



## TRANSPORTNÝ SYSTÉM - VPLYV FYZIKÁLNYCH UKAZOVATEĽOV NA KVALITU VODY

Daniela CVELIHÁROVÁ <sup>1</sup>, Alena PAULIKOVÁ <sup>2</sup>

## TRANSPORT SYSTEM - INFLUENCE OF PHYSICAL INDICATORS ON WATER QUALITY



INTEGRATED SAFETY OF ENVIRONS '2021

<sup>1</sup> Technická univerzita v Košiciach, SvF, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovenská republika Email: [daniela.cveliharova@tuke.sk](mailto:daniela.cveliharova@tuke.sk)

<sup>2</sup> Slovenská technická univerzita, Materiálovotechnologická fakulta, Trnava, Jána Bottu 25, 917 24, Trnava Slovenská republika

Email: [alena.paulikova@stuba.sk](mailto:alena.paulikova@stuba.sk) ORCID iD: 0000-0002-2959-5656



Competing interests : The author declare no competing interests.



Publisher's Note: Slovak Society for Environment stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations. Copyright: © 2021 by the authors.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

This license allows reusers to distribute, remix, adapt, and build upon the material in any medium or format, so long as attribution is given to the creator. The license allows for commercial use.



Review text in the conference proceeding: Contributions published in proceedings were reviewed by members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.

### ABSTRAKT

Kvalitná pitná voda je nenahraditeľnou zložkou pitného režimu a najdôležitejšou súčasťou potravinového reťazca. Voda z každého zdroja je iná, s iným zložením a inými fyzikálno - chemickými parametrami. Aj zmiešaná voda z viacerých zdrojov je dodávaná spotrebiteľom stále kvalitná a zdravotne bezchybná. Inkrustácie v distribučných systémoch na prenos vody vznikajú vzájomným pôsobením rôznych fyzikálnych, chemických, elektrochemických a biologických činiteľov. Vo väčšine prípadov môžeme tieto javy stotožniť s procesom korózie. Vplyvy jednotlivých činiteľov sa obyčajne nedajú oddeliť, aj keď v niektorých prípadoch je niektorý z nich rozhodujúci.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ:**teplota, zákal, absorbancia, pH a vodivosť vody

### ABSTRACT

Quality drinking water is an irreplaceable component of the drinking regime and the most important part of the food chain. The water from each source is different, with a different composition and different physico-chemical parameters. Even mixed water from several sources is still supplied to consumers with high-quality and flawless health. Inlays in water transfer distribution systems are caused by the interaction of various physical, chemical, electrochemical and biological factors. In most cases, we can identify these phenomena with the corrosion process. The effects of individual factors are usually inseparable, although in some cases one of them is decisive.

**KEY WORDS:** temperature, turbidity, absorbance, pH and conductivity of water

### ÚVOD

Chemicky čistá voda je priehľadná, bez chuti a zápachu. Farba, zákal, priehľadnosť, pach či chuť poukazujú na chemické zloženie, indikujú prípadné znečistenie a ovplyvňujú využiteľnosť



vodného zdroja [12]. Čistá voda je bezfarebná. Preto akékoľvek typy farebného vzhľadu vo vode naznačujú znečistenie vody [22]. Pri kontakte vody s materiálom potrubia (najmä kovovým) dochádza k tvorbe inkrustov (vyzrážavanie niektorých látok z vody a ich postupné usadzovanie na vnútornom povrchu potrubia, vrátane produktov korózie). Intenzita tohto procesu závisí od kvality vody, jej agresívnych vlastností a od použitého materiálu potrubia [13]. Inkrustry sa vyskytujú vo vodovodnom potrubí ako mazľavý nános, alebo ako pevné alebo veľmi tvrdé usadeniny šupinovitej povahy [23].

Vodárenské spoločnosti dodávajú do verejných vodovodov kvalitnú pitnú vodu, ktorá je pravidelne kontrolovaná v laboratóriách pitných vôd v zmysle príslušných právnych predpisov. Predmetné predpisy určujú limity ukazovateľov kvality pitnej vody. Ich dodržiavanie zabezpečuje, že dodávaná pitná voda ani pri dlhodobom užívaní nemá negatívny vplyv na ľudské zdravie [9,18].

## FYZIKÁLNE FAKTORY

Medzi fyzikálne faktory vody, ktoré ovplyvňujú tvorbu inkrustov (obr.1) v transportnom systéme môžeme zaradiť teplotu, zákal, absorbanciu, pH a vodivosť (konduktivitu). Na tvorbu vodného kameňa vplyva viacero faktorov, jedným z nich je aj teplota vody.



Obrázok 1 - Vodný kameň usadený na vnútornej strane potrubia [26]

Teplota vody ovplyvňuje tvorbu vodného kameňa, čo je spôsobené zmenou rovnováhy medzi iónmi kyseliny uhličitej a hydroxidu vápenatého. Pri zmene teploty vody a vylúčením týchto látok z vody [24]. V pitných vodách by sa teplota vody mala pohybovať medzi 8 – 12 °C. Optimálna teplota studenej pitnej vody je 10 až 15 °C. Podľa vyhlášky MDVRR SR č. 364/2012 Z. z. a požiadavky čl. 3.6 STN EN 806-2 nesmie byť po otvorení výtokovej armatúry studenej pitnej vody po 30 s jej teplota vyššia ako 25 °C [16,17].

Dodávateľ teplej úžitkovej vody je povinný zabezpečiť teplotu teplej úžitkovej vody na odbernom mieste v takej výške, aby teplota teplej úžitkovej vody na výtok u konečného spotrebiteľa dosiahla najmenej 45 °C a najviac 55 °C. Prevzaté z Čl.3.6 STN EN 806 - 2: Je potrebné zabezpečiť prevádzkovú teplotu vody tak, aby sa pri plnom otvorení výtokovej armatúry po 30 s v mieste výtoku zabezpečila teplota: najviac 25 °C na studenej vode, najmenej 50 °C na ohriatej pitnej vode.

Teplotu vody v súlade s tvorbou inkrustov je dôležité sledovať, keďže so zvýšenou teplotou sa možnosť tvorby inkrustov zvyšuje tým, že sa zvyšuje rozpustnosť  $\text{CaCO}_3$ . Je odporúčané, aby teplota v potrubíach nevystúpila nad 55 °C (v niektorých zdrojoch sa uvádza hodnota 60 °C). Rast tvrdých nánosov značne podporuje zvyšovanie teploty vody. Ohrievaním vody sa výrazne zvyšuje hrúbka vodného kameňa [14]. Ukladanie vodného kameňa vzniká pri teplote vody viac ako 55 °C. Teplota významne ovplyvňuje chemickú i biochemickú reaktivitu vody [5]. Vytváranie zárodkov a rast kryštálov anorganických častíc, ktoré spôsobujú tvrdosť vo vode ako aj vo vodných roztokoch, zapríčiňujú tvorbu vodného kameňa. Spúšťačom procesu kryštalizácie je presýtenie [6]. Medzi hlavné anorganické súčasti prírodných vôd patrí vápnik, horčík, sodík, ktoré sú prítomné prevažne ako



katióny, a z aniónov hydrogenuhličitanu, sírany a chloridy. Zastúpené sú aj malé koncentrácie železa, mangánu a iných kovov. Z nekovov sú to dusičnany, dusičnany, fosforečnany, amoniak [1]. Základnou jednotkou teploty podľa SI sústavy je kelvin (K), definovaný ako 273,16 časť medzi absolútnou teplotou nulou (absolútna teplota 0 je stav, kedy ustáva pohyb molekúl, avšak táto hodnota sa nedá nikdy dosiahnuť – afinitná hodnota) a teplotou trojitého bodu vody, čiže na základe rovnovážneho stavu troch skupenstiev vody (ľad, vody a nasýtenej vodnej pary), pričom  $273,16\text{ K} = 0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Teplota je stavová veličina, to znamená, že súvisí s objemom, tlakom prípadne fázou meraného média. Pokiaľ nie je uvedené inak, teplota sa meria pri normálnom atmosférickom tlaku 101,325 kPa [11].

Pitná voda by mala byť bez chuti. Chuťové vlastnosti vody sú podmienené prítomnosťou a kombináciou látok, ktoré majú špecifickú chuť. Primerané množstvo solí a prítomnosť voľného oxidu uhličitého dodáva vode osviežujúcu príchuť. Vyšší obsah niektorých solí pôsobí nepriaznivo [12].

Pri nízkom pH sa rýchlosť korózie zvyšuje; pri vysokom pH sa prejavujú ochranné účinky na potrubia, v prípade mosadzných materiálov však môže dôjsť k vytesňovaniu zinku.

Kyslá voda môže teda spôsobovať koróziu potrubia či čerpadla. Tento jav sa prejavuje prítomnosťou železa, zinku, alebo dokonca medi, či olova, pokiaľ je z tohto kovu vyrobené potrubie. Všeobecne sa odporúča, pokiaľ je voda kyslá, nepoužívať medené potrubie na jej rozvod zo zdravotných dôvodov [13,20,21]. Stupeň pH je taktiež významne ovplyvňovaný prítomnosťou horčička vo vode. Vysoké pH vody pôsobí na tvorbu vodného kameňa. Ako teplota stúpa, molekulárne vibrácie sa zvyšujú, čo vedie k schopnosti vody ionizovať a vytvárať viac iónov vodíka. Výsledkom bude pokles pH. „Optimálna teplota pitnej vody, teda aj odporúčaná hodnota je od  $8^{\circ}\text{C}$  do  $12^{\circ}\text{C}$  tak, ako ju stanovuje už spomínaná vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z.“ [19].

Pre vznik kladného chuťového vnemu je dôležitý látkový pomer medzi vápenatými a horečnatými iónmi a koncentrácia hydrogenuhličitanov, síranov a chloridov. Väčšie koncentrácie iónov horčička v kombinácii so síranmi sú príčinou horkej chuti. Väčšie koncentrácie chloridov v kombinácii so sodíkom spôsobujú slanú chuť vody. Rozpustený  $\text{CO}_2$  vo vyššej koncentracii môže maskovať nepríjemné chuťové vnemy. Najvhodnejšie pH pitnej vody je v rozmedzí 6,5 až 7,5 [12].

Na tvorbu vodného kameňa preukázateľne vplýva príliš vysoké pH vody, ktoré zároveň spôsobí aj zákal vody. Voda s nízkym pH tak môže mať agresívne účinky na materiál potrubia, čo sa môže prejavovať zvýšenými hodnotami železa, kým vyššie hodnoty reakcie vody môžu znížiť účinnosť dezinfekcie [5]. Medzi látky, ktoré spôsobuje zakalenie vody patria suspendované tuhé, rozpustené materiály ako íl, bahno, veľmi drobné riasy z anorganických a organických látok, rozpustené farebné organické zlúčeniny a planktón, mikroskopické organizmy a iné mikrobiálne zaťaženie. Merné jednotky nemá pH, je však indikátorom koncentrácie vodíkových iónov v kvapaline, ktorá sa podľa nej označuje ako „kyslá“ alebo „zásaditá“.

Čistá voda je číra a neabsorbuje svetlo. Preto ak sa vo vode objaví zákal, indikuje znečistenie vody. Vo všeobecnosti sa zákal zvyšuje so zvýšením množstva znečisťujúcich materiálov vo vode. Rôzne materiály sa však líšia svojou absorpčnou schopnosťou svetla. Niektoré materiály, ktoré dávajú zákal, môžu byť pre spotrebiteľov toxické. Preto zakalená voda nie je vhodná na pitné účely [22]. Príčinou zákalu vody býva prítomnosť železa a mangánu. Chlór je prchavý a z vody napustenej do pohára, alebo do inej otvorenej nádoby po krátkom čase vyprchá. Zákal vyjadruje zníženie priehľadnosti vody suspendovanými alebo koloidne nerozpustenými látkami [5]. Pre vodu upravovanú z povrchových zdrojov platí pre zákal medzná hodnota 1,0 FNU pri výstupe z úpravne vody [7]. Malé častice s priemerom v rozsahu vlnovej dĺžky však vedú k rozptylu svetla, voda sa potom javí ako mierne zakalená (alebo hovorovo mliečna).

Ukazovatele zákalu vody ako aj absorbanca môžu nepriamo ovplyvniť senzorickú kvalitu pitnej vody. Zafarbenie a zákal vody v závislosti od látok v nej obsiahnutých zohrávajú dôležitú úlohu ako ukazovatele kvality vody, ako aj metóda analýzy pri analýze vody. Obsah mangánu sa stanovuje v pitných vodách a najčastejšie používaným metódam patrí stanovenie spektrofotometrické po oxidácii dvojvalemého mangánu na manganistan, alebo atómovou absorpčnou spektrofotometriou [2]. Zákal vody je zníženie priehľadnosti vody spôsobené nerozpustnými a koloidnými látkami anorganického a organického charakteru. Môže byť prirodzeného, alebo antropogénneho pôvodu. V



podzemných vodách zákal spôsobujú predovšetkým anorganické látky. V povrchových vodách zas íly, oxid kremičitý, hydratované oxidy železa, mangánu, baktérie, planktón a i. Vody upravené koaguláciou môžu byť zakalené zvyškami zrážadiel. Biely zákal, ktorý niekedy dočasne vzniká pri vypúšťaní vody z potrubí je spôsobený bublinkami vzduchu, ktorý sa uvoľňuje z vody v dôsledku zníženia tlaku a zmeny teploty vody v potrubí [12].

Zákal vody sa definuje ako zníženie priehľadnosti vody nerozpustenými a koloidnými látkami anorganického a organického pôvodu. Zákal upravených vôd spôsobujú niekedy zvyšky vločiek po koagulácii. Vo vodovodnej vode biely a nestály zákal spôsobujú rozptýlené bublinky vzduchu [4].

Zákal je priehľadnosť vody a je dôležitým faktorom kvality vody. Je to optická charakteristika vody a je to množstvo svetla, ktoré je rozptýlené materiálom vo vode, keď svetlo prechádza cez vzorku vody. Čím vyššia je intenzita rozptýleného svetla, tým vyšší je zákal a v pitnej vode u ľudí môže vyvolať žalúdočné problémy až choroby.

Častice sa dostávajú do vody buď prienikom do systému z vonkajšieho prostredia, alebo priamo z usadenín na stranách potrubí, t.j. inkrustáciou. K externému znečisteniu dochádza počas opráv alebo montáži potrubí. Interné znečistenie je spôsobené koróziou potrubia, uvoľnením bio filmu zo stien alebo v priebehu chemických procesov z úpravovne vody. Môže sa jednať o nevhodné hydraulické podmienky – ak vody prúdi v potrubí príliš pomaly, na stenách sa usádza vrstva nespevneného sedimentu. Pri zvýšení prietoku sú nečistoty odrazu strhávané do vody. Rýchlosť prúdenia vody v potrubí by mala byť nad 0,25 m/s. Ak je v potrubí vzniknutá inkrustácia, rýchlosť prúdenia sa znižuje. Ďalšou príčinou zákalu je korózia potrubia vzniknutá použitím nevhodného typu potrubia. Pre správnu funkciu vodovodnej siete je potrebné vykonávať aj pravidelnú údržbu pre odstránenie sedimentov. Korózii prospieva aj príliš mäkká voda, alebo voda z nízkym pH. Vysoký obsah železa a mangánu spôsobuje zákal žltej, až žlto-čiernej farby [25]. Limit zákalu v pitnej vode je v SR stanovený na 5 ZF (formazinových jednotiek). Čistá voda je vždy bez chuti a zápachu. Preto ak sú prítomné akékoľvek typy chuti a zápachu, indikuje znečistenie vody.

Vodivosť prírodných vôd, ako je pitná voda, alebo povrchová voda sa pohybuje v rozmedzí od 100 - 1000  $\mu\text{S} / \text{cm}$ . Ak má voda z vodovodu vysokú hodnotu vodivosti, poukazuje to na vysoký obsah solí, čo môže viesť k rušivým javom.

Solí nachádzajúce sa vo vode sú hydrogénuhličitan vápenatý  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , hydrogénuhličitan horečnatý  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , uhličitan vápenatý  $\text{CaCO}_3$  a uhličitan horečnatý  $\text{MgCO}_3$  [1].

Vodivosť roztoku je kriticky závislá na teplote. Hodnota sa prepočíta na zodpovedajúcu hodnotu vodivosti, ktorá by bola meraná pri referenčnej teplote ( $25^\circ\text{C}$ ). Optimálne by mala pitná voda obsahovať menej rozpustených látok, asi 25 –50 mS/m. Vody s vyššou vodivosťou ako 125 mS/m (mineralizáciou viac ako 1000mg/l) sa považujú za minerálne a často spôsobujú technické problémy, napr. znižujú životnosť rozvodov vody a ohrievačov teplej vody [25]. Vodivosť vody je spôsobená najmä prítomnosťou ionizovateľných anorganických zlúčenín. Čistá voda má veľmi nízku vodivosť. Napríklad 1umho pre destilovanej vody. Preto meranie vodivosti indikuje množstvo ionizovateľných anorganických zlúčenín vo vode [22].

Priehľadnosť vody závisí od jej farby a zákalu [12]. Mierou priehľadnosti je výška stĺpca vody, cez ktorú možno ešte pozorovať bielu dosku určitých rozmerov (20 cm priemer), alebo prečítať písmo určitého typu. Meranie sa robí buď v laboratóriu, alebo priamo v teréne. Zákal vody sa definuje ako zníženie priehľadnosti vody prítomnými nerozpustenými a koloidnými látkami anorganického a organického pôvodu. Voda je zvláštny príklad slabého elektrolytu. Chemicky čistá voda veľmi slabo disociuje. Zákal sa stanovuje pri pitných, povrchových aj odpadových vodách. Často sa kombinuje s hodnotením priehľadnosti vody [14]. Vodivosť je ukazovateľ celkového množstva rozpustených minerálov obsiahnutých vo vode. Vodivosť - elektrolytická konduktivita je približná miera koncentrácie elektrolytov vo vode. Služi na odhad koncentrácie iónovo rozpustených látok a mineralizácie vody [5]. Pitná voda nemôže pôsobiť agresívne. Vyjadruje teda nepriamo obsah minerálnych látok – “solí”. Limit vodivosti pre pitnú vodu je 125 mS/m pri  $20^\circ\text{C}$ .

Absorbancia je ukazovateľ, ktorý môže nepriamo ovplyvniť sensorickú kvalitu pitnej vody. Prekročenie indikačnej hodnoty môže byť dôvodom na zisťovanie chloroformu, brómdichlórméтанu alebo na korigovanie hodnoty  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  [7]. Stanovenie konduktivity je bežnou súčasťou fyzikálno-



chemického rozboru vody. Umožňuje bezprostredný odhad koncentrácie iónovo rozpustených látok a celkovej mineralizácie vo vodách (pitných, podzemných, povrchových i odpadových). Jednotkou elektrickej konduktivity je Siemens na meter ( $S \cdot m^{-1}$ ), v chémii vody sa častejšie používa jednotka  $mS \cdot m^{-1}$  [8]. Absorbancia vody je ukazovateľ, ktorý môže nepriamo ovplyvniť senzoricke kvalitu pitnej vody [3]. Látky rozpustené vo vode môžu viesť k významnej zmene týchto vlastností, ktorá je opísaná spektrálnou absorpciou. Chemicky čistá voda má pri 25°C teoretické pH 7 [10]. Absorbancia pri 254 nm je dôležitá pri skupinovom stanovení niektorých organických aromatických zlúčenín, ktoré vykazujú výraznú absorpciu v ultrafialovej oblasti [5]. Absorbancia je ukazovateľ, ktorý môže nepriaznivo ovplyvniť kvalitu vody. Je to bezrozmerná fyzikálna veličina vyjadrujúca množstvo (viditeľného spektra) elektromagnetického žiarenia pohlteneho látkou. Jej limit je podľa Vyhlášky č. 247/2017 Z. z. stanovený na 0.080. Vodivosť vody je kriticky závislá na teplote. Zmeny teploty vody vedú k zmene elektrickej vodivosti, aj keď sa zloženie vody nezmenilo. Čím vyššia je teplota, tým vyššia je aj pohyblivosť iónov, teda elektrická vodivosť [15]. Teplota sa priamo nepoužíva na vyhodnotenie, či je voda pitná (pitná) alebo nie. V prírodnom vodnom systéme, ako je jazero a rieka, je teplota veľmi dôležitým fyzikálnym faktorom, ktorý určuje kvalitu vody. Ak sa teplota zvýši, rozpustnosť kyslíka vo vode klesá. Okrem toho zvýšenie teploty zvyšuje rýchlosť rastu vodných mikroorganizmov, takže konzumujú rozpustené  $O_2$  rýchlejšie a hladina rozpusteného  $O_2$  klesá [22]. Vodivosť je dôležitým a niekedy aj nevyhnutným parametrom pri aktuálnej analýze kvality pitných vôd. Čím viac solí, kyselín alebo tiež zásad obsahuje voda, tým je väčšia jej vodivosť.

## ZÁVER A DISKUSIA

Príspevok informuje o vybraných fyzikálnych ukazovateľoch, ktoré majú vplyv na kvalitu vody v distribučných systémoch na Slovensku. Vodárenské spoločnosti dodávajú do verejných vodovodov kvalitnú pitnú vodu, ktorá je pravidelne kontrolovaná v laboratóriách pitných vôd v zmysle vyhlášky MZ SR č.247/2017 Z. z. v platnom znení, z hľadiska rádiologického v zmysle vyhlášky MZ SR č.100/2018 Z. z. v platnom znení a Vyhlášky MŽP SR č.636/2004 Z. z.. Rozsah, početnosť, kritériá kontroly kvality pitnej a surovej vody a počet odberných miest je daná príslušnými vykonávacími predpismi. Príslušné vykonávacie predpisy zároveň určujú limity ukazovateľov kvality pitnej vody. Pitná voda pri dodržaní týchto limitov ani pri dlhodobom užívaní nemá negatívny vplyv na ľudské zdravie.

### *Pod'akovanie [zaradenie príspevku]*

*Tento článok vznikol s podporou projektu P4+ Vplyv vybraných (relevantných) charakteristík transportných potrubných systémov na zabezpečenie stanovenej kvality vody s VVS a.s. Košice a s podporou projektu VEGA 1/0230/21 Environmentálna kvalita a životný cyklus stavebných materiálov.*

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Cvelihárová, D., Pauliková, A. Charakteristika anorganických látok a vodného kameňa. In: Motivation - Education - Trust - Environment - Safety 2020: Recenzovaný zborník z V. medzinárodnej vedeckej konferencie, Ružomberok 21.2.2020. Bratislava (Slovensko): Slovenská spoločnosť pre životné prostredie s. 141-151. ISBN 978-80-973460-7-2
- [2] Vodárenské pohľady, 2/2019. - [on-line] Available on - URL: <https://avssr.sk/wp-content/uploads/2019/07/vp-02-2019-web.pdf>
- [3] Kvalita pitnej vody. - [on-line] Available on - URL: <https://www.enviroportal.sk/agendy/obcan/kvalita-pitnej-vody>
- [4] Minimálny rozbor vody. - [on-line] Available on - URL: <https://www.alsglobal.sk/zivotne-prostredie/rozbory-vod/minimalny-rozbor-pitnej-vody>
- [5] Vodárne. - [on-line] Available on - URL: [http://www.vodarne.eu/data/uploads/periodika/vodarenske-pohlady/vp\\_c27-web.pdf](http://www.vodarne.eu/data/uploads/periodika/vodarenske-pohlady/vp_c27-web.pdf)



- [6] Pauliková, A. Cvelihárová, D. Niektoré aspekty fyzikálneho pôsobenia na kvalitatívne vlastnosti vody. In: Nástroje environmentálnej politiky: Recenzovaný zborník z VIII. medzinárodnej vedeckej konferencie, 9.3.2018, Bratislava. Žilina (Slovensko): Strix s. 44-48. ISBN 978-80-89753-28-4
- [7] Nariadenie vlády 354/2006 Z. z. – [on-line] Available on - URL: <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2006/354/20160101.html>
- [8] Konduktivita. – [on-line] Available on - URL: <https://www.vo-da.cz/rozbor-vody-podrobne/konduktivita/>
- [9] Kvalita pitnej a odpadovej vody. – [on-line] Available on - URL: | [vodarne.eu](http://vodarne.eu)
- [10] Kyslosť. – [on-line] Available on - URL: <https://sk.wikipedia.org/wiki/Kyslosť>
- [11] Vyhláška č. 247/2017 Z. z. - Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania amanažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou. – [on-line] Available on - URL: <https://www.epi.sk/zz/2017-247>
- [12] Sirotiak, M., Blinová, L. et A. Bartošová (2017) Stanovenie organoleptických vlastností vôd z hľadiska správnosti a bezpečnosti. – In: Rusko Miroslav [Ed.], 2017: Manažérstvo životného prostredia 2017. – Recenzovaný zborník zo XVII. medzinárodnej vedeckej konferencie v Bratislave, 14.-15.marec 2017, Žilina: Strix et SSŽP, Edícia ESE-33, 1. vydanie, ISBN 978-80-89753-15-4, 194 s., pp. 28 - 37
- [13] Ilavský, J. & D. Barloková: Galvanická úprava vody. – [on-line] Available on - URL: <http://www.smv.cz>
- [14] FWT Anticalc. – [on-line] Available on - URL: [http://www.superbarter.sk/media/docs/request/12670/12670\\_c0867d250f42dd552013.pdf](http://www.superbarter.sk/media/docs/request/12670/12670_c0867d250f42dd552013.pdf)
- [15] Vodivosť pitnej vody – AQUANOVA. – [on-line] Available on - URL: <https://aquanova.sk/vodivost-pitnej-vody/>
- [16] Vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.
- [17] STN EN 806-2: 2005: Technické podmienky na zhotovovanie vodovodných potrubí na pitnú vodu vnútri budov. Navrhovanie.
- [18] Cvelihárová, D. & A. Pauliková (2019) Legislatívna podpora pre zabezpečenie požadovanej kvality vody v distribučných systémoch. - In: Globálne existenciálne riziká 2019: Recenzovaný zborník príspevkov z 9 medzinárodnej vedeckej konferencie. Žilina (Slovensko): Strix s. 114-124. ISBN 978-80-89753-35-2
- [19] Vodárenské pohľady. - [on-line] Available on - URL: [http://www.vodarne.eu/data/uploads/periodika/vodarenske-pohlady/vp\\_c28-web.pdf](http://www.vodarne.eu/data/uploads/periodika/vodarenske-pohlady/vp_c28-web.pdf)
- [20] <https://vodnefiltre.sk/index.php/filtre-na-vodu-klinika/5-rozbor-pitnej-vody>, online,
- [21] Jesenák, K. (2007) Aké sú minimálne a maximálne hodnoty pH? - Quark – Magazín o vede a technike, Október 2007. - [on-line] Available on - URL: [https://fns.uniba.sk/jesenak\\_quark/](https://fns.uniba.sk/jesenak_quark/),
- [22] Fyzikálne parametre kvality vody /Fyzikálna charakteristika vody – [on-line] Available on - URL: <https://www.onlinebiologynotes.com/physical-parameters-of-water-quality-physical-characteristic-of-water/>
- [23] Kolektív autorů (1981) Aktuální problémy provozů městských vodovodních sítí. - Sborník přednášek: Dům techniky ČSVTS Brno, 1981: Ev. číslo: 60/515/81
- [24] Vodný kameň. – [on-line] Available on - URL: [https://sk.wikipedia.org/wiki/Vodný\\_kameň](https://sk.wikipedia.org/wiki/Vodný_kameň)
- [25] Vodivosť – konduktivita vody. – [on-line] Available on - URL: <https://aquanova.sk/vodivost-pitnej-vody/>,
- [26] Jak se zbavit vodního kamene. – [on-line] Available on - URL: <https://silnemagnety.cz/jak-se-zbavit-vodniho-kamene/>