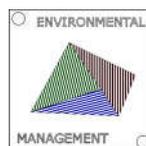


STANOVENIE ORGANOLEPTICKÝCH VLASTNOSTÍ VÔD Z HĽADISKA SPRÁVNOSTI A BEZPEČNOSTI

Maroš SIROTIK - Lenka BLINOVÁ - Alica BARTOŠOVÁ

DETERMINATION OF WATER ORGANOLEPTIC CHARACTERISTICS REGARDING TO ACCURACY AND SAFETY



ABSTRAKT

Senzorické (organoleptické) vlastnosti vody pôsobia na zmysly človeka, na jeho chuť, čuch, zrak, hmat. Chemicky čistá voda je priehľadná, bezfarebná, bez chuti a zápachu. Farba, zákal, priehľadnosť, pach či chuť poukazujú na chemické zloženie, indikujú prípadné znečistenie a ovplyvňujú využiteľnosť vodného zdroja. Cieľom príspevku je poukázať na význam stanovenia senzorických vlastností vôd a na bezpečnosť práce a ochranu zdravia pri vykonávaní týchto skúšok.

KEŤOVÉ SLOVÁ: voda, farba, zákal, chuť, pach, bezpečnosť

ABSTRACT

Sensory (organoleptic) properties of water influence on the human senses, on his taste, smell, sight, touch. Chemically pure water is clear, colourless, tasteless and odourless. Colour, haze, transparency, smell or taste indicate the chemical composition, indicate potential contamination and affect the usability of the water source. The purpose of the contribution is to point out the importance of determining the organoleptic properties of water and of occupational safety and health when carrying out these tests.

KEY WORDS: Water, colour, haze, taste, smell, safety

RESEARCH TYPE: research paper

JEL classification:

*P28: Natural Resources; Energy; Environment
Q01 - Sustainable Development
Q56 - Environment and Development; Environment and Trade; Sustainability; Environmental Accounts and Accounting; Environmental Equity; Population Growth*

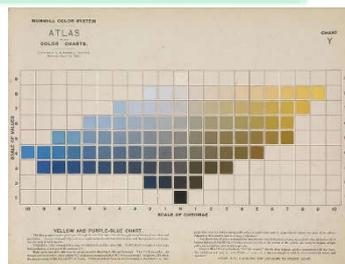
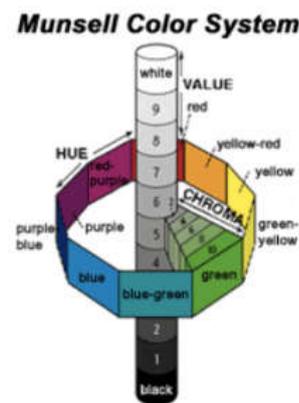
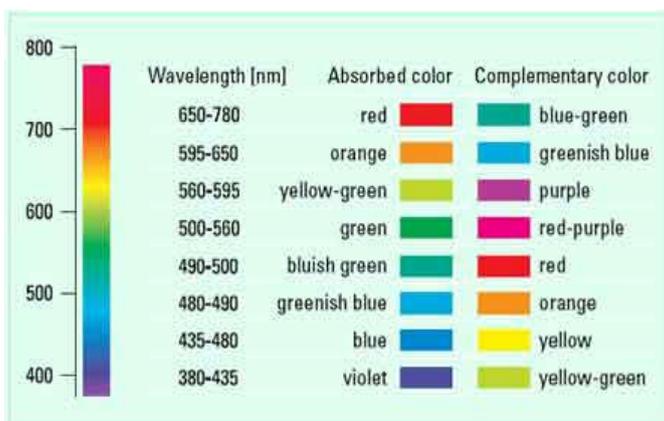
ÚVOD

Organoleptické vlastnosti sú charakteristiky, ktoré je možné hodnotiť ľudskými zmyslami. V tomto zmysle je posudzovanie značne subjektívne, preto sa vždy prevádza skupinovo. Organoleptika je zmyslové posudzovanie, ktoré využíva vnemy na hodnotenie vlastností látok. Využíva najmä vnemy farby, pachu a chuti.

Z fyzikálneho hľadiska **farba** neexistuje. Od rôznych predmetov sa odráža určitá časť spektra žiarenia (presnejšie tá časť bieleho polychromatického žiarenia, ktorá nebola absorbovaná predmetom, vid' Obr. 1), dopadá do oka, kde spôsobí podráždenie čapíkov a vzruch je prenesený do centrálného nervového systému (CNS). Vnem farby je až subjektívne spracovanie farebnej informácie podmienenej vlnovou dĺžkou svetla.

Rozoznávame tzv. skotopické pásmo videnia, čo je pásmo pod prahovou hodnotou osvetlenia. Pri ňom fungujú iba tyčinky a oko farby nevníma. Vo fotopickom pásme videnia naopak prevláda funkcia čapíkov. Úzka časť medzi skotopickým a fotopickým pásmom sa nazýva mezopické pásmo, videnia kedy ešte fungujú oba druhy receptorov, rozoznávame iba modrú a žltú farbu. Ľudské oko je citlivé na svetelné lúče v rozmedzí 380 – 780 nm. Vlnové dĺžky nižšie ako 380 nm pohlcuje šošovka. Viditeľné spektrum pritom predstavuje len určitú menšiu časť celého oboru elektromagnetických vln. Jeho hranice nie sú presne definované, keďže citlivosť ľudského oka sa asymptoticky blíži k nule na oboch koncoch spektra. Ak budeme považovať za hranice vlny, u ktorých klesne citlivosť na 1 % svojej maximálnej hodnoty, dostávame rozsah od 430 nm po 690 nm. Ľudský zrak je však schopný vnímať vlnové dĺžky aj za týmto rozmedzím, pokiaľ je intenzita dostatočne veľká. Naše oči nie sú rovnako citlivé ku všetkým farbám. Za fotopických podmienok je citlivosť maximálna pre farbu o vlnovej dĺžke 555 nm, čo je žltozelená a zodpovedá zhruba stredu viditeľného spektra. V skotopickom pásme však dochádza k posunu citlivosti. Vtedy sa farby líšia len svojim jasom a najjasnejšie sa nášmu oku javia vlnové dĺžky okolo 500 nm teda modrozelená farba. Tento jav dokazuje dvojakú činnosť sietnice: videnie za vyšších a nižších hladín osvetlenia.

Dokážeme rozlíšiť až 160 farieb a niektoré zdroje hovoria dokonca o 600 tisícoch odtieňoch (farby rôznej sýtosti a jas). Pri neporušenom farebnom videní rozoznávame vlnové dĺžky o rozdiel až 1 nm. Máme tri druhy čapíkov, ktorých fotopigment sa líši maximálnou absorpciou v oblasti modrej 440 – 450 nm, zelenej 535 – 555 nm a červenej oblasti 570 – 590 nm. Podráždením len jedného druhu čapíku získavame vnem základnej farby. Podráždením dvoch či dokonca všetkých troch typov vnímame farebné odtiene a bielu až šedú farbu. Čiernu potom získavame, pokiaľ nie je podráždený žiaden z troch druhov čapíkov. Citlivosť oka je pre fialovú a červenú farbu znížená, preto sietnica obsahuje vyšší počet čapíkov s absorpčným maximom v červenej časti spektra. Jeden z najstarších a doteraz najpoužívanejších farebných priestorových systémov zostavil Albert Henry Munsell v roku 1905, ktorý určuje farby na základe troch jednotlivých a nezávislých farebných rozmerov - hue (tón, odtieň), value – lightness (hodnota – svetlosť) a chroma (sýtosť). Farebný tón, odtieň farby je subjektívnym vnemom ľudského zraku. Je určený vlnovou dĺžkou žiarenia dopadajúceho do oka. Vlnová dĺžka je fyzikálnou charakteristikou svetelného žiarenia a presne farbu určuje. Sýtosť dáva obsah bielej, alebo je taktiež možné povedať, že sýtosť farby udáva množstvo bieleho svetla zmiešaného s danou farbou. So znižujúcou sa sýtosťou farba jedného tónu bledne, stáva sa svetlejšia a nakoniec sa stráca v bielej. Z fyzikálneho hľadiska zodpovedá sýtosť čistote farby. Jas závisí na intenzite svetelného zdroja, alebo tiež naopak na absorbujúcej prímеси. Čím máme výkonnejší svetelný zdroj, tým je farba jasnejšia. Pri zvyšovaní intenzity svetla sa tiež mení aj farebný odtieň. Po prekročení maximálnej intenzity vzniká vnem žltobielej farby pre všetky vlnové dĺžky. Jas môžeme tiež definovať ako miešanie farieb s nefarebnou radou (biela – šedá – čierna). Fyzikálne túto charakteristiku popisuje svetelnosť stimulu. Jas okrem iného závisí na vlnovej dĺžke svetelného zdroja.



Obr. 1: Absorbované a doplnkové farby v závislosti od vlnovej dĺžky, princíp Munsellovho systému a farebná škála

U všetkých ľudí je farebné videnie závislé na vonkajších a vnútorných podmienkach. Na jednej strane stojí vonkajšie okolie, ktoré farebný podnet vytvára a na strane druhej náš zrak, ktorý rovnaký podnet vyhodnocuje. Z vonkajších podmienok je dôležité adekvátne osvetlenie, keďže pri nadmernom osvetlení prestávame vnímať farby od krátkovlnného konca spektra. Pri nedostatku svetla je tomu tiež tak, len farby prestávame vidieť v opačnom poradí. Po prekročení určitej prahovej hodnoty sa stáva vnímanie farieb nemožné a dochádza k tzv. fyziologickej monochromázii, všetky farby sa potom javia ako šedé. Farebné videnie sa nelíši iba u rôznych osôb. Je fyziologické, že sa farbocit mení aj u jednej osoby s postupujúcim vekom. Prispieva k tomu predovšetkým postupné odumieranie buniek sietnice. Taktiež šošovka stratou priehľadnosti a žltnutím spôsobuje, že na sietnicu starších osôb dopadá oveľa menej svetla s dojemom žltého filtra. V celkovom pohľade je videnie menej ostré a farby menej výrazné. Farby krátkovlnného konca spektra vnímajú staršie osoby oveľa tmavšie, než ľudia mladšieho veku.

Farebný vnem u ľudí s normálnym farebným videním je ovplyvňovaný mimo základných charakteristík ešte ďalšími faktormi. Kvalita farebného vnemu je daná napríklad veľkosťou stimulu. Ak je jeho veľkosť menšia, než 15 % je farebná odpoveď výrazne znížená. Dôležitá je tiež intenzita stimulu. Musí byť nad prahovou hodnotou, aby sme dokázali farby vôbec vnímať a naopak nesmie dôjsť k oslneniu, kedy sa opäť schopnosť rozlišovania farieb znižuje. Veľkú rolu tiež hrá umiestnenie stimulu na sietnici, čo korešponduje s rozmiestnením svetlocitlivých elementov na nej. Nesmieme tiež zabudnúť ani na aktuálnu úroveň adaptácie sietnice, ktorá súvisí s dobou trvania farebného stimulu. Pokiaľ je oko adaptované na biele svetlo, je citlivosť pre jednotlivé farebné zložky rovnomerne potlačená.

Tab.1 Prahové koncentrácie vybraných látok pre ovplyvnenie organoleptických vlastností vôd

Farba		Pach		Chuť	
Látka	koncentrácia [mg l ⁻¹]	Látka	koncentrácia [mg l ⁻¹]	Látka	koncentrácia [mg l ⁻¹]
alizarín	0,09	acetaldehyd	0,38	aktívny chlór	0,2 – 0,5
anilínová modrá	0,14	benzén	8,0	etylbenzén	0,1
erytrozín	0,045	benzín	0,06 – 0,2	mangán	0,2 – 0,5
fuchsín	0,003	butanol	1,0	meď	1,5 – 4,0
genciánová vilet'	0,035	cyklohexanol	3,5	nitrochlórbenzén	0,05
kryštálová violet'	0,065	dietyléter	0,32	oktanol	0,24
metylénová modrá	0,025	nitrochlórbenzén	1,0	pentanol	0,1
metylénová červená	0,035	oktanol	0,20	sodík	270
neutrálne červená	0,035	pentanol	0,20	styrén	0,80
pikrová kyselina	0,80	fenol	18,0	sulfán	0,001 – 0,05
safranín	0,013	formaldehyd	1,0 – 20,0	zinok	2,0 – 4,0
tionín	0,035	ropa	0,05 – 1,6	železo	0,3 – 1,0

Pach vnímame čuchovými receptormi, ktoré v podobe chlpkov vybiehajú do hornej časti nosnej dutiny, vstrebávajú a analyzujú molekuly vdychovaného vzduchu. Čuchové bunky zvlhčované sekrétom čuchových žliazok sú dráždené plynými látkami vo vdychovanom vzduchu. Tie sa tu rozpúšťajú a až potom je vnem vnímaný. Čuchové nervy vychádzajú z CNS a sú v priamom kontakte s okolitým svetom. Vyhodnotenie vnemu je zložitý proces. Prenesený signál sa porovnáva s tým, čo je uložené v pamäti, čomu sa najviac podobá (vnímame omnoho viac odtiňov vôní, ako zvukov). Človek patrí medzi tzv. mikrosomáty, tzn. živočchy so slabo vyvinutým čuchom (napríklad čuch vlka je asi milión krát lepší). Napriek tomu sme schopní rozlíšiť látky v koncentráciách, ktoré sú bežnými fyzikálnymi a chemickými metódami nezistiteľné (napr. v prípade ružového oleja je to 0,00000002 mg l⁻¹ vzduchu). Človek dokáže rozlíšiť niekoľko tisíc čuchových entít, ale vône a pachy nevieme presne klasifikovať. Tzv. čisté čuchové podnety poskytuje len asi 50 látok, ktoré je možné rozdeliť na vône a pachy: korenéné, kvetinové, ovocné, živicové, hnilobné a spáleninové. Väčšina látok vyvoláva zmiešaný pocit, často spojený s drážením ďalším zmyslom, napríklad chuťových. Človek vníma pach veľmi intenzívne a je aj prostriedkom estetického vyjadrovania, často pach ovplyvňuje emócie človeka. Pach nás upozorňuje na

prítomnosť nebezpečných látok, ktoré môžu ukazovať na nebezpečné látky vo vode, pokazenú potravu, dym z horenia a pod. Medzi vonkajším svetom a našimi pachovými bunkami nie sú žiadne ochranné bariéry, ako je to v prípade očí a uší. Trvalú stratu čuchu môžu spôsobiť výpary niektorých chemických látok (butylénglykol, kyselina benzoová, oxid siričitý, fosforfluoridy a i.) a to aj po jednorázovom pôsobení. Prechodnú stratu čuchu môžu vyvolať napr. sulfán, sírouhlik, kyselina sírová či formaldehyd. Čuch sa veľmi ľahko adaptuje, preto po nejako čase veľmi ľahko začneme znášať aj neprijemné pachy - ak sú všetky čuchové bunky dlhšie vystavené určitému pachu, prestanú vysielat' signály do mozgu.

Chuť je zmysel, prostredníctvom ktorého živočích vníma chemické látky v rozpustenej podobe. Chuť je aj vlastnosť látok vnímaná týmto zmyslom. Analyzátorom sú chuťové bunky, ktoré vytvárajú chuťové poháriky v celom epiteli ústnej dutiny na jazyku, mäkkom podnebí a v hornej časti hltana a na zadnej strane hrtanovej príchlôpky. Oblasť pre prijímanie najčistejších a najintenzívnejších chuťových vnemov je na sliznici jazyka - najviac chuťových pohárikov je po stranách, na hrote a pri koreni jazyka. Rozlišujeme päť základných chutí: sladkú, kyslú, horkú, slanú a umami. Sladkú vnímame najmä na hrote jazyka, kyslú a slanú po stranách a horkú pri koreni jazyka. Človek je asi desaťkrát menej citlivý na chuť ako na pach. Chuť má význam pri reflexnom vylučovaní tráviacich štiav, najmä slín a žalúdočnej a pankreatickej šťavy.

Organoleptické vlastnosti vôd sú najmä farba, zákal, priehľadnosť, pach a chuť. Stanovením organoleptických vlastností vody (senzorickou analýzou) rozumieme hodnotenie vzorky vôd bezprostredne našimi zmyslami, vrátane spracovania výsledku analýzy ľudským CNS. Fyzikálnymi a chemickými metódami je možné stanoviť len tie vlastnosti, ktoré zodpovedajú vonkajším podnetom (vzruchom). Senzorickou analýzou sa stanoví nielen podnety, ale vnemy, pri ktorých sa uplatňuje spracovanie informácie získané zmyslovými receptormi v CNS. Okrem spracovania vzruchu sa uplatňujú aj citové vplyvy a skúsenosť, čo môže viesť k skresleniu alebo spresneniu výsledku. Rovnako, na rozdiel od fyzikálnej a chemickej analýzy je treba zohľadniť vplyv únavy. Fyziologická únava sa prejavuje zníženou citlivosťou zmyslových receptorov a dá sa pomerne ľahko odstrániť krátkou prestávkou v hodnotení. Obťažnejšia je psychická únava, ktorá ovplyvňuje CNS a prejavuje sa hlavne zhoršenou rozlišovacou schopnosťou a znížením kvality hodnotenia. Senzorická analýza má preto prebiehať za takých podmienok, aby bolo zaistené objektívne, presné a reprodukovateľné meranie. Analýza väčšieho radu vzoriek by mala byť prerušovaná časťami prestávokami a celé stanovenie organoleptických vlastností by nemalo trvať viac než 20 – 100 minút v závislosti od skúseností a charakteru skúšok.

FARBA

Farba vody závisí predovšetkým od vlnovej dĺžky neabsorbovaného žiarenia v oblasti viditeľného žiarenia (400 – 760 nm). Čistá voda svetlo neabsorbuje, výnimkou je prechod medzi infračerveným a červeným žiarením - preto v tenkých vrstvách vodu vnímame ako bezfarebnú a vo väčších vrstvách ako svetlomodrú.

Farba vody je spôsobená rozpustnými aj nerozpustnými látkami. Čisté prírodné vody sú obvykle takmer bezfarebné, v hrubších vrstvách blankytné modré. Modrá farba je tým intenzívnejšia, čím menej a menších suspendovaných (nerozpustených látok) voda obsahuje. Vplyvom prítomnosti jemných rozptýlených látok prechádza modrá farba do zelena. Zelenkavú farbu vody tiež spôsobuje vyšší obsah vápenatých iónov. Žltú až hnedú farbu povrchových vôd zas humusové látky (hnedé humínové kyseliny a žlté fulvokyseliny) a zlúčeniny trojmocného železa. Keďže farebnosť zlúčenín železa a mangánu silne závisí od ich oxidačného čísla, do protokolu o stanovení sa uvádza aj pH, Eh a teplota vzorky vody. Farba odpadových vôd môže mať rôzne odtiene. Hnedo zafarbené sú fenolové odpadové vody (polyfenoly), typicky tmavo zafarbené boli vody z výroby celulózy sulfátovým spôsobom. Medzi ďalšie výroby, ktoré môžu mať vplyv na farbu vody patrí textilný priemysel, farbiarne alebo výroba farieb. Niektoré farbivá môžu podliehať oxidačno – redukčným reakciám vedúcim k zmene zafarbenia. Napríklad metylénová modrá sa v anaeróbných podmienkach mení z modrej na bezfarebnú.

Rozlišuje sa skutočná farba vody spôsobená farebnosťou rozpustených látok od zdanlivej farby, ktorá je spôsobená farebnosťou nerozpustných látok. Napríklad, eutrofizované vody vo väčšine prípadov majú charakteristické zelenomodré až zelené zafarbenie, ktoré dávajú vode viaceré druhy siníc (napr. *Microcystis ichthyoblabe*, *Aphanizomenon gracile*, *Raphidiopsis mediterranea*, *Aphanocapsa delicatissima*) a rias (napr. rozsievky *Stephanodiscus binderanus* a *Cyclostephanos invisitatus*, kolóniové zelené riasy *Golenkiniopsis longiseta*, *Chlorangiopsis flos-aquae*). Vhodnými metódami (filtráciou alebo odstredením) je možné ich odstránenie.



Obr. 2: Porovnávací farebná škála, Nesslerove valce, laboratórny a prenosný kolorimeter

Farba sa stanovuje podľa možnosti ihneď pri odbere skupinou posudzovateľov (najmenej tri osoby) v pôvodnej vzorke bez filtrácie alebo odstredenia. Vzorky sa odoberajú do Nesslerových sklenených fliaš s objemom 1000 ml, v rozptýlenom svetle sa proti bielu pozadiu určí intenzita a odtieň farby. Vyjadrenie výsledkov je slovné: intenzita – žiadna, bledá, svetlá, tmavá (kvantitatívna stupnica) a odtieň – žiadny, žltkasto-hnedá, okrová, žltá, svetlohnedá, žltozelená, zelenkavá, hnedá, iná (kvalitatívna stupnica).

Niekedy sa využíva farebná škála (použitím farebných atlasov alebo roztokov) a odtieň sa určí komparáciou. Novšie metódy využívajú kolorimetrické stanovenie kolorimetrami. V prefiltrovanej vzorke je možné využiť aj laboratórne alebo prenosné spektrofotometre. Tieto merajú buď celé spektrum vo viditeľnej oblasti (cca 330 – 780 nm) s matematickým spracovaním nameraného spektra a číselným vyjadrením farebného odtieňu vody, alebo meraním pri troch špecifických vlnových dĺžkach. Absorbancia pri vlnovej dĺžke 432 nm sa stanovuje vždy. V prípade hodnotenia farby povrchovej vody, ktorá obsahuje len humínové látky prírodného pôvodu (napríklad vody z rašelinísk) postačuje stanoviť túto hodnotu. Ďalšími dvoma vlnovými dĺžkami sú 525 nm a 620 nm. V prípade odpadových vôd je možné merať absorbanciu pri takej vlnovej dĺžke, ktorá zodpovedá absorpčnému maximu vzorky zistenému zmeraním celého spektra vo viditeľnej oblasti. Spektrálny absorpčný koeficient (absorbancia na jednotkovú dĺžku) pre použitú vlnovú dĺžku sa vypočíta zo vzťahu:

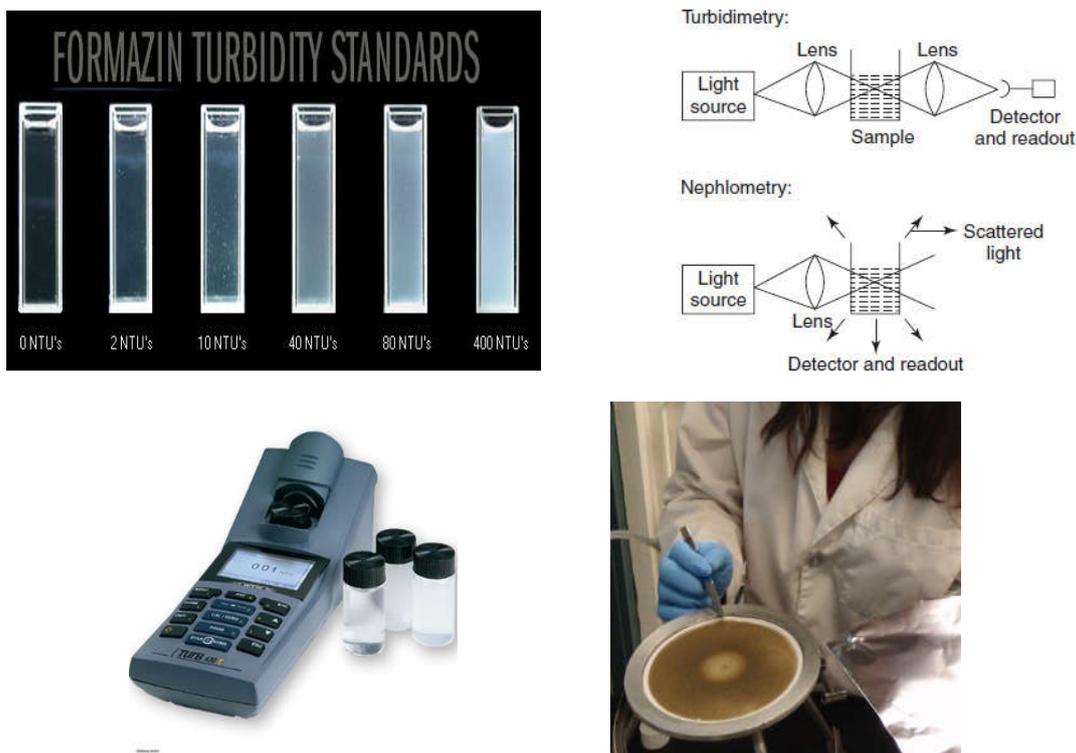
$$\alpha = \frac{A(\lambda)}{d} \times f$$

kde $\alpha(\lambda)$ je spektrálny absorpčný koeficient pre danú vlnovú dĺžku λ v m^{-1} , $A(\lambda)$ je absorbancia vzorky vody pri vlnovej dĺžke λ , d je optická dráha kvety v cm a f je koeficient prevádzajúci spektrálny absorpčný koeficient na recipročný meter (pre kvetu s optickou dráhou udanou v cm $f=100$). Výsledky sa udávajú v m^{-1} s prihliadnutím k prípadnému riedeniu a zaokrúhľuje sa na 0,1 m^{-1} .

V prítomnosti vyššieho obsahu humínových látok sa farba stanovuje kolorimetricky pomocou Pt štandardov (zmes chloroplaticitanu draselného a chloridu kobaltnatého alebo zmes dichrómanu draselného a síranu kobaltnatého), výsledná hodnota je v tzv. Pt jednotkách (pohybuje sa od niekoľko jednotiek až po sto Pt jednotiek mg l^{-1}). Stanovenie farby porovnaním s roztokom chloroplaticitanu draselného a chloridu kobaltnatého je možné vykonať aj spektrofotometricky pri vlnovej dĺžke 420 nm s použitím kalibračného grafu.

ZÁKAL

Zákal vody je zníženie priehľadnosti vody spôsobené nerozpustnými a koloidnými látkami anorganického a organického charakteru. Môže byť prirodzeného, alebo antropogenného 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.



Obr. 3: Porovnávacía škála pre stanovenie zákalu, princíp turbidimetra a nefelometria, prenosný turbidimeter, filter so zákalotvornými látkami po filtrácii vzorky vody určený pre gravimetrické stanovenie

Zákal sa stanovuje pri pitných, povrchových aj odpadových vodách. Často sa kombinuje s hodnotením priehľadnosti vody. Stanovuje sa ihneď po odbere, alebo sa vzorka uchová v chlade a tme stanovísa do maximálne 24 h po intenzívnom premiešaní. Najjednoduchšie sa zákal hodnotí subjektívne v porovnaní so štandardnou škálou ako veľmi slabý, zreteľný a veľmi silný. Pre presnejšie stanovenie sa používajú spektrofotometrické metódy:

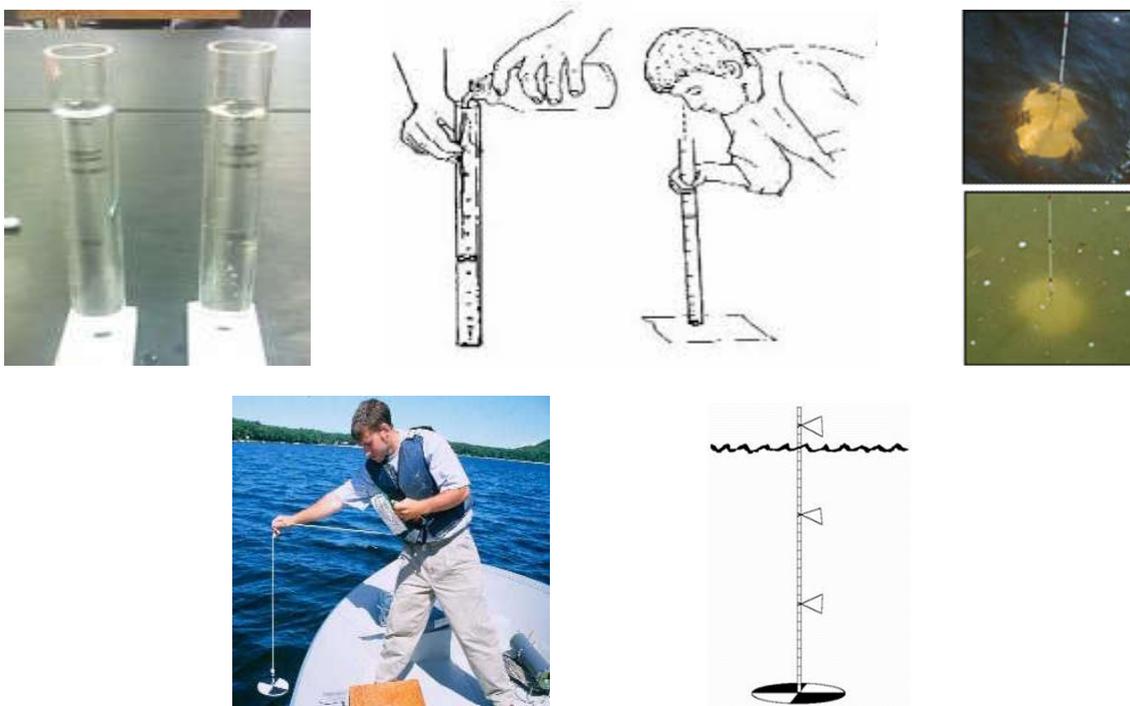
- turbidimetria - metóda založená na meraní koeficientu spektrálneho útlmu žiarenia. Princíp stanovenia je postavený na porovnaní zákalu vzorky a štandardnej formazínovej suspenzie v 1 cm kyvete pri 860 nm. Riedením formazínovej suspenzie (pripravuje sa reakciou síranu hydrazínu a hexametyléntetramínu) sa pripraví roztoky s definovaným zákalom v jednotkách ZF (1 ZF alebo 1 NTU – Nephelometric Turbidity Units zodpovedá už nepoužívanej jednotke 1 mg SiO₂ v 1 litri vody). Z hodnôt ZF kalibračných suspenzií a im nameraných hodnôt absorbancií sa pomocou lineárnej regresie vypočítajú parametre kalibračnej krivky. Metóda je vhodná pre meranie zákalu od 1 do 40 ZF (vzhľadom na molekulárny rozptyl žiarenia nie je možné získať hodnotu zákalu 0). Používa sa pre všetky typy vôd.
- nefelometria - je založená na meraní spektrálneho rozptylového koeficientu. Využíva sa meranie intenzity Tyndallovho javu spôsobeného koloidnými častočkami. Výsledok však ovplyvňuje uhol lúčov, preto sa odporúča pozorovací uhol 125° až 145°. Ako štandard sa analogicky ako v predchádzajúcom prípade využíva formazínová suspenzia. Metóda je vhodnejšia pre viac zakalené odpadové vody.

Stanovenie je možné vykonať aj na bežnom laboratórnom spektrofotometri s kyvetami s dlhšou optickou dráhou pri vlnovej dĺžke 560 nm oproti destilovanej vode. Ako štandard pre zostavenie kalibračnej krivky sa využíva formazínová suspenzia.

Pre veľmi presné stanovenie zákalu sa vzorka už v teréne filtruje cez membránový filter 0,45 µm (najčastejšie v prenosnom filtračnom zariadení s ručnou vákuovou pumpou) a obsah nerozpustných látok sa stanoví gravimetricky.

PRIEHĽADNOSŤ

Priehľadnosť vody závisí od jej farby a zákalu. Stanovuje sa v povrchových a odpadových vodách. Je to jedna z významných fyzikálnych vlastností ovplyvňujúcich množstvo prenikajúceho svetla vodným stĺpcom vodného útvaru. Je to veľmi významná hydrobiologická vlastnosť - na priepustnosti vody pre svetlo závisí hĺbka tzv. kompenzačného bodu fotosyntézy, pri ktorom sa intenzita fotosyntézy vyrovná intenzite jeho dýchania (merané produkciou a spotrebou kyslíka). Rôzne nádrže a toky majú odlišnú priehľadnosť. Recipienty chudobné na živiny a s malou produkciou organickej hmoty, ako sú tatranské, alpské a škandinávске jazerá dosahujú priehľadnosť 15 až 20 m. V zime býva priehľadnosť väčšia ako v lete, kedy je ovplyvňovaná predovšetkým intenzitou rozvoja fytoplanktónu (vegetačný zákal).



Obr. 4: Laboratórne stanovenie priehľadnosti Snellovou metódou a terénne stanovenie Secchiho doskou

Pre stanovenie priehľadnosti sa používajú semikvantitatívne metódy. Stanovenie poskytuje len hrubú informáciu o vlastnostiach vody a spravidla sa dopĺňa stanovením farby a zákalu. Používajú sa dve metódy:

- Snellova metóda používajúca trubicu (vhodná pre čisté a málo znečistené vody) – cez vodný stĺpec sa odčíta veľkosť čierneho písma alebo skúšobnej značky na bielom podklade. Trubica je 60 cm dlhá s priemerom 2,5 cm a vyznačeným delením po 1 cm, pred bočným svetlom chránená krytom. Trubica sa naplní skúšanou vzorkou, ktorá sa postupne odpúšťa dovtedy, dokiaľ nie je pásmo alebo značka jasne čitateľné. Výška vodného stĺpca sa udáva s presnosťou na najbližší centimeter. Písmo alebo značka musí byť osvetlené nepriamym denným svetlom.
- metóda používajúca Secchiho dosku (vhodná na povrchové vody) – doska v tvare kotúča alebo štvorca s priemerom 20 – 30 cm, ktorá sa na závesnom lanku spúšťa do vodného útvaru vyrobená z bronzu, potiahnutá bielym plastom a prevŕtaná šiestimi otvormi. Sleduje sa hĺbka, pri ktorej sa stratí ostré rozhranie

medzi čiernym a bielym poľom. Výsledok sa vyjadruje v centimetroch na dve platné číslice. Pri ponáraní dosky je nutné eliminovať zrkadlenie vodnej hladiny.

PACH

Pach a chuť sú organoleptické vlastnosti vody, ktoré môžu nepriaznivo ovplyvniť hodnotenie akosti vody, preto je ich stanovenie neoddeliteľnou súčasťou základného rozboru pitnej vody. V prípade havárií ohrozujúcich kvalitu vôd môže upozorniť analytické laboratórium na rozsah požadovaných analýz ako aj usmerniť hľadanie zdroja znečistenia. Pach vody je spôsobený prchavými pachotvornými látkami. Rozoznávame:

- Primárny pach - primárne zdroje pachu sú látky tvoriace prirodzenú súčasť vody (s organickou hmotou v bezkyslíkatom prostredí alebo vulkanickou činnosťou sa spájajú aj emanácie sulfánu H_2S , ktorý má charakteristický zápach po skazených vajciach), látky biologického pôvodu (vznikajú životnou činnosťou alebo odumieraním rastlín, rias, plesní, baktérií, húb, prvokov) a látky obsiahnuté v splaškových a priemyselných odpadových vodách. Niektoré druhy organizmov produkujú špecifické pachy, napr. po uhorkách (*Synura sp.*), pelargóniách (*Asterionella sp.*), fialkách (*Mallomonas sp.*), rybách (*Uroglenopsis sp.* a *Dinobryon sp.*) a i. Nepríjemný zápach môžu spôsobiť aj organické prímеси, prípadne olej, nafta a pod. Znečistenie odpadových vôd sa prejavuje vlastným pachom odpadovej vody alebo aj produktmi rozkladných produktov hnilobnosti (sulfán, indol, skatol). Typickým zápachom odpadových vôd zo sídlisk, je zmes fekálnych pachov a pachov z rozkladu tukov, bielkovín, mydiel a pod. Odpadové vody z potravinárskeho a chemického priemyslu sa prejavujú pachom podľa druhu výroby (napr. po fenole, po organických rozpúšťadlách).
- Sekundárny pach môže získať voda v priebehu jej technologickej úpravy (napr. chloráciou vody v prítomnosti fenolov vzniká vo vode typický chlór-fenolový zápach).



Obr. 5: Stanovenie pachu a chuti

Pri terénnom stanovení si treba uvedomiť, že na šírenie pachotvorných látok vplyva aj počasie, teplota, vlhkosť, zrážky a vietor. Pri vyšších teplotách alebo nižšom atmosférickom tlaku dochádza k vyššiemu uvoľňovaniu pachotvorných látok, ktoré sú potom intenzívnejšie vnímané. Najhorší je inverzný charakter počasia. Rovnako treba zaznamenať pH a redoxný potenciál vzorky vody. Vplyv hodnoty pH spočíva v posune protolytickej rovnováhy v prospech, či neprospech organolepticky závadnej formy pri zachovaní celkovej koncentrácie. Napríklad, sulfán H_2S je organolepticky závadný, na rozdiel od jeho iónových foriem HS^- a S^{2-} , ktoré nevadia. Analogicky je to v prípade chlóru a chloridov.

Pach prírodných vôd sa obvykle stanovuje priamo na mieste odberu (minimálne traja pracovníci) alebo v laboratóriu pri teplote 20 – 60 °C čo najskôr po odbere skupinou posudzovateľov (8 - 12 zaučených, alebo 20 – 30 nezaučených osôb). Každý posudzovateľ vzorkovnicu dôkladne pretrasie, odstráni zátku. Ak po otvorení

flaše necíti pach, alebo je pre identifikáciu príliš slabý, rukou ho najprv opatrne odvanie, potom prípadne privanie aak ani to nestačí, môže opatrne ovoňať zátku a až v krajnom prípade sa môže nosom nakloniť ku vzorkovnici. Pach sa najintenzívnejšie prejavuje v blízkosti teploty varu vody. Slovné sa zhodnotí intenzita (kvantitatívna stupnica, Tab. 2) a druh pachu (kvalitatívna stupnica - čo roztok pripomína, napr. fenolový, chlóróv, plesňový, zatuchlý, zemitý, lekárske, po chemikáliách, po rybách, neidentifikovateľný pach a pod.). Pri vzorkách, ktoré intenzívne páchnu (odpadové vody, niektoré minerálne vody), sa vzorka pred čuchovou skúškou riedi. Vzorky chlóróvanej vody sa pred skúšaním dechlórujú tak, že na každý mg l⁻¹ chlóru sa pridá 2 mg l⁻¹ tiosíranu sodného v koncentrácii 2,5 ± 0,1 g l⁻¹. Sulfán sa eliminuje prídavkom niekoľkých kvapiek 10 % octanu kademnatého.

Prahové číslo pachu TON (threshold odour number) vyjadruje koncentráciu jednotlivých pachotvorných zlúčenín, pri ktorej je ich vplyv ešte postihnuteľný. Stanovenie sa realizuje na základe subjektívneho hodnotenia skupiny posudzovateľov, ktorá podudzuje v rôznom pomere nariadené vzorky vody v porovnaní so slepou vzorkou. Slepá vzorka má byť chemickým zložením čo najbližšie zloženiu skúšanej vzorky. Pach slepej vzorky sa odstráni pomalým prietokom vody (do 30 l h⁻¹) cez kolónu z aktívneho uhlia. Prvý podiel zodpovedajúci asi trojnásobku objemu kolóny sa odstráni. Pripraví sa v deň použitia a musí byť mikrobiologicky neškodná.

Objektívne stanovenie pachu je postavené na analytickom stanovení pachotvorných látok, najmä chromatografickými metódami (napr. GC MS s headspace samplerom). Pre stanovenie konkrétnych pachotvorných látok sa používajú aj jednoúčelové analyzátory (napríklad analyzátor sulfánu), ktoré využívajú rôzne analytické metódy stanovenia.

Tab. 2: Intenzita pachu

	Slovná charakteristika	Prejav zápachu
0.	Nijaký	Zápach nie je možné zistiť
I.	Veľmi slabý	Zápach nezistí spotrebiteľ, ale môže ho zistiť odborník
II.	Slabý	Zápach zistí spotrebiteľ, pokiaľ je naň upozornený
III.	Badateľný	Zápach môžeme zistiť
IV.	Zreteľný	Zápach vzbudzuje pozornosť a tým aj nechut' vodu požívať
V.	Veľmi silný	Zápach je tak silný, že sa voda stáva nevhodnou k pitiu

CHUŤ

Pitná voda by mala byť bez chuti. Chuťové vlastnosti vody sú podmienené prítomnosťou a kombináciou látok, ktoré majú špecifickú chuť. Prímerané množstvo solí a prítomnosť voľného oxidu uhličitého dodáva vode osviežujúcu príchuť. Vyšší obsah niektorých solí pôsobí nepriaznivo. Všeobecne sa vody s celkovou mineralizáciou pod 75 mg l⁻¹ považujú za nevhodné, okolo 200 mg l⁻¹ priaznivé, nad 500 mg l⁻¹ nepriaznivé a nad 800 mg l⁻¹ ich považujeme za chuťovo závadné. 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 oxid uhličitý vo vyššej koncentrácii môže maskovať nepríjemné chuťové vnemy. Najvhodnejšie pH pitnej vody je v rozmedzí 6,5 až 7,5. Pri hodnotách nad 8 získava voda lúhovito-mydlvú chuť. Prahové koncentrácie chuti viacerých organických látok sú v mnohých prípadoch nižšie než ich najvyššie prípustné koncentrácie z hľadiska toxicity.

Tab. 3: Intenzita chuti

	Slovný popis
0	Žiadna intenzita
1	Sotva znateľná intenzita na jazyku po vyprázdnení úst
2	Znateľná intenzita bez doznievania po vyprázdnení úst
3	Dobre znateľná intenzita s krátkym i dlhým doznievaním po vyprázdnení úst
4	Silná intenzita v celej ústnej dutine so silným a dlhým doznievaním po vyprázdnení úst
5	Extrémna intenzita v celej ústnej dutine s veľmi silným až bolestivým vnemom, ktorý okamžite otupí schopnosť receptorov

Chuť sa stanovuje skupinovo (minimálne traja posudzovatelia), až po mikrobiologickom vyšetrení a overení neprítomnosti toxických látok.

Vykonávanie chuťovej skúšky v teréne je preto obmedzené prakticky len na zdroje pitných a minerálnych vôd.

Pozorovatelia musia mať dostatočné chuťové schopnosti (nesmú byť otupené napr. fajčením, požitím korených jedál alebo alkoholických nápojov) a musia byť zdraví (niektoré choroby a lieky môžu pozmeniť vnem chuti). Vzorka sa naleje do úst, niekoľko sekúnd sa ochutnáva na jazyku a potom sa z úst vypustí. Nikdy sa neprehltá. Hodnotí sa slovnou intenzitou chuti (kvantitatívna stupnica, Tab. 3) a druh chuti (kvalitatívna stupnica, napr. slaná, sladká, kyslá, horká, trpká, kovová, zemitá, plesňová a pod.) pri pôvodnej teplote 18 až 20 °C.

Intenzita chuťových vnemov s teplotou klesá. Prahové číslo chuti TFN (threshold flavour number) vyjadruje koncentráciu jednotlivých chuťotvorných zlúčenín, pri ktorej je ich vplyv ešte postihnuteľný. Stanovuje sa analogicky ako TON.

BOZP PRI STANOVENÍ ORGANOLEPTICKÝCH VLASTNOSTÍ VÔD

Vzorky vôd sa odoberajú pri rozmanitých podmienkach a preto sa personál vykonávajúci terénne stanovenie senzorickej vlastnosti môže stretnúť s rizikom rôzneho charakteru, ktoré môže ohroziť jeho bezpečnosť a zdravie.

Postup odberu, prípravy, uchovávanía a prepravy vzoriek musí zodpovedať požiadavkám bezpečnosti a hygieny práce a zodpovedajúcim záväzným predpisom a právnym úpravám.

- Dôležitou podmienkou bezpečnosti je dostupnosť k miestam odberu vzoriek. Ak dané miesto nezodpovedá tomuto kritériu, je potrebné ho zo zoznamu miest vzorkovania vyradiť. Rovnaké kritérium platí aj pre miesto na ktorom sa v teréne vykonávajú senzorickej skúšky.
- Pri odbere vzoriek z mosta hrozí pád do vody, zo šikmého brehu a pri vykonávaní senzorickej analýzy hrozí pošmyknutie a pád do vody, ak je silný prúd, uchytenie prúdom a v najhoršom prípade až utopenie. Ak je breh blatistý, hrozí pošmyknutie a pád na brehu. Ak sa vzorky pre senzorickej analýzy odoberajú brodením, hrozí pri tom našliapanie do mäkkého bahna, našliapanie na plávajúce piesky, pád do jamy, alebo unesenie prúdom a v najhoršom prípade utopenie. Pri odbere je potrebné bezpečnostné lano ukotvené na brehu, teleskopická tyč, prípadne až záchranná vesta. Odber vzoriek musia vykonávať minimálne dvaja pracovníci.
- Pri nevhodných meteorologických podmienkach hrozí prechladnutie. Jedná sa o príležitostnú udalosť, ktorej následky môžu byť zanedbateľné. Personál zabezpečujúci terénne práce musí byť dobre oboznámený s meteorologickými a dopravnými podmienkami ako aj stave vôd, musí byť vybavený OOPP proti chladu a dažďu.
- Ak voda obsahuje chemické látky, baktérie a vírusy, hrozí intoxikácia chemickými látkami, infekcia a ochorenie prenosným ochorením. Jedná sa o pravdepodobnú udalosť, ktorej následky môžu byť kritické. Sú potrebné pravidelné školenia, OOPP - rukavice, rúška, okuliare.
- Pri stanovení farby a zákalu prenosnými zariadeniami okrem vyššie uvedených nehrozia významné riziká.
- Pri stanovení priehľadnosti z člna hrozí prevrhnutie a v najhoršom prípade utopenie. V člne musia byť aspoň dvaja ľudia vybavení záchrannými vestami. Je nutné dodržiavať pravidlá lodnej dopravy pre daný typ toku a vodnej nádrže. Pre odber vzoriek / stanovenie priehľadnosti Secchiho doskou je dôležitá dostatočná stabilita člna (navíjacie zariadenie sa umiestňuje na bok lode, všetka manipulácia so zariadením sa uskutočňuje na boku lode). Zásadne sa pracuje na ukotvovej lodi, čo zaručuje stabilitu pri manipulácii s odberovým zariadením.
- Pri stanovení pachu je treba byť zvlášť opatrný. Koncentrovaný zápach môže vyvolať nevoľnosť. Sulfán alebo ropné látky sú vo vyšších koncentráciách toxické. V prípade nevoľnosti alebo straty vedomia je potrebné postihnúť osobu prepraviť na miesto s dostatočným prísunom čerstvého vzduchu a prípadne poskytnúť prvú pomoc. Terénne stanovenie musia vykonávať minimálne dvaja pracovníci.
- Pri stanovení chuti je terénne stanovenie možné len na overených zdrojoch pitnej vody. Najvhodnejšie je vzorku vody ešte pred chuťovou skúškou analyzovať pachom, keďže pach by mohol byť primárnym upozornením na prítomnosť nebezpečnej látky.

Počas prepravy a skladovania vzoriek je nevyhnutné narábať s nimi so zvýšenou opatrnosťou a používať osobné ochranné pracovné prostriedky.

- Najvýznamnejším rizikom pri preprave vzoriek je možnosť vzniku nehody. Dôležitou požiadavkou je úplná funkčnosť vozidla použitého na transport a tiež musí byť vybavené povinnou výbavou. Počas prepravy vzoriek je nevyhnutné dodržiavať zásady BOZP.
- Aby nedochádzalo k zmene vlastností vzoriek vplyvom vysokej alebo nízkej okolitej teploty, musia byť všetky vzorky za zvýšenej teploty chladené vetraním. Naopak, pri veľmi nízkej okolitej teplote musia byť vzorky chránené udržiavaním primerane teplého stálega prostredia.
- Pád alebo poškodenie vzorkovnice môže spôsobiť znehodnotenie vzorky, kontamináciu prostredia alebo ohrozenie zdravia možným poranením. Všetky nádoby je nutné pred transportom očistiť. Ak dôjde ku kontaminácii okolitého prostredia prevážanou látkou, treba zasiahnuté prostredie dekontaminovať použitím predpísaného činidla, ktoré dokáže látku úplne rozložiť alebo ju dokáže rozložiť na menej nebezpečné produkty.
- Pri poškodení vzorkovnice a následnom poranení treba dbať na dodržanie zásad prvej pomoci a pri rezných poraneniach vykonať dezinfekciu poraneného miesta proti novej infekcii zo vzorky. Pri závažnejšom zranení treba vyhľadať odbornú lekársku pomoc.

Pri laboratórnych stanoveniach senzorickej vlastností vôd platia všeobecné pravidlá pre prácu v chemických laboratóriách bezpečnostné pravidlá pre jednotlivé pracovné postupy.

ZÁVER

Stanovenie organoleptických (senzorickej) vlastností vôd patrí medzi neodmysliteľné a nezameniteľné súčasti kvalitného rozboru vôd. Fyzikálnymi a chemickými analytickými metódami je možné stanoviť len tie vlastnosti, ktoré zodpovedajú ľudským vonkajším podnetom. Stanovením organoleptických vlastností rozumieme nielen hodnotenie vzorky vôd bezprostredne našimi zmyslami, ale aj spracovanie výsledku analýzy ľudským centrálnym nervovým systémom. Farba, zákal, priehľadnosť, pach či chuť poukazujú na chemické zloženie, indikujú prípadné znečistenie a ovplyvňujú využiteľnosť vodného zdroja. V príspevku sú uvedené najdôležitejšie zásady tzv. senzorickej analýzy, sú tu načrtnuté ohrozenia posudzovateľova opatrenia na elimináciu rizík.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] HINDÁK, F. a HINDÁKOVÁ, A. 2010: Cyanobaktérie a riasy malej eutrofnej vodnej nádrže v Modre. Bull. Slov. Bot. Spoločn., Bratislava, roč. 32, č. 2: 129–135
- [2] HORÁKOVÁ, M, LINSCHKE, P. a GRÜNWARD, A. 1986: Chemické a fyzikální metody analýzy vod. SNTL, Praha. 392 s.
- [3] HORÁKOVÁ, M. 2003: Analýza vody. 2 vyd. Vydavatelství VSCHT Praha, 335 s. ISBN 80-7080-520-X
- [4] KOPP, R. 2015: Hydrochemie nejen pro rybáře. Mendelova univerzita, Brno, 120 s. ISBN 978-7509-352-3
- [5] KRZYZANKOVA, V. 2017: Co je to pach a jak funguje. Manuskript.
- [6] PITTEK, P. 1999: Hydrochemie. Vydavatelství VSCHT Praha. Druhé vydání. 568 s. ISBN 80-03-00525-6
- [7] PITTEK, P. a kol. 1987: Hydrochemické tabulky. SNTL Praha. 320 s.
- [8] POKORNÝ, J., VALENTOVÁ, H. a PANOVSÁ, Z. 1999: Sensorická analýza potravin. Vydavatelství VSCHT Praha. 62 s. ISBN, 978-80-7080-278-6
- [9] Farebné vnímanie [cit. 12.01.2017] <http://www.videnie.sk/choroby-oka/farboslepost/32-farebne-videnie>

ADRESY AUTOROV

RNDr. Maroš SIROTIK, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Ulica Jána Bottu č. 2781/25, 917 24 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >maros.sirotiak@stuba.sk<

Ing. Lenka BLINOVÁ, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Ulica Jána Bottu č. 2781/25, 917 24 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >lenka.blinova@stuba.sk<

Ing. Alica BARTOŠOVÁ, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Ulica Jána Bottu č. 2781/25, 917 24 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >alica.bartosova@stuba.sk<

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

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