rok zahájení úpravny vody	1973	[rok]	
ID. 4	Rok dokončení poslední rekonstrukce	2001	[rok]	
ID. 5	Náhradní zdroj energie	Dieselový agregát	[-]	
ID. 6	Zdroje surové vody	Pístovské rybníky	[-]	
		VN Hubenov		
		Odběr z řeky Jihlava		
		Přivaděč z ÚV Nová Říše		
ID. 7	Vydatnost zdrojů surové vody	10 až 70	[l/s]	
		110 až 135		
		4 až 5 (výjimečně 40)		
		Možný odběr z řeky Jihlava		
ID. 8	Způsob jímání surové vody	Věžový odběr	[-]	
		Věžový odběr		
		Břehové jímání		
		Trubní přivaděč		
ID. 9	Nejvýznamnější znečištění s vazbou na separaci	pH	7,0 – 8,0	[-]
		P _c	-	[mg/l]
		CHSK _{Mn}	5,0 – 10,0	
		BSK ₅	2,39	
		Fe	0,5	
		Mn	0,32 – 0,5	
ID. 10	Druh použité předpravy vody	Dávkování PREFLOCu, KMnO ₄ , chlórdioxidu	[-]	
ID. 11	Akumulace vody na úpravně	800	[m ³]	
ID. 12	Stupeň separace úpravny vody	Třístupňová separace	[-]	
ID. 13	Počet a druh separačních jednotek	Usazovací nádrž	2	[ks]
		Písková rychlofiltrace	8	
		Rychlofiltrace GAU	4	
ID. 14	Projektovaný denní výkon ÚV	240	[l/s]	
ID. 15	Průměrný (skutečný) denní výkon ÚV	110	[l/s]	
ID. 16	Maximální denní (skutečný) výkon ÚV	240	[l/s]	
ID. 17	Doba akumulace na ÚV v případě poruchy, při průměrném denním výkonu ÚV	2,02	[hod]	
ID. 18	Druh využívaných chemických prostředků v procesu úpravy	Oxid uhličitý	[-]	
		Manganistan draselný		
		Vápenné mléko		
		Síran železitý		
		Ozon		
		Chlorid amonný		
		Oxid chloričitý		

Identifikační údaje - ID_i - druhá část – Písková rychlofiltrace

Označení	Název identifikačního údaje	Popis	Jednotky
ID. 19	Druh použité pískové rychlofiltrace	Otevřená rychlofiltrace	[-]
ID. 20	Maximální výkon nádrže	30	[l/s]
ID. 21	Počet vrstev filtrační náplně	1	[vrstev]
ID. 22	Mocnost filtrační vrstvy	1,4	[m]
ID. 23	Frakce filtrační náplně	1 - 2	[mm]
ID. 24	Plocha filtrační jednotky	24,0	[m ²]
ID. 25	Druh drenážního systému na filtrech	Systém Aquafilter	[-]

Identifikační údaje - ID_i - druhá část – Rychlofiltrace GAU

Označení	Název identifikačního údaje	Popis	Jednotky
ID. 19	Druh použité pískové rychlofiltrace	Otevřená rychlofiltrace	[-]
ID. 20	Maximální výkon nádrže	60	[l/s]
ID. 21	Počet vrstev filtrační náplně	1	[vrstev]
ID. 22	Mocnost filtrační vrstvy	1,4	[m]
ID. 23	Frakce filtrační náplně	0,6 – 2,4	[mm]
ID. 24	Plocha filtrační jednotky	24,0	[m ²]
ID. 25	Druh drenážního systému na filtrech	Systém Aquafilter	[-]

Identifikační údaje - ID_i - druhá část – Sedimentace

Označení	Název identifikačního údaje	Popis	Jednotky
ID. 26	Maximální výkon nádrže	120	[l/s]
ID. 27	Druh použitého koagulantu před nádrží	Síran železitý (Fe ₂ (SO ₄) ₃)	[-]
ID. 28	Kde dochází k dávkování koagulantu	Před mísičem Helax	[-]
ID. 29	Kde dochází k procesu koagulace	Ve flokulační nádrži	[-]

Provozní ukazatele - P_i - obecné

Označení	Název identifikačního údaje	Váha	Hodnocení
P. 1	Kategorie jakosti surové povrchové a podzemní vody	0,1	K1
P. 2	Provoz úpravní vody	0,15	K1
P. 3	Využitelnost výkonu úpravní vzhledem k jejím návrhovým hodnotám	0,25	K3
P. 4	Automatizace úpravní vody pro sledování důležitých parametrů vody	0,13	K1
P. 5	Automatizace provozu jednotlivých separačních objektů	0,13	K1
P. 6	Stupeň separace na úpravně s ohledem na množství Fe a Mn v surové vodě	0,18	K1
P. 7	Vlastní spotřeba vody	0,06	K1

Počet hodnocených ukazatelů:	7	ze 7-ti
Suma vah jednotlivých ukazatelů:	1,0	
Hodnota hodnocení:	1,38	
P_o	Provozní ukazatele – obecné	K1

Provozní ukazatele – PF_i – Filtrace

Označení	Název identifikačního údaje	Váha	Hodnocení
PF. 1	Dostatečná akumulace prací vody pro potřeby filtrů	0,08	K1
PF. 2	Délka filtračního cyklu	0,26	K2
PF. 3	Tlaková ztráta ve filtru	0,15	K1
PF. 4	Impulzy pro začátek praní	0,2	K1
PF. 5	Účinnost filtrace určená snížením zákalu vody	0,26	K2
PF. 6	Vhodnost použitého GAU ve filtrační nádrži na základě jeho výrobní suroviny	0,05	K1

Počet hodnocených ukazatelů:	6	ze 6-ti
Suma vah jednotlivých ukazatelů:	1,0	
Hodnota hodnocení:	1,78	
PF	Provozní ukazatele – Filtrace	K2

Provozní ukazatele – PU_i – Usazovací nádrž

Označení	Název identifikačního údaje	Váha	Hodnocení
PU. 1	Doba zdržení vody v nádrži	0,3	K1
PU. 2	Průtočná (horizontální) rychlost v usazovací nádrži	0,12	K2
PU. 3	Účinnost sedimentace snížením zákalu vody	0,2	K1
PU. 4	Účinnost sedimentace při separaci suspendovaných látek	0,12	K2
PU. 5	Rovnoměrnost rozložení proudu na přítoku	0,15	K1
PU. 6	Povrchové hydraulické zatížení v usazovací nádrži	0,11	K1

	Počet hodnocených ukazatelů:	6	ze 6-ti
	Suma vah jednotlivých ukazatelů:	1,0	
	Hodnota hodnocení:	1,12	
PFI	Provozní ukazatele – Usazovací nádrž		K1

Celkové hodnocení provozních ukazatelů

P_o	Provozní ukazatele – obecné	K1	
PF	Provozní ukazatele - Filtrace	K2	
PU	Provozní ukazatele – Usazovací nádrž	K1	
	Počet hodnocených ukazatelů:	3	ze tří
	Suma vah jednotlivých ukazatelů:	1,0	
	Hodnota hodnocení:	1,2	
P	Celkové hodnocení provozních ukazatelů	K1	

Technické ukazatele stavu usazovací a filtrační nádrže - Ti

Označení	Název identifikačního údaje	Váha	Hodnocení
T. 1	Stav vodorovných konstrukcí nádrží	0,2	K1
T. 2	Stav svislých konstrukcí nádrží	0,2	K1
T. 3	Údržba povrchu nádrží	0,1	K1
T. 4	Přístupnost pro obsluhu	0,05	K1
T. 5	Stav strojního a technického vybavení	0,2	K1
T. 6	Bezpečnostní opatření u nádrží	0,05	K1
T. 7	Zabezpečení nádrže proti vnějším vlivům	0,15	K1
T. 8	Technické ochranné prvky nádrží	0,05	K1

	Počet hodnocených ukazatelů:	8	z 8-mi
	Suma vah jednotlivých ukazatelů:	1,0	
	Hodnota hodnocení:	1,00	
T	Celkové hodnocení technických ukazatelů		K1

Celkové hodnocení provozně-technického stavu separačních objektů na úpravce vody Hosov

P	Celkové hodnocení provozních ukazatelů		K1
T	Celkové hodnocení technických ukazatelů		K1
	Počet hodnocených ukazatelů:	2	ze dvou
	Suma vah jednotlivých ukazatelů:	1,0	
	Hodnota hodnocení:	1,00	
C	Celkové hodnocení provozních ukazatelů		K1

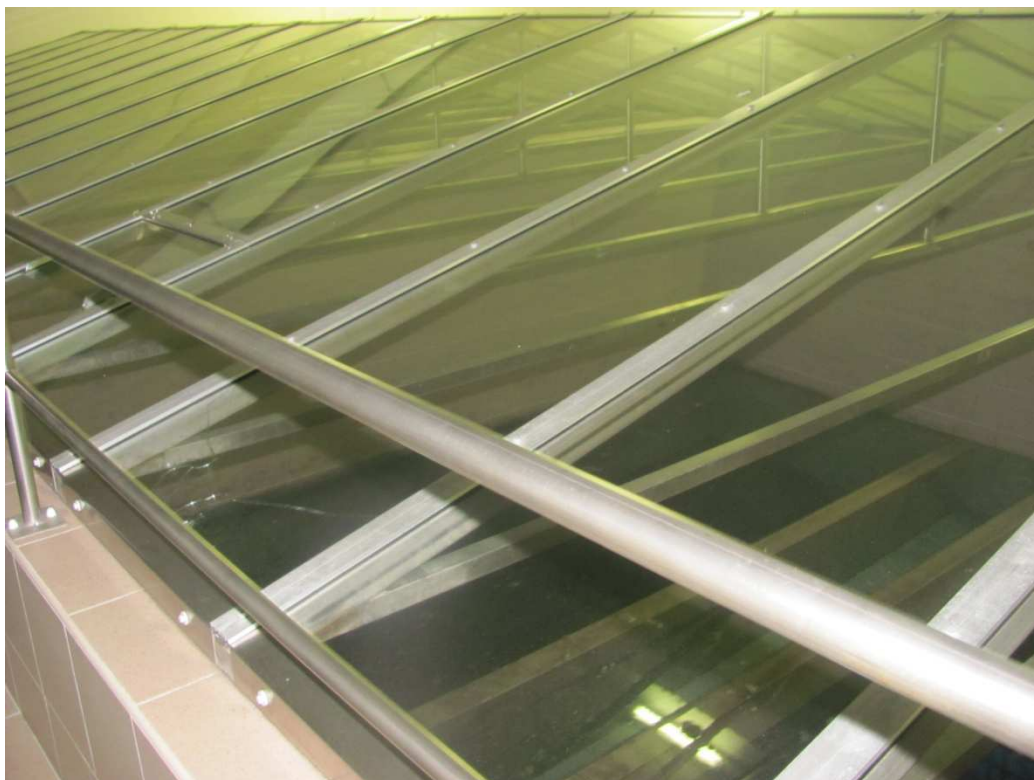
Celkové hodnocení provozně-technického stavu úpravny vody Hosov podle výše zmíněných kritérií vyšlo podle předpokladů s hodnocením K1, tedy výborně. Toto hodnocení je ovlivněno hlavně nepříliš dávnou rekonstrukcí, díky které separační objekty, ale i celá úpravna jsou v kvalitním stavu. Obecné hodnocení stavu úpravny vody, po stanovení všech kritérií vychází na výbornou, hodnocení zhoršil fakt, že úpravna využívá pouze část svého výkonu. Hodnocení prvního separačního stupně, tedy sedimentační nádrže vyšel v součtu na výbornou, hodnocení zhoršuje pouze menší účinnost nádrží proti suspendovaným látkám a o něco větší průtočná rychlost nádrží, což ale nikterak zásadně neovlivňuje výslednou kvalitu pitné vody. Hodnocení dalšího separačního stupně, kterými jsou pískové rychlofiltry, vyšel následovně. Po stanovení všech kritérií podle získaných dat vychází, jako vyhovující. Hodnocení je zhoršeno kratším dobou filtračního cyklu a nedostatečnými výsledky v hodnocení účinnosti filtrace vůči snížení zákalu. V posledním technickém hodnocení stavu separačních objektů, vyšla úpravna vody Hosov, na výbornou.



Obr. 4.13 Usazovací nádrže



Obr. 4.14 Otevřené pískové rychlofiltry



Obr. 4.15 Otevřená rychlofiltrace GAU



Obr. 4.16 Zatemněná okna v místnosti rychlofiltrace GAU



Obr. 4.17 Přípravna chlórdioxidu



Obr. 4.18 Nádrže na přípravu PREFLOCu

4.3 ÚPRAVNA VODY HROBICE



Obr. 4.19 Úpravna vody Hrobice [33]

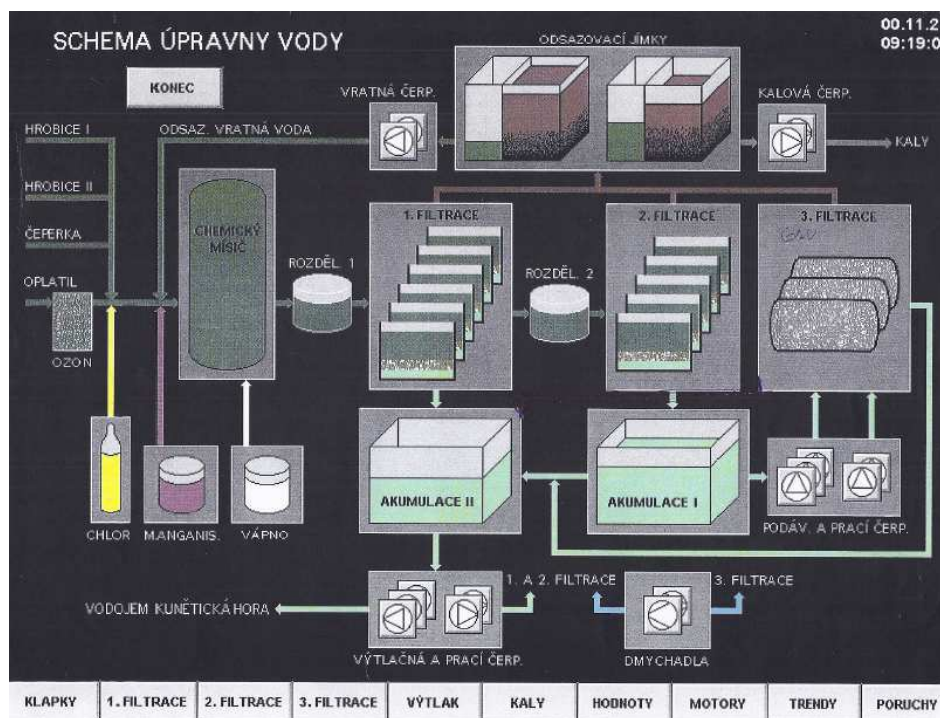
Úpravna vody Hrobice se nachází severozápadně od stejnojmenné obce v Pardubickém okrese. Úpravna vody byla postavena již v roce 1959 s projektovaným výkonem 200 l/s. Avšak se zhoršující se kvalitou a snižující se vydatností 30-ti vrtů v Hrobické oblasti na hodnotu 85 l/s. Z tohoto důvodu, bylo zapotřebí začít využívat nových zdrojů, a to z písníku Oplatil na konečný výkon úpravní vody 150 l/s. Od této doby úpravna vody podstoupila několik zásadních rekonstrukcí a změn majitelů. Trvalo téměř 40 let, než byla provedena důležitá rekonstrukce úpravní vody, kdy došlo k doplnění technologie úpravy vody o nové objekty separace a jiné úpravárenské technologie. Obnovu stavební části podstoupil i samotný objekt úpravní. Další důležitou změnou byla v roce 2002 modernizace dispečerského systému, což vedlo ke zrychlení řídicích a monitorovacích procesů na úpravně a na zdrojích surové vody. Tato modernizace umožnila také monitoring ze vzdáleného pracoviště VaK Pardubice.

Úpravna vody Hrobice využívá jako zdroj surové vody podzemních a povrchových zdrojů. Kombinací těchto dvou typů vod se ve výsledku snižuje obsah železa a manganu na takovou koncentraci, kterou je schopna upravit jednostupňovou koagulační filtrací. U všech těchto zdrojů je neobyčejně příznivě nízký obsah dusičnanů. Vyhovující jsou i všech těchto zdrojů i radiometrické rozbory a zkoušky na obsahy těžkých kovů a stopových prvků. Jako podzemní zdroje se využívá přibližně 30-ti vrtů v oblasti Hrobic, odkud je voda přiváděna násoskovými řady do sběrných studní Hrobice a Čeperka a od nich už je voda přečerpávána na úpravnu vody. Studny Hrobice I. a II. jsou charakteristické agresivní vodou se zvýšenou mineralizací a neutrálním pH, kromě toho je zdrojem vysoké koncentrace železa a manganu s nízkým nasycením kyslíkem. Studny Čeperka jsou naopak charakteristické neagresivní vodou s obsahem amoniaku. U těchto zdrojů nejsou potřeba žádné výjimky od krajské hygienické stanice. Zhoršená kvalita vody na jaře a na podzim se projevuje, zejména v povrchových

vodních zdrojích Vodní nádrž Oplatil. Je to dáno teplotní stratifikací v nádržích, odkud je brána část surové vody a také v důsledku organického a mikrobiálního oživení této vody. V těchto obdobích se odebírá více i z podzemních zdrojů vody (studen a vrtů), kde tento problém není. Avšak podzemní zdroje vody zcela nenahrazují povrchové zdroje, protože vody z povrchových zdrojů obsahují více kyslíku, který je důležitý v následném procesu úpravy při ozonizaci. Předúprava surové vody, je zde na úpravně řešena právě v podobě ozonu, použitím dezinfekce roztokem plynného chlóru nebo manganistanem draselným. V současnosti je výkon úpravny 200 l/s, z toho je voda odebírána z vodní nádrže Oplatil v množství 110 l/s a z podzemních zdrojů to je 90 l/s.

Sled dvoustupňové úpravy vody v Hrobicích je následující:

- Čerpání surové vody ze sběrných studní a z vodní nádrže Oplatil na úpravnu vody
- Předúprava surové vody dávkováním ozonu, roztoku z plynného chlóru nebo manganistanu draselného
- Průtok vody přes chemický míšič s dávkováním vápenného mléka
- 6x Otevřená písková rychlofiltrace I. (32 m²)
- 5x Otevřená písková rychlofiltrace II. (29,8 m²)
- Akumulační nádrž I. (průtočná nádrž o objemu 1000 m³)
- 3x Otevřená rychlofiltrace GAU (14 m²)
- Akumulační nádrž II. (nádrž na výtlačku o objemu 1800 m³)
- Dezinfekce upravené vody roztokem z plynného chlóru



Obr. 4.20 Technologické schéma ÚV Hrobice

Úpravnu provedl a
informace poskytl:

Kamil Škreptáč

Vedoucí technolog úpravy vody
VaK Pardubice, a.s.

Identifikační údaje - ID_i - první část

Označení	Název identifikačního údaje	Popis	Jednotky	
ID. 1	Vlastník úpravny vody	VAK Pardubice, a.s.	[-]	
ID. 2	Provozovatel úpravny vody	VAK Pardubice, a.s.	[-]	
ID. 3	Rok zahájení úpravny vody	1959	[rok]	
ID. 4	Rok dokončení poslední rekonstrukce	2002	[rok]	
ID. 5	Náhradní zdroj energie	-	[-]	
ID. 6	Zdroje surové vody	Sběrné studny Hrobice a Čeperka	[-]	
		VD Oplatil		
		110	[l/s]	
90				
ID. 8	Způsob jímání surové vody	Studny	[-]	
		Nade dnem nádrže		
ID. 9	Nejvýznamnější znečištění s vazbou na separaci (maximální a minimální hodnoty z povrchových a podzemních zdrojů)	pH	6,7 – 8,03	[mg/l]
		P _c	-	
		CHSK _{Mn}	-	
		BSK ₅	< 1,5	
		Fe	0,02 – 10	
Mn	0,02 – 2,4			
ID. 10	Druh použité předpravy vody	Dávkování KMnO ₄ , plynného chlóru, ozonu	[-]	
ID. 11	Akumulace vody na úpravně	1800	[m ³]	
ID. 12	Stupeň separace úpravny vody	Třístupňová separace	[-]	
ID. 13	Počet a druh separačních jednotek	Písková rychlofiltrace I.	6	[ks]
		Písková rychlofiltrace II.	5	
		Rychlofiltrace GAU	3	
ID. 14	Projektovaný denní výkon ÚV	210	[l/s]	
ID. 15	Průměrný (skutečný) denní výkon ÚV	160	[l/s]	
ID. 16	Maximální denní (skutečný) výkon ÚV	210	[l/s]	
ID. 17	Doba akumulace na ÚV v případě poruchy, při průměrném denním výkonu ÚV	3,13	[hod]	
ID. 18	Druh využívaných chemických prostředků v procesu úpravy	Manganistan draselný	[-]	
		Vápenné mléko		
		Ozon		
		Plynný chlór		

Identifikační údaje - ID_i - druhá část – Písková rychlofiltrace

Označení	Název identifikačního údaje	Popis	Jednotky
ID. 19	Druh použité pískové rychlofiltrace	Otevřená rychlofiltrace	[-]
ID. 20	Maximální výkon nádrže	ORF I.	35
		ORF II.	42
ID. 21	Počet vrstev filtrační náplně	1	[vrstev]
ID. 22	Mocnost filtrační vrstvy	1,0	[m]
ID. 23	Frakce filtrační náplně	ORF I.	1,8
		ORF II.	1,2
ID. 24	Plocha filtrační jednotky	ORF I.	32
		ORF II.	29,8
ID. 25	Druh drenážního systému na filtrech	Systém zabetonovaných scézovacích hlavic	[-]

Identifikační údaje - ID_i - druhá část – Rychlofiltrace GAU

Označení	Název identifikačního údaje	Popis	Jednotky
ID. 19	Druh použité pískové rychlofiltrace	Otevřená rychlofiltrace	[-]
ID. 20	Maximální výkon nádrže	70	[l/s]
ID. 21	Počet vrstev filtrační náplně	1	[vrstev]
ID. 22	Mocnost filtrační vrstvy	1,5	[m]
ID. 23	Frakce filtrační náplně	0,6 – 2,4	[mm]
ID. 24	Plocha filtrační jednotky	14	[m ²]
ID. 25	Druh drenážního systému na filtrech	Systém zabetonovaných scézovacích hlavic	[-]

Provozní ukazatele - P_i - obecné

Označení	Název identifikačního údaje	Váha	Hodnocení
P. 1	Kategorie jakosti surové povrchové a podzemní vody	0,1	K3
P. 2	Provoz úpravní vody	0,15	K1
P. 3	Využitelnost výkonu úpravní vzhledem k jejím návrhovým hodnotám	0,25	K2
P. 4	Automatizace úpravní vody pro sledování důležitých parametrů vody	0,13	K2
P. 5	Automatizace provozu jednotlivých separačních objektů	0,13	K1
P. 6	Stupeň separace na úpravně s ohledem na množství Fe a Mn v surové vodě	0,18	K1
P. 7	Vlastní spotřeba vody	0,06	K3

Počet hodnocených ukazatelů:		7	ze 7-mí
Suma vah jednotlivých ukazatelů:		1,0	
Hodnota hodnocení:		1,43	
P_o	Provozní ukazatele – obecné		K2

Provozní ukazatele – PF_i – Filtrace

Označení	Název identifikačního údaje	Váha	Hodnocení
PF. 1	Dostatečná akumulace prací vody pro potřeby filtrů	0,08	K1
PF. 2	Délka filtračního cyklu - Filtrace I. stupeň	0,21	K3
	Délka filtračního cyklu - Filtrace II. stupeň	0,21	K1
PF. 3	Tlaková ztráta ve filtru (pozn. na úpravně se nesleduje)	-	N
PF. 4	Impulsy pro začátek praní	0,26	K2
PF. 5	Účinnost filtrace určená snížením zákalu vody	0,27	K1
PF. 6	Vhodnost použitého GAU ve filtrační nádrži na základě jeho výrobní suroviny	0,05	K1

Počet hodnocených ukazatelů:		5	ze 6-ti
Suma vah jednotlivých ukazatelů:		1,0	
Hodnota hodnocení:		1,53	
PF	Provozní ukazatele – Filtrace		K2

Celkové hodnocení provozních ukazatelů

P_o	Provozní ukazatele – obecné		K2
PF	Provozní ukazatele - Filtrace		K2
Počet hodnocených ukazatelů:		2	ze dvou
Suma vah jednotlivých ukazatelů:		1,0	
Hodnota hodnocení:		1,5	
P	Celkové hodnocení provozních ukazatelů		K2

Technické ukazatele stavu filtrační nádrže - T1

Označení	Název identifikačního údaje	Váha	Hodnocení
T. 1	Stav vodorovných konstrukcí nádrží	0,2	K2
T. 2	Stav svislých konstrukcí nádrží	0,2	K2
T. 3	Údržba povrchu nádrží	0,1	K3
T. 4	Přístupnost pro obsluhu	0,05	K1
T. 5	Stav strojního a technického vybavení	0,2	K1
T. 6	Bezpečnostní opatření u nádrží	0,05	K2
T. 7	Zabezpečení nádrže proti vnějším vlivům	0,15	K3
T. 8	Technické ochranné prvky nádrží	0,05	K2

	Počet hodnocených ukazatelů:	8	z 8-mi
	Suma vah jednotlivých ukazatelů:	1,0	
	Hodnota hodnocení:	1,63	
T	Celkové hodnocení technických ukazatelů		K2

Celkové hodnocení provozně-technického stavu separačních objektů na úpravně vody Hrobice

P	Celkové hodnocení provozních ukazatelů		K2
T	Celkové hodnocení technických ukazatelů		K2
	Počet hodnocených ukazatelů:	2	ze dvou
	Suma vah jednotlivých ukazatelů:	1,0	
	Hodnota hodnocení:	1,50	
C	Celkové hodnocení provozních ukazatelů		K2

Celkové hodnocení provozně-technického stavu úpravny vody Hrobice podle výše zmíněných kritérií vyšlo s hodnocením K2, tedy vyhovující. Toto hodnocení je ovlivněno delší dobou, kdy proběhla nějaká zásadní rekonstrukce technické a provozního stavu separačních objektů, ale i celé úpravny vody. Této situaci přispěl fakt, že předchozí provozovatel neprovedl, žádné zásadní rekonstrukce v areálu. V nedávné době tedy došlo ke změně ve vedení tohoto vodárenského objektu, čímž se změnil provozovatel a podle toho celkové hodnocení úpravny vypadá. Hodnocení obecného provozního stavu úpravny vody vyšel s hodnocením K2, tedy vyhovující. Hodnocení nejvíce ovlivnili ukazatele kvality surové vody, které spadají ve výsledku do kategorie K3, koncentrace železa a manganu s ohledem na stupeň separace úpravny vody, stupeň automatizace separačních objektů a také vliv ukazatele procentuálního využití vody vyrobené na vodu technologickou, která se zde pohybuje v rozmezí 10 až 14%.

V dalším hodnocení se hodnotil provozní stav filtrace, který spadá také do kategorie K2, toto hodnocení bylo ovlivněno kratší délkou filtračního cyklu v prvním stupni filtrace, dále měl vliv na hodnocení prvotní impuls pro zahájení procesu praní, který se neřídí podle hodnoty zákalu, ale podle orientační hodnoty procenta otevření regulačních klapek. Ukazatel hodnotící tlakovou ztrátu na filtrech nebyl z důvodu absence měření tlaku a zachování objektivity hodnocení ohodnocen. Technický stav separačních objektů po zhodnocení všech výše uvedených kritérií vyšel s hodnocením vyhovující. Kde nejvíce kvalitu ovlivnila četnost údržby jednotlivých separačních objektů a zabezpečení jednotlivých nádrží proti vnějším vlivům.



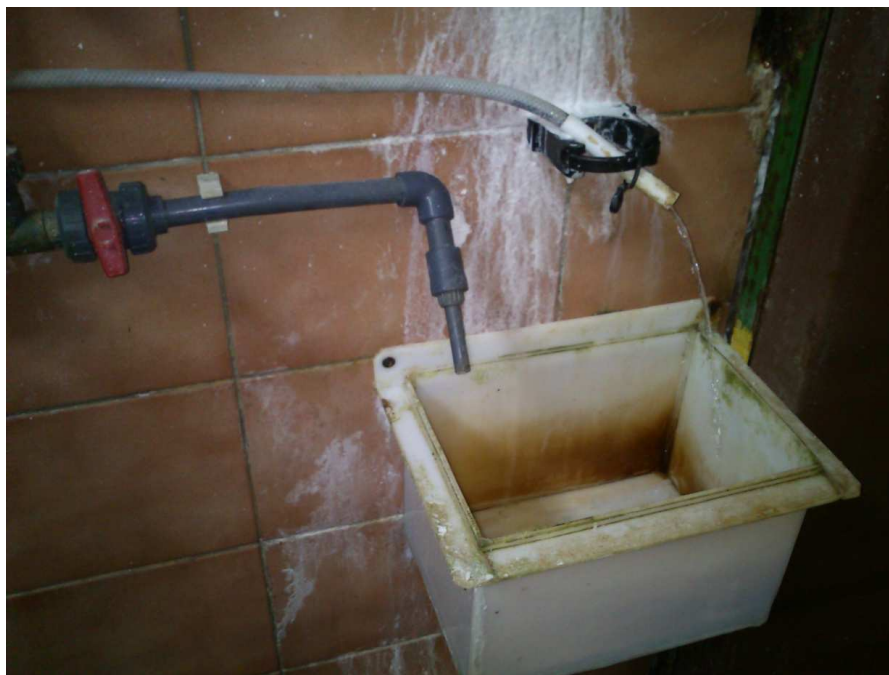
Obr. 4.21 Otevřená písková rychlofiltrace – během pracího cyklu



Obr. 4.22 Zařízení pro dávkování chlóru



Obr. 4.23 Místnost ozonizace



Obr. 4.24 Odběrné místo pro laboratorní vzorky



Obr. 4.25 Místnost na zpracování tlakových nádob plynného chlóru

5 ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo nalezení důležitých provozně technických ukazatelů separačních objektů na úpravkách vod a vytvoření hodnotící kritéria pro tyto ukazatele, které by vypovídaly o jejich provozním a technickém stavu. Sledovanými separačními objekty v této diplomové práci byly usazovací nádrž, filtrační nádrž a flotační nádrž. Ukazatele byly následně rozděleny do několika skupin, tak aby nedošlo k ovlivnění celkového výsledku hodnocení z důvodu absence některého ze zkoumaných separačního objektu na testované úpravce vody. Hodnocení každého ukazatele je rozděleno do tří hodnotících kritérií od nejlepšího (K1) po nejhorší (K3). Celkové hodnocení je složeno ze čtyř částí. V první části se nachází identifikační údaje k testované úpravce vody, poskytující základní informace o úpravce a podklady k výpočtům některých provozních parametrů, tyto údaje tedy slouží pouze jako informativní část. V druhé části je obecné hodnocení stavu úpravní, které má svým způsobem vliv na následné separační objekty, zde už se provádí hodnocení podle stanovených kritérií. Ve třetí části se hodnocení provozního stavu jednotlivých separačních objektů, toto hodnocení je rozděleno pro jednotlivé objekty zvlášť. V poslední části je skupina ukazatelů hodnotící technický stav separačních objektů, toto hodnocení zahrnuje kromě technického stavu nádrží i bezpečnostní stav pro obsluhu těchto zařízení. Celkové hodnocení spočívá ve vyhodnocení všech tří skupin hodnocení. Pro jednotlivé hodnocené ukazatele a skupiny ukazatelů, byly voleny váhová hodnocení jejich důležitosti s ohledem na objektivnost celkového výsledku. V další části této práce byla provedena aplikace tohoto hodnocení na vybraných úpravkách vody v praxi. Tato kapitola slouží pouze jako ukázková část hodnocení v praxi a není tím pádem stěžejní částí této práce, tou je stanovení jednotlivých skupin hodnocených ukazatelů na objektech, proto celkové hodnocení těchto provozů je potřeba považovat, jako informativní než jako jejich kritiku. Vybranými a navštívenými úpravkami byli úpravní vody v Hosově, Hrobicích a Mostišti. Ze získaných podkladů z těchto návštěv bylo vyhodnoceno maximální množství ukazatelů.

6 LITERATURA A POUŽITÉ ZDROJE

- [1] TUHOVČÁK, L.; ADLER, P.; KUČERA, T.; RACLAVSKÝ, J.: *Vodárenství - A. Úprava vody*. Studijní opora pro studijní programy s kombinovanou formou studia. Brno: VUT v Brně, 2006. s. 1-155.
- [2] TUHOVČÁK, L.; KUČERA, T.: BP03 – *Vodárenství*. Brno: VUT Brno, FAST, Ústav vodního hospodářství obcí, 2012. Přednáška
- [3] TILLMAN, G. M.: *Water treatment - Troubleshooting and Problem Solving*. Virginia: Lewis Publishers, 1996. 156 s.
- [4] BIELA, R.: *Vodárenská flotace a její použití při úpravě pitné vody v ČR* [online]. *Vysoké učení technické v Brně. 2012*, [cit. 2014-12-27].
Dostupné z <<http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/8900-vodarenska-flotace-a-jeji-pouziti-pri-uprave-pitne-vody-v-cr>>
- [5] RUNŠTUK, J.; KONEČNÝ, P.: Moderní přístupy v předúpravě pitných a procesních vod [online]. E-Voda.cz - Vodohospodářský server. 2010, [cit. 2014-12-27].
Dostupné z <<http://www.e-voda.cz/vytisknout-clanek/91>>.
- [6] ENVI-PUR: *Flotace pro ÚV (DAF)* [online]. Praha. 2014 [cit. 2014-12-27].
Dostupné z <<http://www.envi-pur.cz/cz/flotace-rozpustenym-vzduchem>>.
- [7] ZÁVADA, J.: *Flotace nerostných surovin a odpadů* [online]. *VŠB-Technická univerzita Ostrava. 2014*, [cit. 2014-12-27].
Dostupné z <<http://hgf10.vsb.cz/546/Flotace>>
- [8] AWWA eLEARNING.: *Module 1: Filtration*. American Water Works Association, 2009. s. 1-46.
- [9] AWWA eLEARNING.: *Module 2: Sedimentation Basins & Clarifiers*, 2009. s.1-24.
- [10] WATER/WASTEWATER DISTANCE LEARNING WEBSITE: *Sedimentation Basin Design and Problems* [online]. 2014 [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <http://water.me.vccs.edu/exam_prep/sedimentationbasins.htm>.
- [11] BRUNI, M.; SHRESTHA, R.: *Sedimentation (centralised)* [online]. *SSWM-Sustainable sanitation and water management. 2014*, [cit. 2014-12-27].
Dostupné z <<http://www.sswm.info/print/2855?tid=581>>
- [12] ZELENÝ, Z.: *Úprava vody - Sedimentace* [online]. 2013 [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <<http://www.vodovod.info/index.php/tema/219-uprava-vody-sedimentace#.VJ6SK14AAA>>

- [13] AQUAFILTER, v.o.s.: *Použití a vlastnosti filtrů s trubním drenážním systémem z plastů* [online]. Praha 6. 2014 [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <<http://www.aquafilter.cz/index.php>>.
- [14] BIELA, R.: *Filtrace s drenážním systémem Triton a její použití při úpravě vody v ČR* [online]. *Vysoké učení technické v Brně. 2014*, [cit. 2014-12-27].
Dostupné z <<http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/11080-filtrace-s-drenaznim-systemem-triton-a-jeji-pouziti-pri-uprave-vody-v-cr>>
- [15] TUHOVČÁK, L.; KUČERA, T.: *CP53 – Vybrané statě z vodního hospodářství obcí*. Brno: VUT Brno, FAST, Ústav vodního hospodářství obcí, 2014. Přednáška
- [16] BIELA, R.: *CP01 – Balneotechnika*. Brno: VUT Brno, FAST, Ústav vodního hospodářství obcí, 2013. Přednáška
- [17] KOPECKÝ, J.: *Návrh vhodného aktivního uhlí ve vodárenství* [online]. Líbeznice. 2014. [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <<http://www.smv.cz/res/data/014/001680.pdf>>.
- [18] VODOVOD.INFO.: *Úprava vody - Vodárenská filtrace* [online]. 2014 [cit. 2014-12-27]. Dostupné z: <<http://www.vodovod.info/index.php/tema/254-uprava-vody-filtrace#.VJ6cvV4AAA>>
- [19] DARMOVZAL, O.; TOMEK, M.; ADLER, P.: *Filtrace s klesající zdánlivou filtrační rychlostí na ÚV Hosov* [online]. Hranice. [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <<http://www.smv.cz/res/data/014/001647.pdf>>
- [20] HLADKÝ, O.: *Řízená filtrace na úpravě vody* [online]. Ostrava. [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <<http://www.smv.cz/res/data/013/001605.pdf>>
- [21] NOVOTNÁ, A.: *Filtrační materiály pro vodárenskou filtraci*. Bakalářská práce. Brno: VUT v Brně, 2013. s. 1-51.
- [22] KULÍŠEK, J.: *Hodnocení technického stavu úpraven vody*. Diplomová práce. Brno: VUT v Brně, 2008. s. 1-92.
- [23] FEDOR, F.: *Zkušenosti s provozováním filtračních drenážních systémů bez mezidna* [online]. Teplíce. [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <<http://www.wet-team.cz/files/konference/2008/PV%20Tabor/48-Fedor.pdf>>
- [23] KUNST, spol. s.r.o.: *Řetězový shrabovák plastový se stíráním hladiny typ ŘSPS* [online]. Hranice. [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <[http://www.kunst.cz/media/dokumenty/cz/typizace/rsps_\(02_2008\).pdf](http://www.kunst.cz/media/dokumenty/cz/typizace/rsps_(02_2008).pdf)>
- [24] ENVI-PUR.: *Drenážní systém Leopold* [online]. Praha. [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <http://www.envi-pur.cz/download/dokument_7_drenazni_system_leopold_cz.pdf>

- [25] EDZWALD, J.K.: *Decelepments of High Rate Dissolved Air Flotation for Drinking Water Treatment* [online]. Amherst, MA 01003 USA. [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <http://www.jwrc-net.or.jp/aswin/symposium_archive/images/data/007_inv_an_usa.pdf>
- [26] WIKIPEDIA.: *Rapid sand filter* [online]. [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Rapid_sand_filter>
- [27] FORNIA.: *Aktivní uhlí granulované* [online]. [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <<http://www.fornia.cz/filtracni-hmoty-a-napln/regeneracni-sul-2-1>>
- [28] POWER PLASTIC.: *Tlakový písková filtrace* [online]. [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <<http://www.powerplastics.cz/mobile-containerized-potable-water-systems-ru>>
- [29] NAZAROFF a ALVAREZ-COHEN.: *Sedimentation basins ("clafifiers")* [online]. [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <<http://engineering.dartmouth.edu/~d30345d/courses/engs37/Settling.pdf>>
- [30] EAGRI. *Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb.: Příloha 13 - Požadavky na jakost surové vody* [online]. [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <<http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100053303.html>>
- [31] SWECO. *Doplnění technologie a rekonstrukce úpravny vody Mostišť* [online]. [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <<http://www.sweco.cz/cs/Czech-Republic/Sluzby/Voda-a-zivotni-prostredi/Vodarenstvi/Zajitni-kvality-pitne-vody-ve-vodarenske-soustav-jihozapadni-Moravy/>>
- [32] VODÁRENSKÁ, A.S. *Úpravna vody Hosov* [online]. [cit. 2014-12-27].
Dostupné z: <http://www.vodarenska.cz/file/605_1_1/>
- [33] GEODIS BRNO, *Mapová data: Úpravna vody Hrobice* [online]. [cit. 2014-12-27].
Dostupné z:
<<https://www.google.cz/maps/place/Hrobice/@50.1150646,15.7817142,394m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x470dd2ad0de3ebfb:0x400af0f66151e00?hl=cs>>
- [34] HLAVÍNEK, P.: *BP02 - Stokování a čištění odpadních vod*. Brno: VUT Brno, FAST, Ústav vodního hospodářství obcí, 2012. Přednáška

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Schéma úpravny vody se třemi separačními stupni [2].....	17
Obr. 2.2 Oblasti vhodného výběru separačních procesů [4].....	17
Obr. 2.3 Ocelový kónický mísič na úpravně vody Hamry	19
Obr. 2.4 Rozdělení obdélníkové nádrže na jednotlivé zóny.....	22
Obr. 2.5 Obdélníková nádrž	23
Obr. 2.6 Opatření na vtoku pro zajištění rovnoměrného průtoku nádrží [10].....	24
Obr. 2.7 Řetězový shrabovák plastový se stíráním hladiny (KUNST, spol. s.r.o.) [23]	26
Obr. 2.8 Schéma procesu flotace – Spidflow™ [5].....	35
Obr. 2.9 Rozdělení flotační jednotky na zóny [5]	38
Obr. 2.10 Ukotvení vzduchového potrubí na dně filtru a detail dna filtru [23].....	48
Obr. 2.11 Drenážní systém Leopold [24]	49
Obr. 2.12 Drenážní systém Triton [14].....	49
Obr. 2.13 Schéma pomalé biologické filtrace [23].....	50
Obr. 2.14 Řez rychlofiltrační nádrží [26]	53
Obr. 2.15 Granulované aktivní uhlí [27]	53
Obr. 2.16 Filtrační nádrž na úpravně vody Hamry	54
Obr. 2.17 Tlaková písková filtrace [28]	55
Obr. 2.18 Porovnání jednotlivých membránových procesů [21]	56
Obr. 3.1 Graf účinnosti sedimentace v závislosti na průtočné rychlosti nádrží [29].....	78
Obr. 3.2 Závislost vzestupné rychlosti bublin na průměru produkovaných bublin a teplotě vody [25]	82
Obr. 3.3 Rychlosti ve flotační nádrži [25].....	83
Obr. 3.4 Graf znázorňující závislost velikosti mikrobublin na vzestupné rychlosti a průměru částic (pro bubliny o velikosti 100 μm, vstupní hustota částic 1100 kg/m ³ , teplota 20 °C) [25]	85
Obr. 4.1 Úpravna vody Mostiště [31].....	90
Obr. 4.2 Flotační nádrž – separační zóna	97
Obr. 4.3 Zakryté flotační nádrže a ovládací mechanismus flokulace.....	97
Obr. 4.4 Pískové rychlofiltry – ovládací panel.....	98
Obr. 4.5 Pískové rychlofiltry	98
Obr. 4.6 Zákaloměry pod filtračními nádržemi.....	99
Obr. 4.7 Dávkovací čerpadla – polyflokulantů.....	99

Obr. 4.8 Úpravna vody Hosov [32]	100
Obr. 4.9 Separční objekt ÚV Hosov vymodelovaný v rámci této práce v programu 3DS Max (filtrační nádrž)	101
Obr. 4.10 Separční objekty ÚV Hosov vymodelované v rámci této práce v programu 3DS Max (flokulační nádrž)	102
Obr. 4.11 Separční objekty ÚV Hosov vymodelované v rámci této práce v programu 3DS Max (Sedimentační nádrž)	103
Obr. 4.12 Technologické schéma úpravny vody Hosov [32]	103
Obr. 4.13 Usazovací nádrže	109
Obr. 4.14 Otevřené pískové rychlofiltry	109
Obr. 4.15 Otevřená rychlofiltrace GAU	110
Obr. 4.16 Zatemněná okna v místnosti rychlofiltrace GAU	110
Obr. 4.17 Přípravna chlórdioxidu	111
Obr. 4.18 Nádrže na přípravu PREFLOCu	111
Obr. 4.19 Úpravna vody Hrobice [33]	112
Obr. 4.20 Technologické schéma ÚV Hrobice	113
Obr. 4.21 Otevřená písková rychlofiltrace – během pracovního cyklu	118
Obr. 4.22 Zařízení pro dávkování chlóru	119
Obr. 4.23 Místnost ozonizace	119
Obr. 4.24 Odběrné místo pro laboratorní vzorky	120
Obr. 4.25 Místnost na zpracování tlakových nádob plynného chlóru	120

8 SEZNAM TABULEK

Tab. 2-1 Účinnost sedimentační nádrže s ohledem na rozměry [34]	31
Tab. 2-2 Rozsah povrchového hydraulického zatížení pro daný typ aplikace [2]	32
Tab. 2-3 Srovnání evropského a amerického rychlofiltru	52
Tab. 2-4 Kontaktní doby a životnost aktivního uhlí pro různé aplikace [17].....	54
Tab. 2-5 Možné provozní problémy na filtrech [3]	57
Tab. 3-1 Parametry jakosti povrchových vod (dle vyhlášky č. 428/2001 Sb.) [30].....	67
Tab. 3-2 Parametry jakosti podzemních vod (dle vyhlášky č. 428/2001 Sb.) [30]	67
Tab. 4-1 Třístupňová stupnice provozně-technických ukazatelů	89

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

WHO	.....World health organization - Světová zdravotnická organizace
NTU	.....Nephelometric Turbidity Unit – anglické označení zákalu
POU	.....Point of use - v místě použití
DAF	.....Dissolved air flotation - flotace rozpuštěným kyslíkem
GAU	.....Granulované aktivní uhlí
CHSK _{Mn}	.....Chemická spotřeba kyslíku manganistanem
PAU	.....Práškové aktivní uhlí
VAS a.s.	.....Vodárenská akciová společnost a.s.
UV záření	.....Ultrafialové záření
NaOH	.....Hydroxid sodný
PREFLOC	.....Síran železitý

10 SUMMARY

The main objective of this thesis is to create evaluation criteria operationally technical condition of selected objects separation in water treatment, so that the outcome of their assessment objectively established by the importance weights determine their current status. In the first chapter lists the basic concepts and definitions that relate to the issue. Explain the term separation and its relevance to the water treatment plant. For more information on the issue of evaluation of the operating state separation object to the next chapter deals with some separation objects and explains their principles, their basic distribution, design parameters and their advantages and disadvantages for a given level of grade separations. In this work, the evaluation looked into the issue:

- Sedimentation tanks
- Flotation tanks
- Filter tank

After introducing with the issues the next chapter focuses on the aforementioned evaluation criteria of separation objects. Evaluation consists in determining the three stages of evaluation for each indicator, the best variant (K1) to the worst (K3). The evaluation is divided into several groups of questions. The first group of questions are called. Identification questions used for basic familiarization with the water treatment plant and provides basic information, and also provides information on the issue of separation objects in some cases, information relevant to the calculation of operating parameters. The following group of questions are already evaluation criteria. Firstly, it is a general operational issues which are also necessary and related to the separation objects. Afterwards the operational indicators of individual separation of objects. The last group evaluating indicators is the technical aspect of these objects.

In the last chapter of this thesis is conducted applications of the evaluation criteria in practice on existing water treatment plants in the Czech Republic. At each evaluation is a brief introduction to the water treatment plant itself and evaluation of the overall evaluation. In some cases, however, was not possible to complete assessment of all parameters.