

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**  
KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍHO  
MODELOVÁNÍ



**VODNÍ DÍLO ŠVIHOV – VÝVOJ JAKOSTI VODY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Autor práce: Dominika Nováčková

Vedoucí práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.

©2020 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Dominika Nováčková

Krajinářství  
Územní technická a správní služba

Název práce

**Vodní dílo Švihov – vývoj jakosti vody**

Název anglicky

**Waterworks Švihov – development of water quality**

---

### Cíle práce

Popsat vodní dílo Švihov. Rozebrat problematiku změn kvality vody z hlediska zatřídění vodního toku dle ČSN 75 7221 a dle vyhlášky 252/2004 Sb. Výsledky zpracovat a vyhodnotit ve formě tabulek grafů.

### Metodika

Práce bude rozdělena na tyto základní části:

1. Úvod
2. Cíle bakalářské práce
3. Literární rešerše
4. Metodika
5. Historie Vodního díla
6. Popis vodního díla
7. Vývoj jakosti vody
8. Diskuze
9. Závěr
10. Použitá literatura
11. Přílohy

**Doporučený rozsah práce**

cca 40 stran

**Klíčová slova**

vodní dílo, jakost vody, odběr vzorků

---

**Doporučené zdroje informací**

BLECHOVÁ, Kristýna a Pavel HOLUB. Život v povodí Želivky na počátku 20. století očima učitelů. 2019, 466 s. ISBN 978-80-7415-183-5.

CHLUM, Antonín. Vodní dílo Želivka. 1974, 306 s.

Jiří Šlehuber – Pojdte se mnou do našich Dolních i Horních Kralovic, 2002

KVÍTEK, Tomáš: Retence a jakost vody v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce. Praha, 2017, 272 s. ISBN 978-80-270-2488-9

MÁCHA, Jaroslav: Želivka tunelem do Prahy. 1972, 217 s.

PITTER, Pavel. Hydrochemie. 5. aktualizované a doplněné vyd. Praha: VŠCHT, 2015. 792 s. ISBN 978-80-7080-928-0.

PLEVA, František. Želivka: naše řeka. Pelhřimov, 2003, 275 s. ISBN 80-86559-22-X.

RNDr. Eduard Doubek – Dolní Kralovice, 1975

SYNÁČKOVÁ, Marcela. Čistota vod. Dotisk 1. vyd. Praha: ČVUT, 1996. 208 s. Učební texty VŠ, ČVUT – fak. stavební. ISBN 80-01-01083-X.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2019/20 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

---

Elektronicky schváleno dne 16. 12. 2019

**doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 17. 12. 2019

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 25. 02. 2020

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Vodní dílo Švihov – vývoj jakosti vody pod vedením paní Ing. Marcely Synáčkové, CSc., vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Kutné Hoře dne 31.3.2020

---

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala paní Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za ochotu vést mou bakalářskou práci, za její čas, cenné rady a připomínky.

Dále bych ráda poděkovala státnímu podniku Povodí Vltavy, za poskytnutí veškerých dat, které ke svojí bakalářské práci mohu použít.

Poděkování patří i mé rodině, která mi po celou dobu mého studia věřila a podporovala mě.

# **Vodní dílo Švihov – vývoj jakosti vody**

## **Abstrakt**

Vodní nádrže jsou důležitou součástí dnešní civilizace. Vodní nádrže potřebujeme z pohledu pitné vody, udržení fauny a flóry nebo výrobu elektrické energie z vody. Budu se věnovat historii vodního plánování, statistikou spotřeby vody, čistotou a kvalitou pitné vody a také jednotlivými fyzikálně-chemickými ukazateli, které v praktické části využiji.

Hlavním předmětem mé bakalářské práce je analyzovat vývoj jakosti vody ve vodní nádrži Švihov za období 2014-2018, kde budu popisovat jednotlivé základní ukazatele a data, které mi byly poskytnuty od Povodí Vltavy.

Cílem mé práce je vyhodnotit a porovnat data s ČSN 75 7221 a vyhláškou pro pitnou vodu č. 252/2004 Sb.

## **Klíčová slova:**

vodní dílo, vodní nádrž, Želivka, Švihov, kvalita vody

---

# **Waterwork Švihov – development of water quality**

## **Abstract**

Waterworks are important part of our civilization. We use waterworks as a resource of drinking water, sustainable fauna and flora or to produce electricity from the water sources. I'm going to write down the history of water planning, statistics of water consumption, purification and quality of drinkable water. Also I will describe the physicochemical indicators which I will use in practical part.

The main subject of my bachelor thesis is to analyse the water quality development in waterwork Švihov for the period of 2014-2018. I will describe each indicator and data, which I will receive from Povodí Vltava.

The goal of my thesis is to evaluate and compare data with Czech technical standard 75 7221 and with decree for drinking water number 252/2004 Sb.

## **Keywords:**

waterwork, water tank, Želivka, Švihov, waterquality

## Obsah

1. Úvod.....	8
2. Cíle práce .....	10
3. Literární rešerše .....	11
3.1. Historie plánování vodního hospodářství.....	11
3.2. Historie a současnost provozu pražských vodáren a jejich konstrukce.....	12
3.3. Spotřeba pitné vody .....	13
3.4. Statistika spotřeby vody za rok 2018 .....	14
3.5. Čistota vody.....	16
3.6. Fyzikálně chemické ukazatele pitné vody.....	19
3.7. Kvalita pitné vody .....	23
3.8. Přehradní nádrže.....	24
4. Metodika .....	27
5. Vodní dílo Švihov.....	28
5.1. Historie výstavby.....	28
5.2. Parametry nádrže .....	29
5.3. Ochranná pásma vodního zdroje .....	31
5.4. Vodojem Jesenice.....	32
5.5. Úpravna vody .....	32
5.6. Zatopené oblasti .....	33
6. Kvalita surové vody.....	33
6.1. Vývoj jakosti vody od napuštění nádrže .....	34
6.2. Teplota.....	37
6.3. Průhlednost.....	39
6.4. CHSK (Chemická spotřeba kyslíku).....	40
6.5. Fosfor.....	41
7. Diskuze .....	44
8. Závěr .....	47
9. Seznam použitých zdrojů.....	48
9.1. Seznam použité literatury .....	48
9.2. Seznam internetových zdrojů .....	49
9.3. Seznam zákonů, vyhlášek a norem.....	51
10. Seznam obrázků, grafů a tabulek .....	51
10.1. Seznam obrázků.....	51
10.2. Seznam grafů .....	52

10.3.	Seznam tabulek .....	52
11.	Přílohy .....	53
	Celosvětový výzkum ve školách zaměřený na vodu, hygienické zařízení a hygienu .....	53



## 1. Úvod

Voda je základ života. Už na základní škole jsme se učili, že ke správnému fungování fotosyntézy je potřeba právě voda. Spolu se vzduchem tvoří základní podmínku existence života na Zemi. 97 % vody na Zemi tvoří slaná voda, 3 % tvoří sladká voda. Do sladké vody patří řeky, jezera, ledovce nebo podzemní voda. Mrak se sladkou vodou se tvoří v průměru 10 dní. (Cirman, 1993)

V dnešní době si život bez vody ani nedokážeme představit. Lidé, organismy, živočichové, všichni jsme na ní závislí. Některé organismy jsou tvořeny 60% vody, některé i 99 %. Nebýt vody, neexistoval by život na Zemi.

Pro příklad obojživelníci si díky sladké vodě udržují svoji kůži neustále vlhkou. Vodní prostředí potřebují také některé druhy živočichů právě pro rozmnožování. (Burnie, 2005)

To, že je voda složena z vodíku a kyslíku, zjistili v roce 1783 fyzikové Cavendish a Macquer, kteří jsou považováni zároveň za objevitele. V minulosti Aristoteles a Empedokles vodu řadili jako základní element, Thales ji zase pojmenoval pralátkou. Tak či tak, můžeme být vděční právě vodě, jelikož život a organismy v ní vznikly. Díky tomu jsou organismy rozšířeny po celém světě do vodního prostředí a voda je nejprostornější biotop na Zemi. (Synáčková, 1996)

Každý rok je o něco teplejší než rok předchozí, a proto je mnohem více s vodou spojován její počínající nedostatek. Každým rokem se do Evropy dostává čím dál více lidí a některé regiony začínají být přelidněné. Projevuje se to nedostatkem zemědělské půdy a vzrůstající nedostupností vody, tedy i potravin. Lidé vodou plýtvají a může nastat, že by se zdroj přestal obnovovat. Další problém může být, že voda je už znečištěná natolik, že znovu bychom ji ani po přečištění nemohli použít. Měli bychom se o vodu více starat a měli bychom mít veškerou snahu o to, abychom vodu v krajině co nejdéle zadrželi. V příloze na konci mé bakalářské práce popisují velmi zajímavý je výzkum organizace UNICEF, který zjistil, že 31 % škol po celém světě nemá pitnou vodu. Voda je pro mnoho látek vhodným rozpouštědlem, proto je velmi vzácné v přírodě najít čistou vodu. Při průtoku voda po souši rozpustí nerosty a pohybem ve vzduchu rozpouští plyny. Je to velmi důležité pro rostliny a živočichy, jelikož tyto látky potřebují ke svému životu. Nejdůležitější prvek je kyslík, který je ve vodě díky vzduchu. Je neviditelný, ale

každý z nás ho potřebujeme. Čím je voda rozvířená nebo studenější, tím více kyslíku se v ní rozpouští. Další důležitou složkou je sůl. Ve sladké vodě sůl představuje pouze malé množství, zatímco ve slané vodě 1 kg mořské vody obsahuje 35 g soli. Pro zajímavost, kdyby se všechna sůl usadila na dno moře, sůl by vytvořila vrstvu silnou 56 metrů. Některé druhy vodních organismů dokážou žít v obou typech vody, jak slané, tak sladké, nicméně většina z nich se adaptovala na konkrétní typ vody určité koncentrace soli a nedokázala by přežít jiný druh prostředí. (Burnie, 2004)

Velmi důležitý je pro živočichy také plankton. Když je voda příliš znečištěná nebo zakalená, sluneční záření nepronikne do větší hloubky, a to má negativní význam právě na plankton a zároveň i na živočichy, kteří plankton pojídají. Toto se bohužel děje například v Golfském proudu. Málokdo možná ví, že plankton je z větší části výrobcem atmosférického kyslíku. Suchozemské rostliny produkují pouze třetinu atmosférického kyslíku. (Synáčková, 1996)

## **2. Cíle práce**

Můj cíl bakalářské práce je blíže se seznámit s vodní nádrží Švihov na řece Želivce. Popsat historii plánování vodního plánování z pohledu minulosti i současnosti, zabývat se statistikou spotřeby vody za rok 2018 a data porovnat s předchozími roky, kraji v České republice, ale i jinými státy. Dále budu popisovat čistotu a kvalitu pitné vody a popíšu jednotlivé fyzikálně-chemické ukazatele, které v praktické části využiji k analýze dat jakosti kvality vody poskytnutých od Povodí Vltavy.

Z poskytnutých dat od Povodí Vltavy udělám vlastní grafy a výsledky porovná s ČSN 75 7221 a s vyhláškou č. 252/2004 Sb. Jedná se o průhlednost, teplotu vody, chemickou spotřebu kyslíku manganistanem draselným a celkové množství fosforu ve vodě. Poskytnutá data mám za období 2014-2018 v ročních přehledech.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1. Historie plánování vodního hospodářství

První vodohospodářský plán, který máme historicky doložený byl zpracován před 3700 lety. Lidstvo využívá vodní zdroje k různým účelům nejméně 5000 let. Stejně jako pití vody, které započalo stejně jako samo lidstvo. Před 3700 lety dal král Samsuiluna, syn nejslavnějšího babylonského krále Chammurabiho, příkaz zpracovat první historicky doložený vodohospodářský plán. V plánu byly veškeré zavlažovací kanály, regulace řeky Eufrat, postavení jezera u Babylónu, vodovody, lázně pro krále nebo 27 zahrad, které měly být ve městě. První vodovod Aqua Appia, dlouhý 16,6 km, vznikl v Římě roku 305 před Kristem. Z té doby pochází i slavný výrok „Římské impérium je založeno na silnicích a vodovodech. Teprve vodovod dělá z vesnice město.“ (Augustus Octavianus Caesar, 23.př.n. l)

V roce 97 po Kristu byl vypracovaný plán všech vodovodů, které byly v Římě a jejich délka byla celkem 404 km. Tehdy v Římě vznikla i první směrnice pro vodárenství.

V dalších stoletích bohužel byly Římské lázně a vodovody zničeny nájezdnými kmeny a lidé měli místo vodovodů jen studně se závadnou vodou nebo vodu přímo z vodních toků. Příkopy na ulicích sloužily jako kanalizace. Kvůli těmto hroznými podmínkami se začal nekontrolovaně šířit morová epidemie, která zasáhla i naši zemi a šířila se právě skrz vodu. Kosmas uvádí, že v Čechách na morovou epidemii zemřela třetina Čechů. Ve východní římské říši každý den umíralo 10 tisíc lidí a polovina římské populace zemřela. Bohužel i v dnešní době se na infekci z vody umírá, ročně zemře 5 milionů lidí. (Resortní portál MZe ©2004)

Už v minulosti lidé začali stavět přehrady, aby mohli zachycovat vodu a tvořit si zásoby vody, kde je to potřeba. V Egyptě se nachází nejstarší dochovaná hráz, která se datuje 5000 let před n.l. Na hranicích států Arizona a Nevada byla roku 1931 postavena uprostřed Mohavské pouště Hooverova přehrada, která byla ve své době považována za nejvýkonnější vodní elektrárnu na světě. Měla také nejmohutnější a nejvyšší (220 m) hráz. Největší přehrada na světě Tři soutěsky se nachází v Číně a její hráz dosahuje výšky 185 m a má rozlohu 108 400 hektarů. Jedná se o největší a nejvýkonnější vodní elektrárnu na světě. (Štěpánková, 2016)

### **3.2. Historie a současnost provozu pražských vodáren a jejich konstrukce**

Praha vznikla na křižovatce všech důležitých starověkých cest, které spojovaly Evropu napříč zeměmi. První zmínka o pražském vodovodu uvádí, že zásobení vodou Vyšehradu bylo z vodovodu ze studánky Jezerky, odkud byla voda na Vyšehrad přiváděna dřevěným potrubím. V dalších zmínkách můžeme nalézt, že Pražský hrad byl zásoben pouze jednou studnou, která i mimo jiné zachytávala vodu dešťovou. Studna měla hloubku pouze 2 m. Chybějící voda byla na Pražský hrad dovážena z potoka Brusnice. Za Karla IV. byla na Pražském hradě vyhloubena studna nová, která je dodnes zachována a má hloubku 66,04 m. V té době ale studna i tak nestačila a voda musela být nadále dovážena z potoka. Dostatek vody byl důležitý kvůli požáru a v době válek. Středověké vodárny v Praze nedodávaly pitnou vodu, ale užitkovou, kterou braly z řeky Vltavy. Dodávání pitné vody z veřejného vodovodu tehdy byla výjimkou. Z vodního spádu řeky získávala vodárna energii na čerpání. Využívaly se především jezy, které byly původně postavené pro mlynáře a tehdy si je velmi považovali a nazývali je odborníky ve vodním stavitelství. Jezy se podle dochovaných záznamů začaly stavět už v roce 993. V roce 1398 máme už dle dostupných záznamů postavených osm jezů v blízkosti u sebe, kde využívaly šestimetrového spádu. Díky povodním byly jezy často ničeny. Každá vodárna si uměla vyrobit trouby z borového dřeva, které v zemi vydrželo 6-8 let. Podmínka borového dřeva byla délka 5 m a průměr 30 cm. Trouby byly do země ukládány do hloubky 1,2-1,5 m a spojovali se železnými zděřemi. Každá vodárna měla tehdy i samostatnou vodovodní síť. Jelikož trouby nevydržely v zemi moc dlouho, údržba byla dost náročná. Neustále se musely vyrábět nové společně se zděřemi, proto u každé vodárny byla i kovárna. V novodobém vodárenství se voda mohla z vodovodu používat pouze k mytí, praní nebo pro průmyslové účely. Pouze ze studní nebo pramenů mohla být pitná voda odebírána. Pražané se o kvalitu vody začali zajímat zejména, když docházelo ke stížnostem občanů kvůli rezavé vodě, která se nedala používat. První chemický rozbor, který byl zaznamenán byl v roce 1799 a tehdy došlo k prvnímu chemickému rozboru jakosti vody. Po vzniku vodárny v Podolí došlo k podstatnému zlepšení jakosti vody na vodu přirozeně filtrovanou, která se od roku 1885 stala hlavním zdrojem vody pro Prahu. Pražané účelně vybrali místo nad Prahou, kde voda nebyla znečištěná odpadními vodami. Od roku 1900 bylo vodárenství zas o něco dál a říční voda šla upravit na vodu pitnou, aniž by měla

zdravotní nebo estetické závady. Od roku 1940 se připravoval nový zdroj pitné vody, a proto bylo rozhodnuto o postavení úpravní vody v Podolí, kde finanční prostředky nebyly tak velké z důvodu, že část zařízení se mohla využít ze staré úpravní vody, stavba se nakonec protáhla na 10 let. S přípravováním projektu umělé infiltrace z Káraného byl také připravován projekt vodovodu ze Želivky, kdy první etapa výstavby započala v roce 1965 a konec byl naplánován v roce 1971. V té době bylo velmi dobře známo, že v Želivce tekla skoro voda pitná. (Buchtík, 1973)

### **3.3. Spotřeba pitné vody**

Dnešní doba je čím dál více spojovaná s globálním oteplováním, s táním ledovců a měnícím se klima. V ohrožení je zejména voda, která bohužel ubývá, a přitom jsme na ní všichni závislí. V některých koutech světa, zejména v Chile je voda vzácností, v Sýrii nebo Jemenu jítakénemají nazbyt. V některých částech světa, vodou nešetří, naopak ji až zbytečně využívají. Čína je země s největší spotřebou vody na světě. V roce 2017 činila průměrná spotřeba vody v Číně na osobu přibližně 436 000 litrů, přibližně o 438 000 litrů méně, než bylo v roce 2016. Podle statistiky obyvatelé spotřebují až 1370 biliónů litrů vody ročně. (Hydrotech, 2019).

Více než 4 miliardy lidí trpí alespoň 1 měsíc v roce nedostatkem vody. Bohužel jsou i oblasti, kde spotřeba vody dvojnásobně přesahuje roční úhrn srážek, tam patří okolo 500 miliónů obyvatelstva. Obyvatelstvo je závislé na spodní vodě, která se může brzy vyčerpat. Polovina takto ohrožených obyvatel žije v Indii a Číně, ale i Jemenu. (Contractormag, 2019)

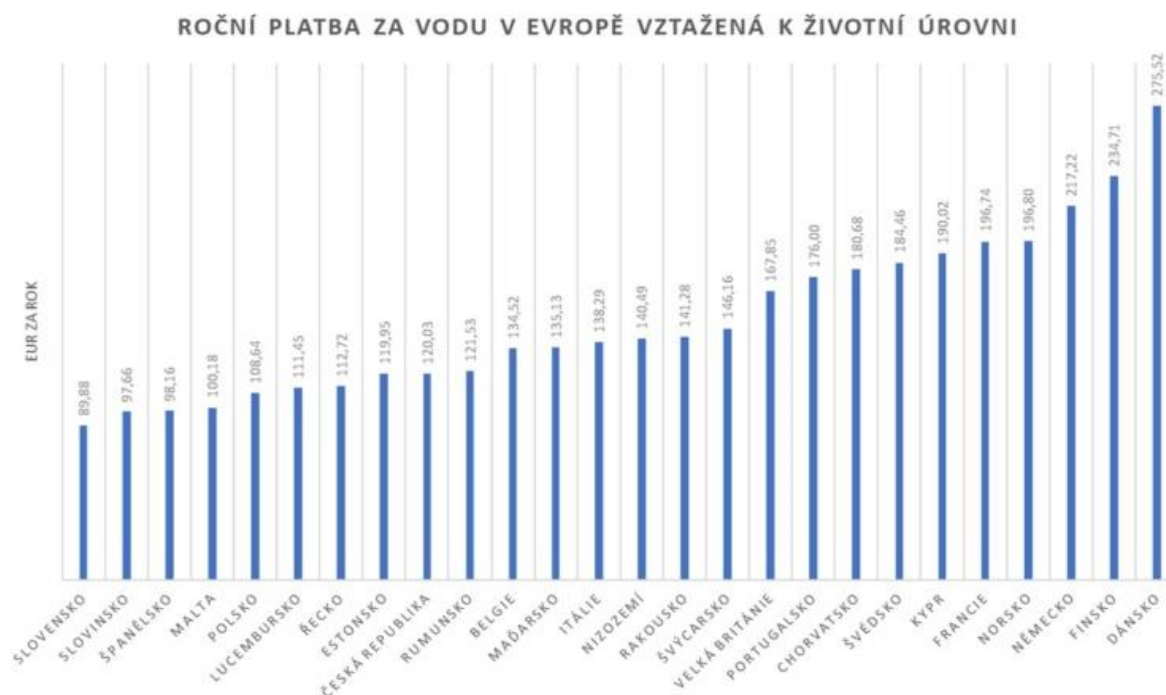
Kritická místa jsou regiony, kde celé řady měsíců spotřeba modré vody dvakrát převyšuje srážky. Z podzemních zásobníků se získává chybějící vlaha a následně dochází k zaklesávání hladiny vody a celkovému přečerpání. Jedná se o místa povodí Žluté řeky v Číně nebo řeky Colorado v USA. Stále více světových řek nedoteče do moře, jelikož je po cestě spotřebována veškerá voda. Co se týče pouštních oblastí, nejhorší situace je v Arabské poušti, kde fungují odsolovací zařízení. Půl miliardy lidí je ohroženo 4-6 měsíčním suchem, z toho 180 miliónů lidí žije v Indii, 73 miliónů v Pákistánu, 27 miliónů žije v Egyptě a 20 miliónů žije v Mexiku, neopomeňme arabské státy a Jemen. Větším nebezpečí ročního sucha, trpí země jako je Libye, Somálsko, kde je ohroženo až 90% populace, Nigérie, Pákistán, Maroko. Možná i díky tomu, že tyto země jsou nebezpečné a platí tam válečná zóna. Co se

týče České republiky, modrá voda je z globálního hlediska nadprůměrně dobrá. Větší problémy má Česká republika se zelenou vodou, což je půdní vláha. (Cílek a kol., 2017)

### 3.4. Statistika spotřeby vody za rok 2018

Průměrná denní spotřeba vody v České republice v roce 2018 byla 89,2 litrů na osobu a den. (ČSÚ ©2018).

Zatímco v Praze v roce 2018 byla průměrná denní spotřeba vody 107,5 litrů na osobu a den. Nejmenší průměrná denní spotřeba vody byla v roce 2013, 87,1 litru za osobu. Naopak největší průměrná denní spotřeba vody byla na konci 80. let, kdy se spotřeba pohybovala okolo 107 litrů za osobu. (Statistika životního prostředí ČSÚ ©2018).



Graf 1 - Roční platba za vodu v Evropě vztahovaná k životní úrovni

Zdroj: Naše voda, 2018

V porovnání s rozvojovými zeměmi, tam má domácnost spotřebu v průměru 10 litrů vody denně. Naopak v USA je spotřeba vody 300 litrů na osobu denně, ve Velké Británii 350 litrů. Průměr spotřeby vody na den na obyvatele v Evropské unii je 150 litrů. (Prchal, 2019)

Za rok 2018 obyvatelé odebrali 370 milionů m<sup>3</sup> podzemních vod a 1,221 bilionu m<sup>3</sup> povrchové vody. Do toků bylo zpět vypuštěno 1,541 bilionu m<sup>3</sup> odpadních vod. Celková spotřeba vody v České republice za rok 2018 vzrostla meziročně o 1,8 l/os/den, jedná se o navýšení o 2,1 %. V domácnostech spotřeba vody za rok 2018 vzrostla o 0,6 l/os/den. Ceny vodného a stočného neustále stoupají. V roce 2018 pitná voda stála 38,10 Kč/m<sup>3</sup> bez DPH. Což je oproti roku 2017 o 0,90 Kč více. Zatímco stočné v průměru vzrostlo o 0,60 Kč na 33,40 Kč bez DPH. V roce 2018 bylo vodou z vodovodu zásobováno 94,7 % obyvatelstva v České republice. 9,09 milionu obyvatelstva je napojeno na kanalizaci, tzn. 85,5 %, meziročně je to o 0,4 % více. 96,4 % obyvatelstva z tohoto počtu je napojeno na čistírnu odpadních vod. Množství čišťené vody meziročně pokleslo (včetně vod srážkových) o 10 %. (ČSÚ©2018)

	<i>Průměrné denní hodnoty (v litrech)</i>	<i>Průměrné denní hodnoty (v Kč)</i>
<b>WC</b>	25	2,25
<b>Osobní hygiena, sprchování</b>	40	3,60
<b>Praní, úklid</b>	16	1,44
<b>Příprava jídla, mytí nádobí</b>	9	0,81
<b>Mytí rukou</b>	6	0,54
<b>Zalévání</b>	5	0,45
<b>Pití</b>	2	0,18
<b>Ostatní</b>	4	0,36
<b>CELKEM</b>	107 litrů	9,63

Tabulka 1 – Průměrná denní spotřeba vody na osobu v roce 2018 pro Prahu

Zdroj: Pražské vodovody a kanalizace, 2018



<b>Srovnání spotřeby vody, ceny vodného a stočného v krajích za rok 2018</b>				
<b>Kraj</b>	<b>specifické množství vody fakturované CELKEM (l/os/den)</b>	<b>specifické množství vody fakturované DOMÁCNOSTEM (l/os/den)</b>	<b>Cena vody (Kč/m<sup>3</sup> bez DPH)</b>	<b>Cena stočného (Kč/m<sup>3</sup> bez DPH)</b>
<b>Česká republika</b>	133,5	89,2	38,1	33,4
<i>Středočeský</i>	174,0	107,5	42,0	34,0
<i>Jihočeský</i>	125,8	88,2	40,9	33,1
<i>Plzeňský</i>	138,1	88,4	39,2	27,8
<i>Karlovarský</i>	134,8	86,7	38,2	35,6
<i>Ústecký</i>	129,6	91,6	43,4	41,7
<i>Liberecký</i>	125,2	87,5	44,2	42,5
<i>Královéhradecký</i>	124,2	80,5	34,9	34,2
<i>Pardubický</i>	123,6	79,7	34,1	36,2
<i>Vysočina</i>	122,7	81,2	37,1	28,3
<i>Jihomoravský</i>	136,8	92,9	34,5	34,5
<i>Olomoucký</i>	120,8	83,2	33,1	32,1
<i>Zlínský</i>	114,6	75,7	35,8	30,8
<i>Moravskoslezský</i>	129,7	89,9	34,4	31,5

Tabulka 2 - Údaje o vodovodech a kanalizacích za rok 2018

Zdroj: Český statistický úřad, 2018

### 3.5. Čistota vody

Díky antropogennímu tlaku je znečišťování vody součástí životního prostředí, dnes už můžeme hovořit o mezinárodním problému a lidstvo si ho začíná uvědomovat čím dál více. Už od 60. let 20. století je kvalita vody pravidelně vyhodnocována a

klasifikována. Vypočítává se charakteristická hodnota, která je porovnávána se soustavou mezních hodnot. Podle znečištění vody se hodnoty porovnají a určí se hodnota třídy kvality vody. Díky tomu je ukazatel zařazen do jedné z těchto pěti tříd. První norma je z roku 1965, ta se jako první zabývala touto problematikou. Obsahovala dohromady 25 ukazatelů a pravidelně se upravovala a byly doplňovány další ukazatele kvality vody, z důvodu nových znečišťujících látek. Od roku 1998 došlo dohromady pětkrát ke změně nařízení vlády, která upravuje hodnoty, které jsou přípustné pro znečištění povrchových vod. Od té doby byly limitní hodnoty znečištění několikrát změněny. (Synáčková, 1996)

V současnosti je novelizovaná norma ČSN 75 7221, na ochranu povrchových vod v souladu s požadavky. Tato norma nahrazuje předchozí 19 let platnou normu. Každoročně je větší spektrum ukazatelů znečištění, kdy ze 46 ukazatelů počet vzrostl na 65. Někdy je uváděno 70 ukazatelů, tam jsou zahrnuty i rozpuštěné formy určitých kovů. Díky této normě můžeme každoročně vidět hodnocení kvality vody a můžeme porovnat vývoj kvality vody dlouhodobě. (Pitter, 2015)

Kvalita tekoucí povrchové vody se klasifikuje do 5 tříd:

- neznečištěná voda – barva světle modrá,
- mírně znečištěná voda – barva tmavě modrá,
- znečištěná voda – barva zelená,
- silně znečištěná voda – barva žlutá,
- velmi silně znečištěná voda – barva červená.

Ukazatel	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
BSK <sub>5</sub> (BOD <sub>5</sub> )	< 2	< 4	< 8	< 15	≥ 15
CHSK <sub>C</sub> (COD <sub>C</sub> )	< 15	< 25	< 45	< 60	≥ 60
amoniakální dusík	< 0,3	< 0,7	< 2	< 4	≥ 4
dusičnanový dusík	3	< 6	< 10	< 13	≥ 13
celkový fosfor	0,05	< 0,15	< 0,4	< 1,0	≥ 1,0
saprobni index makrozoobentosu *)	< 1,5	< 2,2	< 3,0	< 3,5	≥ 3,5
rozpuštěný kyslík	> 7,5	> 6,5	> 5,0	> 3,0	≤ 3,0
konduktivita/mS m <sup>-1</sup>	< 40	< 70	< 110	< 160	≥ 160
sírany	< 80	< 150	< 250	< 400	≥ 400
chloridy	< 100	< 200	< 300	< 450	≥ 450
vápník	< 150	< 200	< 300	< 400	≥ 400
hořčík	< 50	< 100	< 200	< 300	≥ 300
železo	< 0,5	< 1	< 2	< 3	≥ 3
mangan	< 0,1	< 0,3	< 0,5	< 0,8	≥ 0,8
zinek	< 0,015	< 0,05	< 0,1	< 0,2	≥ 0,2
měď	0,05	< 0,02	< 0,05	< 0,1	≥ 0,1
rtuť/μg l <sup>-1</sup>	< 0,05	< 0,1	< 0,5	< 1,0	≥ 1,0
kadmium /μg l <sup>-1</sup>	< 0,1	< 0,4	< 1,0	< 2,0	≥ 2,0
CHSK <sub>Mn</sub> (COD <sub>Mn</sub> )	< 6	< 9	< 14	< 20	≥ 20
TOC	< 7	< 10	16	< 20	≥ 20
AOX	< 0,01	< 0,02	0,03	< 0,04	≥ 0,04
trichlormethan /μg l <sup>-1</sup>	< 0,2	< 1,0	< 2,0	< 3,0	≥ 3,0
PAU(PAH) /μg l <sup>-1</sup>	< 0,01	0,1	< 0,5	< 3,0	≥ 3,0
ΣPCB /μg l <sup>-1</sup>	< 0,005	0,01	0,02	< 0,03	≥ 0,03
chlorofyl-a	< 0,010	< 0,025	< 0,050	< 0,100	≥ 0,100

Tabulka 3 – Klasifikace tekoucích vod podle čistoty

Zdroj: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=3186&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3186&typ=html)

Tekoucí vody jsou podle charakteristiky vody s trvalým jednosměrným prouděním. Podle sklonu toku, velikosti, délky a podle hydrologických poměrů rozlišujeme vlastní prameny, pramenné stružky, bystřiny, horské potoky, potoky, říčky, řeky a veletoky. (Fiedler a kol., 2015)

Díky celé řadě ukazatelů dnes můžeme hodnotit kvalitu povrchových vod. Kvalita tekoucích vod je ovlivňována délkou a šířkou toku, stojaté povrchové vody jsou ovlivněny navíc i hloubkou. Způsobují to především sezónní jevy (cirkulace vody v nádrži) nebo antropogenní znečištění. Pro povrchové vody jsou typické především nízké hodnoty koncentrace hydrogenuhličitanu. Pro neznečištěné vody jsou typické nízké koncentrace rozpuštěného dusíku nebo fosforu. (Komínková a kol.2014)

Mezi nejdůležitější ukazatele kyslíkového režimu při hodnocení kvality tekoucích povrchových vod patří rozpuštěný kyslík, BSK<sub>5</sub>, CHSK a TOC. Mezi základní chemické složení patří další ukazatelé – tvrdost vody, množství nerozpuštěných látek, koncentrace síranu a chloridu. Norma ČSN 75 7221, kde se ukazatelé jakosti vody rozdělují na obecné, fyzikální, chemické, kovy, specifické organické látky, radiologické, mikrobiologické a biologické ukazatele. Ukazatelé jakosti vody se klasifikují pro každý zvlášť. (Pitter, 1999)

Podle zákona č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích a pomocí provádějící vyhlášky č. 428/2001 Sb. se posuzuje povrchová voda úpravou na vodu pitnou. Podle upravitelnosti se pomocí vybraných ukazatelů jakosti vody zařazuje surová voda do kategorií A1, A2 a A3. Poté se podle kategorie volí i příslušná vodárenská technologie úpravy. (Komínková a kol. 2014)

### **3.6. Fyzikálně chemické ukazatele pitné vody**

Chemické ukazatele pro pitnou vodu charakterizují složení pitné vody a zkoumá obsah kationtů a aniontů ve vodě.

#### **pH**

Hodnota ukazatele pH je závislá na obsahu rozpuštěného oxidu uhličitého a obsahu rozpuštěných solí. Podle toho ukazatel pH charakterizuje kyselost nebo zásaditost vody. Je charakterizován 14 číselnou škálou, kdy neutrální reakce je při hodnotě 7, kyselá hodnota je od 0-7 a zásaditá hodnota 7-14. Pro pitnou vodu je ve vyhlášce 252/2005 pH povoleno mezi 6,5-9,5. Voda, která má před úpravou hodnotu pH 6-6,5 jsou taktéž povoleny, nicméně je potřeba mít na vědomí útočné působení na bojler, potrubí. Pro podzemní vody je pH závislé na geologickém podkladu a vlastnostech hornin, které v daném místě jsou. (Labtech, 2007)

#### **Barva vody**

Barva vody je ovlivňována mikroorganismy, suspendovanými, nerozpuštěnými a rozpuštěnými látkami ve vodě. Suspendované látky se vyznačují zákalem a tmavohnědými odstíny, které jsou typickým znakem nádrží nebo rybníků v Čechách. Světle modrou barvu má mořská voda či studené voda jezer, kde není přítomnost suspenze pevných látek, zároveň bývá studená nebo chudá pro růst mikroorganismů. Když ve vodě roste fytoplankton, barva vody je zelená až žlutozelená, ovlivněná přítomností chlorofylu a dalších barviv v buňkách organismů. V teplých tropických mořích, prohřátých zálivech a lagunách může být barva až krvavě rudá, právě i díky tomu, že ve vodě mohou být rozmnoženy řasy nazývané ruduchy, a ty využívají červené barvivo pro fotosyntézu. Barva vody je obecně označována jako modrá, nicméně modrou barvou můžeme považovat pouze dešť, řeky, potoky, podzemní zásoby vody. Zelenou barvou je označována voda, která není vidět. Jedná se tedy o půdní

vláhu, kterou využívají rostliny, les a obilí. Šedá barva padá ve městech, kde se dá využít jako voda technická. Technickou vodu můžeme použít na závlahy parků nebo odteče kanalizací. (Cílek a kol., 2017)

Barva pitných vod by měla být bezbarvá. Ve vyhlášce pro pitnou vodu 252/2005 udává, že barva pro pitnou vodu musí být menší než 5 mgPt/l (Pt z toho důvodu, že na posouzení barvy vody se barevná škála bere ze sloučeniny platiny). (Labtech, 2007)

### **Zákal vody**

Jedná se o snížení průhlednosti ve vodě kvůli nerozpuštěným anorganickým látkám a organickým látkám ve vodě. Nerozpuštěné anorganické látky jsou např. jílové minerály nebo kovy apod., organické látky jsou např. bakterie, pyl nebo plankton apod. Ve vyhlášce pro pitnou vodu 252/2005 je povolena pro zákal maximální hodnota 5 ZF.

Když světelné paprsky projdou kapalinou, která rozptýlené nerozpuštěné částice obsahuje, dojde k rozptýlení světla na všechny směry. Když se sinice ve vodní nádrži přemnoží, prudce vzroste spotřeba kyslíku a díky snížené koncentraci kyslíku dojde k odumření sinic a dalších živočichů. Dojde k rozkládání odumřelých organismů a začne se uvolňovat množství živin, které mají za příčinu vznik vodního květu (Frimmel, 1993)

### **Biologická spotřeba kyslíku – BSK**

Kyslík je spotřebováván při určitém časovém rozmezí. Doba inkubace je stanovena na 5 dní (BSK<sub>5</sub>), kdy je vzorek za tmy, aby nemohla probíhat fotosyntéza a nemohl se tvořit kyslík. Za tmy ve vodě dojde k biochemické oxidaci látek. (Pitter, 1999)

### **Hliník**

Ve volné přírodě můžeme hliník najít pouze ve formě hlinitokřemičitanů. Odpadní vody, které jsou z povrchové úpravy hliníku a jeho slitin, antropogenním zdrojem. Do vody se dostávají díky úpravě koagulací síranu hlinitého. Jedna ze závažných příčin, jak se do podzemní vody hliník dostává je, díky vlivu kyselých dešťů, které na půdu působí. Dříve byla voda s obsahem hliníku brána za zdravotně nezávadnou, nicméně dnes už se upozorňuje na neurotoxické účinky. Dnes už je koncentrace

hliníku ve vodách limitována, právě i z důvodu, že u hliníku byla prokázána fytoxicita. Pitná voda má limitující mezní hodnotu obsahu hliníku 0,2 mg/l. (Synáčková, 1996)

### **Mangan**

Mangan se do vody dostává z půd, sedimentů, ale i z některých odumřelých částí rostlin. Železné rudy jsou doprovázeny manganem, který se může vyskytovat v rozpuštěné i nerozpuštěné formě. Zpracování rud z chemických provozů nebo metalurgických závodů mají vliv na větší koncentraci manganu. Podzemní vody mají větší obsah manganu než vody povrchové a probíhají tam oxidační procesy. V nádržích se koncentrace manganu mění podle ročních období. V období letní a zimní stagnace může dojít k uvolnění manganu zpět do vody, kvůli anoxickému prostředí. V období jara a podzimu se mangan uvolní do celé nádrže, který je velmi potřebný pro rostliny a živočichy. Pro pitnou vodu je limitující mezní hodnota obsahu manganu 0,1 mg/l. (Synáčková, 1996)

### **Zinek**

Rozkladem sulfidických rud se zinek ve větším množství dostává do podzemních vod. Pozinkované kovy nebo odpadní vody z povrchové úpravy kovů jsou antropogenním zdrojem zinku. Ve volné přírodě je obsah pouze v malém množství. Zinek je málo závadný z hygienického hlediska, avšak pro ryby a vodní organismy je zinek škodlivý, a proto je ve vodárenských tocích přípustná pouze malá koncentrace 0,05 mg/l a v ostatních 0,2 mg/l. Pitná voda má limitující mezní hodnotu obsahu zinku 5 mg/l. (Synáčková, 1996)

### **Fluor**

Některé odpadní vody chemického a sklářského průmyslu jsou antropogenním zdrojem fluoru. Exhalace z tepelných elektráren jsou ze sloučenin fosforu znečišťují ovzduší, kde negativně působí na zemědělské a lesní porosty. Zdravotní poruchy mohou nastat při přebytku fluoridů, tak při nedostatku. Jedním z projevů větší koncentrace fluoridů jsou skvrny na zubech. ČSN 75 7111 "Pitná voda" limituje nejvyšší koncentraci fluoridů v pitné vodě hodnotou 1,5 mg/l. Ve vodních tocích se připouští 1,0 mg/l, v ostatních tocích 1,5 mg/l). (Synáčková, 1996)

## Chlor

V malých koncentracích jsou sloučeniny chloru rozšířeny v horninách a půdě. Větší množství chloridů pochází z ložisek draselných solí nebo kamenných solí. Největší zdroj chloridů podzemních a povrchových vod jsou atmosférické vody, hlavně v přímořských oblastech. Vysoké množství koncentrací chloridů je také v močůvce. Člověk vylučuje denně asi 9 g chloridu, který pokračuje do splaškové vody. (Synáčková, 1996)

## Tvrdość vody

Vyhláška č. 252/2005 Sb. pro pitnou vodu uvádí optimální doporučenou tvrdost vody pro lidské zdraví v rozmezí 2-3,5 mmol/l. Dává se přednost vodě tvrdší. Čím vyšší tvrdost, tím větší je pravděpodobnost tvorby vodního kamene, zarůstání potrubí nebo poškození spotřebičů, nicméně nepředstavuje zdravotní problém. Tvrdość, která je nižší než 2 mmol/l může způsobit při dlouhodobém užívání, jakožto jediného zdroje pitné vody, zdravotní problémy. Nízká tvrdost vody způsobuje tělu nedostatek vápníku a hořčíku. (Labtech, 2007)

V Praze je voda měkká až středně tvrdá. Zhruba 73% pitné vody je z vodní nádrže Švihov. (PVK, ©2019)

## Stupnice tvrdosti vody dle typů vod

Velmi měkká	0 –0,7mmol/l
Měkká	0,7-1,3 mmol/l
Středně tvrdá	1,3-2,1 mmol/l
Dostí tvrdá	2,1-3,2 mmol/l
Tvrdá	3,5-5,3 mmol/l
Velmi tvrdá	➤ 5,3 mmol/l

Tabulka 4 – Stupnice tvrdosti vody

Zdroj: Pražské vodovody a kanalizace

### 3.7. Kvalita pitné vody

Kvalita pitné vody v České republice je průměrná, oproti pitné vodě v Evropě. (Státní zdravotní ústav)

V roce 2018 bylo ze sítí veřejných vodovodů, 4086 zásobovaných oblastí, provedeno 33 192 odběrů vody. Do databáze bylo vloženo 1 062 395 hodnot týkající se jakosti pitné vody. Po vyhodnocení se zjistilo, že zdravotně významné ukazatele limitované nejvyšší mezní hodnotou byly překročeny ve více než 1 660 případech. S rostoucím počtem zásobovaných obyvatel pitnou vodou, se snižuje četnost nedodržení limitních hodnot. Dále bylo zjištěno, že v roce 2018 bylo v České republice zásobováno pitnou vodou z podzemních zdrojů okolo 40 % obyvatelstva, z povrchových zdrojů bylo zásobováno 39 % obyvatelstva a 21% obyvatel bylo zásobováno ze smíšených zdrojů. (Statistický zdravotní ústav ©2018)

Rok od roku se kvalita pitné vody zhoršuje. Největší podíl na znečišťování pitných vod mají pesticidy, které se do vody smyjí a je problematické je z vody dostat pryč. Hygienické hodnoty se rozdělují do 3 skupin. Nejvyšší mezní (při překročení následuje vyloučení z používání), mezní (nepředstavuje žádná zdravotní rizika) a doporučená hodnota (nezávazná, optimální rozmezí koncentrací látek ve vodě). (Pitter, 2015)

V roce 2017 Státní zdravotní ústav provedl šetření, týkající se pesticidních látek v pitných vodách. Vzorky pitné vody byly brány z více než 170 vodovodů všech krajů České republiky. Pouze 42 vodovodů ze 170 prokázaly absenci pesticidních látek. To znamená, že  $\frac{3}{4}$  vodovodů je kontaminováno pesticidními látkami, kdy v jednom vzorku bylo nalezeno pesticidních látek v rozmezí 1 až 11. (Státní zdravotní ústav, ©2018)

#### **Pitná voda**

Za pitnou vodu je považována veškerá voda, která je v původním stavu nebo po úpravě. Základními hygienickými limity stanovujeme hygienické požadavky týkající se zdravotní nezávadnosti vody. Hygienické limity máme nejvyšší mezní hodnotu, mezní hodnotu a doporučenou hodnotu. (Pitter, 2015)

Vyhláška č. 252/2004 Sb., stanovuje hygienické požadavky pitné a teplé vody, a také rozsah a četnost kontroly pitných vod.



### 3.8. Přehradní nádrže

Přehradny jsou mohutné vzdouvací stavby, které byly vytvořeny zásahem člověka přehrazením údolí vodoteče přehradou. Hlavní účely nádrží je hospodařit s vodou, vytvářet nádrže a dlouhodobě vodu zadržovat.

Do roku 1995 bylo v České republice celkem 149 nádrží s ovladatelným objemem nad 1 mil.m<sup>3</sup>. Celkový ovladatelný objem všech nádrží je 3252,6 mil.m<sup>3</sup>.

Za „Velké vodní nádrže“ můžeme podle ICOLD považovat nádrže, které splňují alespoň jednu z těchto podmínek:

- celkový ovladatelný objem nádrže je 3 mil.m<sup>3</sup>
- vyrovnávací nádrž špičkové vodní elektrárny
- vodní nádrž pro vodárenské zásobování s kapacitou větší než 10 l/s
- nádrž, jejíž přehrada vyhovuje kritériím Mezinárodní přehradní komise (přehradny vyšší než 15 m, nebo výškou 5-15 metrů, kde je ovladatelný objem nad 3 mil.m<sup>3</sup>)

Součástí přehradny je:

- vlastní vzdouvací těleso
- příslušenství přehradny:
  - bezpečnostní přelivy
  - spodní výpusti
  - odběrné objekty

Bezpečnostní přelivy slouží k převádění povodňových průtoků. Návrhová povodeň (Q<sub>100</sub>) - s dodržením předepsaného převýšení koruny přehradny. Kontrolní povodeň (Q<sub>1000</sub> nebo Q<sub>10000</sub>) – nesmí dojít k ohrožení bezpečnosti stability přehradny.

Typy přelivů máme hrazené a nehrazené.

Spodní výpusti slouží k převádění běžných průtoků, k plnění či prázdnění nádrže a umožňují nám hospodařit s vodou.

Spodní výpusti se skládají z:

- vtokového objektu osazeného česlemi
- ocelového potrubí (v sypaných přehradách umístěno často v samostatné štole)
- tří uzávěrů (1 hlavní + 1 provozní + 1 revizní)

Typy hlavních uzávěrů:

- klapkový
- rozstřikovací
- segmentový
- stavidlový

Odběrné objekty slouží k odběru vody pro vodárenské, průmyslové či zemědělské účely. Používají se většinou etážové odběry, které umožňují odebírat vodu požadované teploty a dalších vlastností (chemické a biologické složení).

Nádrže vznikají buď přirozeně (jezera) nebo uměle na vodním toku. Přehrady dělíme:

Podle účelu:

- ochranné – ochrana před povodněmi a velkými vodami, staví se na horním toku,
- zásobní – v zásobním prostoru zachycují nadbytečnou vodu, která bude potřebná v době nedostatku,
- smíšené – spojuje ochrannou a zásobní funkci.

Rozdělení prostoru nádrže:

- prostor stálého nadržení – potřebný pro umístění odběrných zařízení,
- zásobní – akumuluje vodu pro vodohospodářské účely, je nad prostorem stálého nadržení,
- ovladatelný – zachycuje povodňové vlny, od hladiny zásobního prostoru k přelivové koruně,
- neovladatelný (přepadový) – vymezený tloušťkou přepadového paprsku.

Podle použití stavebního materiálu:

Přehrady z místního materiálu – stavební hmotou je zemina

- zemní (naplavované, polonaplavované, sypané – možnost použití materiálu z nejbližšího okolí přehrady),
- kamenité (sypané rovnané),
- zonální (zemní a kamenité, zděné a kamenité).

Přehrady ze soudržného materiálu – zděné a betonové, železobetonové (monolitické nebo z prefabrikovaných prvků), dřevěné a ocelové.

Pokud jsou přehradní hráze z propustného materiálu, je nutné použít těsnění, které dělíme na:

- střední zemní těsnění (jílové),
- návodní (střední) asfaltové těsnění,
- návodní (střední) betonové těsnění,
- návodní (střední) těsnění z plastových fólií.

Podle statického působení se dělí přehrady:

- na tížné (masivní, vylehčené),
- pilířové,
- klenbové,
- se složeným účinkem tížným a klenbovým,
- členěné (deskové, klenbové a kupolové), komorové, kotvené a předpjaté.

### **Zemní hráze**

Zemní hráze většinou mají lichoběžníkový průřez. Na straně hráze je povrch nazýván tzv. návodním svahem, opačná strana je nazývána tzv. vzdušným svahem. Horní plochou hráze je koruna. Těsnicí část hráze se dělá nejčastěji z hlíny, jílu (nutno chránit před vysycháním a před promrznutím – potřeba silná vrstva zeminy), může být ale i betonu, zdiva, oceli nebo dřeva. Výhoda jílu je, že se snadno přizpůsobí deformacím, naopak nevýhodou je, že lze stavět jen za dobrých povětrnostních podmínek. Těsnění zabraňuje, aby voda pronikala skrz hráz a zapustí se do nepropustného podloží hráze.

Ochranná část slouží k ochraně tělesa. Slouží, aby nedocházelo k vlnobití, vymílání dešťové vody nebo proti účinkům větrné eroze. K návodnímu opevnění se nejčastěji používá dlažba z kamene, anebo dlažba z betonu. K vzdušnému opevnění líce se nejčastěji používá osázení křovinami, drnování nebo osetí.

Hladina vody v přehradě kolísá, jak vodohospodáři odpouští v přehradě vodu. V údolních hlubokých nádrží je v průběhu roku tzv. teplotní stratifikace, kdy je voda rozdílných teplot promíchávána a hodnoty se mění. Tento jev je 2x do roka. V zimě dochází k nové stagnaci, kdy se povrchová voda ochlazuje a postupně zamrzá, zatímco u dna je voda okolo 4°C.

#### **4. Metodika**

Analýza týkající se vodní nádrže Švihov budu vyhodnocovat na základě dostupné literatury, která se věnuje hydrotechnickým stavbám, z kronik, z archivních materiálů a odborných statistik a podkladů poskytnutých od státního podniku Povodí Vltavy.

V grafech budu vyhodnocovat teplotu vody, průhlednost vody, celkový fosfor ve vodě a chemickou spotřebu kyslíku. Osobně navštívím odborné exkurze a přednášky ve Vodním domě poblíž hráze vodní nádrže Švihov u Nesměřic.

Hlavní metoda práce bude literární rešerše odborné literatury o dané oblasti. Použita bude odborná literatura o hydrotechnických stavbách a o jakosti vody, dále pak internetové zdroje.

## 5. Vodní dílo Švihov

### 5.1. Historie výstavby

Jedná se o největší vodárenskou nádrž v České republice, ale také ve střední Evropě. Zároveň je nádrž považována za jednu z nejvýznamnějších vodárenských zdrojů v České republice. V době, kdy se uvažovalo o stavbě nádrže, byla řeka Želivka považována za zdravý tok, který nebyl zatížen škodlivými látkami. Na tuto oblast zaměřovali svůj zájem především vodohospodáři i celá veřejnost, proto tehdejší vláda ČSSR svým usnesením rozhodla, že se řeka Želivka využije jako hlavní zdroj pitné vody pro Prahu a pro část středočeské oblasti. Proto bylo schváleno vybudovat na řece vodárenskou nádrž s úpravnou vody. (Buchčík, 1973)

Přes 30 let se pozorovaly průtoky na Želivce kvůli projektovým podkladům pro výpočet velikosti nádrže Švihov. Obce v zátopových oblastech bylo potřeba vystěhovat – Švihov, Dolní Kralovice, Zahrádka, Příseka, část Budče a část Borovska. Obce blízko zátopových oblastí se zbouraly. V té době byl plán, že pitná voda ze Želivky bude zásobovat Prahu a dalších 150 obcí, což bylo okolo 1,5 milionu lidí.

V roce 1941 bylo plánováno postavit přehradu s objemem 207 mil. m<sup>3</sup>, ten samý rok se začalo zaměřovat širší okolí sledovaného profilu, o rok později zátopové území a v roce 1943 se zaměřovalo vlastní místo hráze. Nejdříve se předpokládaly dvě etapy, nicméně hráz byla postavena najednou. Stavba díla započala v roce 1965 a skončila v roce 1975, a to 4,29 km nad soutokem Želivky a Sázavy. Přehrada se dělí na 2 hlavní objekty. Prvním je zemní hráz s návodním hlinitým těsněním a druhým funkční objekt pro převedení velké vody, odběru vody a vypouštění vody z nádrže. V první etapě byl vybudován odběr vody v nádrži na 3500 l/s, která se stavěla do roku 1965, ve druhé etapě byl odběr vody vybudován na 5250 l/s a stavba trvala do roku 1975. Nádrž se stavěla bez přerušení, i když se předpokládalo přerušení na dobu 20 let. (Chlum, 1974)

## 5.2. Parametry nádrže

Jedná se o přímou, zemní sypanou hráz s návodním hlinitým těsněním. Vznikla vrstevním zeminy, která se těžila v blízkosti nádrže z místního materiálu. (Mácha a kol., 1972)

Hlavními materiály pro stavbu hráze byly především svahové hlíny – těsnění a stabilizační materiál – propustné části hráze. Injekční clona, která je vybudovaná z prostorů injekční štol utěsňuje podloží hráze. V tělese hráze jsou zabudované měřicí přístroje, které hlídají tvarové deformace hráze a pórových tlaků. Jako první se postavila revizní štola, podkovitého charakteru, která slouží jako revizní kontrolní štola. Ve štole byly provedeny hloubkové vrty, které zpevnili podloží díky betonem. Vrtů bylo okolo 14 kilometrů. Na štolu se navrstvila zemina a udusala se. (Mácha a kol., 1972)

V současnosti zatopená plocha nádrže Švihov činí 1 602,6 ha a délce vzdutí 38 km. Celkový objem je 309 mil. m<sup>3</sup> a povodí dosahuje 1 100 km<sup>2</sup>. Obvod nádrže je při maximální hladině více než 150 km. Plocha povodí k hrázi nádrže činí 1 178 km<sup>2</sup> a je na území tří krajů – Středočeský, Jihočeský a Vysočina, a šesti okresů. Výška hráze dosahuje nad základovou spárou 58,3 m. Celkový objem tělesa hráze nasypaného materiálu je 2 342 mil.m<sup>3</sup>. Největší hloubka je 54 metrů. (Kvítek, 2018)

Koruna hráze je nejvyšší a nejužší místo a nesmí být nikdy přelita. Její šířka je 7 metrů a délka 860 metrů. Výška hráze dosahuje 58,3 metru nade dnem údolí a je stavěna na 10 000 vodu. V případě potopy by se voda rozlila do rozlivného pásma a zídka by plnila funkci vlnolamu. Zídka by měla vydržet 20 minut – 2 hodiny. Les dobře zadržuje vodu a je hned u hráze vodního díla Švihov. Les tvoří rozlivné pásmo, které má předejít rozlití vody v případě potopy. Lesní biotopy vykazují největší schopnost udržet vodu. Zejména starý nebo přestárý les. V lesních porostech je nejmenší ztráta vody odpadem z půdy, okolo 10 %. Pro srovnání, ztráty výparem z půd dosahuje na trvalých travních porostech cca 25 %, na obhospodařovaných polích je to 40 %, a na holé půdě bez vegetace – poušť 100 %. Největší voda byla v roce 2006, kdy voda se rozlila do rozlivného pásma. Tento stav trval cca týden, ale nedošlo k žádným škodám. V České republice jsou pouze 4 hráze, které jsou připravené na 10 000letou vodu – Lipno, Slapy, Orlická a Švihov. (Vodní dům, 2019)

Odběr vody z nádrže Švihov je etážový. Přeliv i odběr jsou umístěny v jednom funkčním objektu, který umožňuje odebírání vody z 5 etáží rozměrově 1 800 x 1 800 mm. V každé etáži se sleduje kvalita vody průběžně. Voda se odebírá z různých hloubek, vždy ale 8 m nade dnem, odkud se bere v té nejlepší kvalitě. Surová voda teče do čerpací stanice, která je pod hrází. Maximální odběr je 7,7 m<sup>3</sup>/s. Mezi odběrnými věžemi a komunikačním pilířem se nachází bezpečnostní šachtový přeliv, který převádí povodňové průtoky. Koleno šachtového přelivu navazuje na odpadní štolu, která ústí pod hrází do vývaru. Ve strojovně vodního díla se od roku 2004 nachází malá vodní elektrárna s Francisovou turbínou o výkonu 450 kW. Přes tuto turbínu je průtok možný pouze při vyšším přítoku. Vodárenská funkce nádrže je prioritou. Součástí vodárenské nádrže jsou i vodní nádrže – Trnávka, Sedlice, Němčice a vyrovnávací nádrž Vřesník, zachytávají sedimenty a splaveniny, které jsou přinášeny vodním tokem z horní části Želivky. (Vodní dům, 2019)

Až na výjimky je geologická stavba povodí monotónní a je tvořená krystalickými horninami. Hlavní složkou je křemen, živec a slída.

Každá věž je napojena na potrubí a proudí do čerpací stanice a dál do úpravně vody Želivka, tam se vyčistí a vyfiltruje pískovými filtracemi, aby mohla jít do štolového přivaděče, který samospádem teče do vodojemu Jesenice u Prahy, jenž se nachází v podzemí. Po etapách se staví i úpravna a čerpací stanice surové vody.

Úprava vody byla v 1. etapě prováděna dvoustupňovou separací vloček a koagulační filtrací. Hlavní srážedlo je síran hlinitý. Voda je zabezpečována chloraminací, ale také ozonizací. Je také obohacována o fluor. Před vstupem do štolky se pH vody upravuje dávkou vápenné vody.

Tlakový štolový přivaděč do Prahy je kruhového tvaru ze železového betonu a patří k šesti nejdelším tunelům na světě. Některé části jsou z ocelového potrubí. Celková délka přivaděče měří 53 km a v některých úsecích vede i 100 m pod zemí. Štolový přivaděč končí dvěma uzávěrovými komorami a dvěma pojistnými uzávěry, kde se rozdělují do dvou potrubí. (Buchčík, 1973)

Mezi začátkem a koncem štolového přivaděče je výškový rozdíl 24,3 metru, rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším místem přivaděče je 120,8 metru. (Mácha a kol. 1972)

V povodí vodárenské nádrže Švihov jsou zásoby podzemní vody tvořeny přírodními zdroji podzemní vody vzniklé přímým vsakováním srážkové vody, ale také nepřímým, kdy se voda dostává z těles povrchové vody. Podíl podzemního odtoku

vody se z celkových srážek pohybuje okolo 10 %. Když uvážíme celkovou plochu povodí, můžeme říci, že průměrná hodnota přírodních zdrojů v povodí podzemní vody je okolo 3000–3500 l/s.

Měření na podzemních vodách pravidelně a dlouhodobě provádí Český hydrometeorologický ústav, kde má 7 vrtů a pozoruje síť 12 pramenů.

Podzemní vody vodárenské nádrže Švihov jsou nízce mineralizované (do 100-150 mg/l), měkké se slabě kyselými až neutrálními reakcemi.

Odebraná voda je vedena do čerpací stanice, která se nachází pod hrází. Odtud teče do úpravny vody. Celý proces úpravy vody je gravitační. Doba úpravy vody od čerpací stanice po štolový přivaděč jsou cca 3 hodiny. V úpravně vody probíhá písková filtrace a ozonizace. V současné době průměrné množství odebrané vody činí 3100 l/s. Spodní výpusti jsou dva a jsou umístěné po stranách šachtového přelivu. Odpady jsou vyčleněny do boků štoly. Přívodní kanál k výpusti má obdélníkový tvar a k osám potrubí výpustí jsou navrženy šikmo. Tabulovými uzávěry je opatřen vtok do výpustí.

Funkční uzávěry výpustí jsou rozstříkové uzávěry, které ústí do odpadů obdélníkového profilu. Průměr spodních výpustí je 1600 mm. Maximální kapacita spodních výpustí je 48,56 m<sup>3</sup>/s.



Obrázek 1 - Poloha vodní nádrže Švihov

Zdroj: Místopisy, vodní nádrž Švihov

### 5.3. Ochranná pásma vodního zdroje

Z důvodu ochrany vodárenské nádrže je zde vyhlášeno ochranné hygienické pásmo a je zde zákaz vstupu. V minulosti byla koruna hráze veřejnosti přístupná, ale po



útocích v Americe na světové obchodní centrum v roce 2001 došlo ke zpřísnění pravidel. Celý areál hráze byl uzavřen a byl oplocen. Vláda zařadila celou hráz vodní nádrže Švihov jako prvek kritické infrastruktury státu, a proto jsou pravidla čím dál více přísnější.

Celá lokalita byla vyhlášena jako evropsky významná lokalita Želivka. Jedná se o chráněné území, které jsou vytvářeny státy EU a celá soustava chráněných oblastí patří do Natury 2000. Bolen dravý žije v nádrži Švihov, potřebuje čistou a průzračnou vodu. Je předmětem ochrany evropsky významné lokality Želivka, spolu s netopýrem černým. (Pleva, 2003)

#### **5.4. Vodojem Jesenice**

Tento vodojem patřil ve své době k největším ve střední Evropě. Štolovým přivaděčem je do vodojemu přivedena voda. Zde se vyrovnávají rozdíly mezi rovnoměrným přítokem z úpravny a nerovnoměrným odběrem ve spotřební síti pro Prahu. Je umístěn poblíž Prahy ve městě Jesenice, kde končí přívodní štola. Konstrukčně byl postaven jako dvoukomorový, kde hloubka vody přesahuje 7 metrů a je řešen jako krabicový. Stavba vodojemu byla započata v roce 1967, kdy na vodojemu pracovalo přes 60 pracovníků ve dvousměnném provozu kvůli docílení maximální vodotěsnosti.

#### **5.5. Úpravna vody**

Svým výkonem byla úpravna vody již v 1. etapě největší úpravnou vody v tehdejší ČSSR. Největší otázkou bylo, zda úpravnu postavit do těsné blízkosti zdroje nebo do blízkosti hlavní spotřeby. Nakonec bylo zvoleno o postavení úpravny v těsné blízkosti zdroje, kvůli obavě ze zhoršení kvality surové vody z důvodu dlouhého zdržení vody v přivaděči. Stavba úpravny byla taktéž plánována ve dvou etapách výstavby.

Další významnou otázkou byla technologie úpravy vody. Přemýšlelo se nad jednostupňovou nebo dvoustupňovou úpravou. Nakonec vešla ve prospěch jednostupňová úprava vody, nicméně měla být navržena tak, aby kdykoliv šla přestavět na dvoustupňovou úpravu.

V 1. etapě tedy byla zvolena jednostupňová úprava koagulační filtrací na otevřeném pískovém rychlofiltru, kdy směr filtrace byl shora dolů. Koagulant byl zvolen síran hlinitý s možnou úpravou pH kyselinou sírovou, popřípadě vápennou vodou při nízké alkalitě. Lze provádět i předchloraci surové vody. K odstranění zápachu je manganistan draselný. Ozonizace je navržena pro zlepšování organoleptických vlastností filtrované vody. Chloraminace zaručuje zdravotní nezávadnost upravené vody. Dávkování fluoru je navrženo podle požadavku hygieniků. Průtok vody je v úpravně gravitační. Nejnáročnější práce na úpravně vody byla stavba filtrů.

### **5.6. Zatopené oblasti**

Aby se nádrž stala zásobárnou pitné vody, muselo se udělat mnoho práce v území budoucí nádrže a v jejím ochranném pásmu. Lesy a keře musely být vykáceny, stavby pod úrovní hladiny musely být odstraněny. Budovaly se nové náhradní bytové jednotky, rušily se tehdejší závody. Celkem se odstranilo 708 ha lesů, 200 000 m<sup>2</sup> keřů a 66 ha ornice. (Chlum a kol. 1974)

Vesnice Zahrádka patřila jedné z nejstarších osad Ledčecka a roku 1327 byla povýšená na městečko, které leželo na řece Želivce. Zahrádku roku 1850 postihl velký požár a vyhořelo skoro celé městečko. V té době shořela necelá stovka stavení, pouze škola a jeden obytný dům zůstal nepoškozený. Další rána postihla Zahrádku téhož roku nemoc cholera, kdy na ní v městečku zemřelo 87 osob. Cca 2500 lidí se muselo vystěhovat. Byla to krásná skautská příroda. Zatopená v 60. letech. V Zahrádce zůstala usedlost a jeden kostel, jinak vše ostatní bylo zatopeno. Vodní dílo Švihov je pojmenováno po obci Švihov, která zanikla kvůli výstavbě nádrže.

## **6. Kvalita surové vody**

Kvalita vody se v Želivce začala sledovat v roce 1950. V roce 1964-1965 se na provizorním zařízení začalo s poloprovodní úpravou vody. V květnu 1965 byl zahájen pokusný provoz, o půl roku později začalo zařízení úpravy vody pracovat naplno. Aby se akumulační faktor v nádrži správně využíval, byla potřeba provést asanační opatření v celém povodí toku. Toto opatření mělo být prováděno hlavně na místech koncentrovaných odpadů – průmyslu i sídlišť, ale i zemědělského a lesního provozu. Při poloprovodní zkoušce úpravy vody vyplynulo, že ve všech případech surová voda stejné kvality při porovnání dvoustupňové a koagulační filtrací, bylo

dosaženo kvality požadované normy. Když měla surová voda vyšší hodnotu přirozené alkality, při dvoustupňové separaci byla použita kyselina sírové společně se srážedlem. Zkoušky, kde se používaly pomocné koaguláty, nepřinesly žádné výjimečné výsledky, proto se koagulanty pro úpravu vody nedoporučovaly. Výsledky, které na Želivce byly získány dlouhodobým poloprovozním pokusem, potvrdily, že když bude kvalita surové vody v určitém rozmezí hodnot naměřených v určitém sledovaném čase, má technologie předpoklady k zajištění dané kvality upravené vody podle požadavku dané ČSN – Pitná voda. (Mácha a kol.1974)

### 6.1. Vývoj jakosti vody od napuštění nádrže

V průběhu napuštění nádrže, v 1. polovině 70. let, došlo ke zvyšování zemědělské výroby. Kvůli erozním smyvům a vyplavování živin z půdního profilu byla v nádrži zhoršena jakost vody. Díky tomu došlo k nárůstu minerálních živin, především fosforu a dusíku. Tyto živiny způsobily eutrofizaci nádrže, které jsou spojeny se sezónním rozvojem fytoplanktonu.

V 70. letech se průměrný obsah dusičnanů pohyboval okolo 20 mg/l, díky eutrofizaci v 90. letech se zvýšil až na 40 mg/l).

Tento problém se výrazně projevil především na přelomu 80. a 90. let, kdy bylo suché období, hladina v nádrži poklesla, díky tomu se zmenšil zásobní objem vody a došlo ke zvýšení koncentrace živin vedoucí k eutrofizaci vody. Ministerstvo životního prostředí a ministerstvo zemědělství vydalo v roce 1992 jako reakci na VN Švihov materiál, kde byly stanoveny úkoly a cíle, které měly vést k dlouhodobé stabilizaci jakosti surové vody ve vodní nádrži Švihov.



Obrázek 2 – Hladina v nádrži Švihov ke dni 16.2.2020

Zdroj: Povodí Vltava, 2020

V letech 1942-1972 se objevil první signál degradačního nástupu. Sledovaná hodnota nerozpuštěných látek (ornice) se zvýšila 4x, což bylo nevysvětlitelné. Podle ČSN 83 0608 byla přípustná hodnota 50 mg/l pro nerozpuštěné látky, nicméně bylo naměřeno 198,8 mg/l, což vodu charakterizovalo za „velmi silně znečištěnou“. V roce 1946 bylo stále zvýšené množství této látky, nicméně to se tehdy týkalo pouze 10 km úseku dolního toku.

O tři roky později, v roce 1949 šlo o celý tok řeky Želivky, kde nadále hodnoty narůstaly. V té době šlo o jev nepochopitelný, jelikož o 2 měsíce později měl celý tok opět charakter vody „velmi čisté“.

Až po několika desítkách let se přišlo na to, že tato změna byla důsledkem přechodu z maloplošné na velkoplošné obdělávání půdy. Další ukazatel, který ukázal přechod k zemědělské výrobě byly chloridy, které měly stoupající tendenci z důvodu zvyšovaného množství průmyslových hnojiv, které byly dováženy do tohoto povodí. Tento nový způsob obdělávání půdy zasáhl do hydrosféry, nejlépe tato změna byla poznat na indikátoru fekálního znečištění. Fekální bakterie se velmi dobře roznáší ve vodě a dokážou dlouhodobě přežít v půdním prostředí. Bylo zjištěno, že voda ve švihovském profilu byla již v roce 1950 podle tohoto indikátoru pojmenována jako „voda znečištěná“, v roce 1971 jako „voda velmi silně znečištěná“. Vodárenská technologie dokáže i takové znečištění díky koagulaci, sedimentaci, filtraci a dezinfekci zvládnout. Co zvládnout nedokáže je obsah nitrátů. Obsah nitrátu byl na začátku sledování nízká (v roce 1942 bylo pouze 5 mg NO<sub>3</sub>/l), v roce 1954 byla voda bez obsahu nitrátů, v roce 1965 byla při náhodném zjištění nalezen obsah o hodnotě 13,7 mg/l. O rok později, v roce 1966 obsahovala voda řeky Želivky obsah nitrátu až 28 mg NO<sub>3</sub>/l. Nejvyšší obsah nitrátu byl naměřen 34 mg NO<sub>3</sub>/l v roce 1971, přitom ČSN 83 0611, která byla vydána v roce 1974 povolovala obsah nitrátů nejvýše v hodnotě 50 mg NO<sub>3</sub>/l. (Chlum a kol. 1974)

Důležitým krokem pro ozdravení vody bylo vyčistit všechny před zdrží na přítocích. Postupně došlo k odbahnění a obnovil se sedimentační prostor pro zachycování smyvů a splachů z půdy. Pravidelné odebrání vzorků surové vody z vodárenské nádrže Švihov nám udává představu o kvalitě. Provádí se fyzikálněchemické, mikrobiologické a hydrobiologické rozborů.

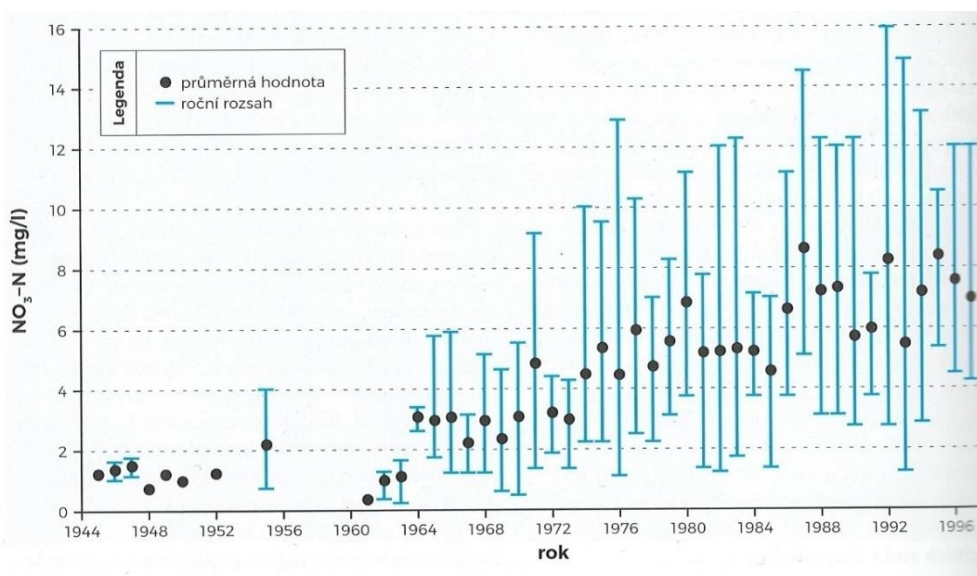
Jakost surové vody je kontrolována z celého vodního sloupce v místě odběrného objektu pravidelně v komplexním rozboru, zpravidla jednou týdně. Některé ukazatele jsou kontrolovány každodenně.

Jediný ukazatel, který se od počátku sledování do roku 1996 snížil, je železo. Koncentrace železa měřená v 90. letech nepřesáhla 0,3 mg/l. Ukazatel BSK<sub>5</sub> ve většině případů v 90. letech vždy ukazoval nízké hodnoty, okolo 2 mg/l z důvodu, že se jedná o oblast, která není zatížena průmyslem a málo hustým osídlením). (Želivka 1996, 1996)

Již v roce 1942 se začala jakost vody v pravidelných intervalech ve vodárenské nádrži Švihov sledovat. V roce 1955 vyšla zpráva Výzkumného ústavu vodohospodářského, kde všechny sledované měrné profily, měly hodnoty koncentrace dusičnanů většinou do 10 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l, v únoru 1955 byla koncentrace dusičnanů v rozmezí 10-20 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l. V únoru a březnu roku 1953 byly na měrném profilu Nesměřice naměřeny koncentrace 77,5 a 53 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l. Vysoká koncentrace byla naměřena také na měrném profilu u Dolních Kralovic, Bělá nad Pelhřimovem a další, podle toho lze usuzovat, že vysoká koncentrace dusičnanů byla způsobena vyplavováním z půdního profilu. V té době již započalo plošné zemědělské znečištění.

Přelomový rok byl rok 1993, kdy částečně vznikl základ dnešního monitoringu.

Na počátku 90. let 20. století došlo k výraznému úbytku vody v nádrži a ke zhoršení kvality vody kvůli přemnožení vodního květu. Úbytek vody byl z velké části způsoben dlouhým a suchým létem. Až po několika letech opět došlo k opětovnému naplnění vodárenské nádrže. V následujícím grafu je popsán vývoj koncentrací dusičnanů od roku 1944 do roku 2000.



## 6.2. Teplota

Jedná se o velmi důležitý ukazatel, který ovlivňuje kvalitu vody. Teplota ovlivňuje chemickou a biochemickou rychlost a je potřebná pro výpočet chemické rovnováhy ve vodě, při biochemické spotřebě kyslíku nebo při zhodnocení samočištění povrchové vody. Teplota je závislá na sezónní teplotě vzduchu, nicméně nejlepší teplota pitné vody, která byla stanovena se pohybuje mezi 8°C až 12°C. (Pitter, 2015)

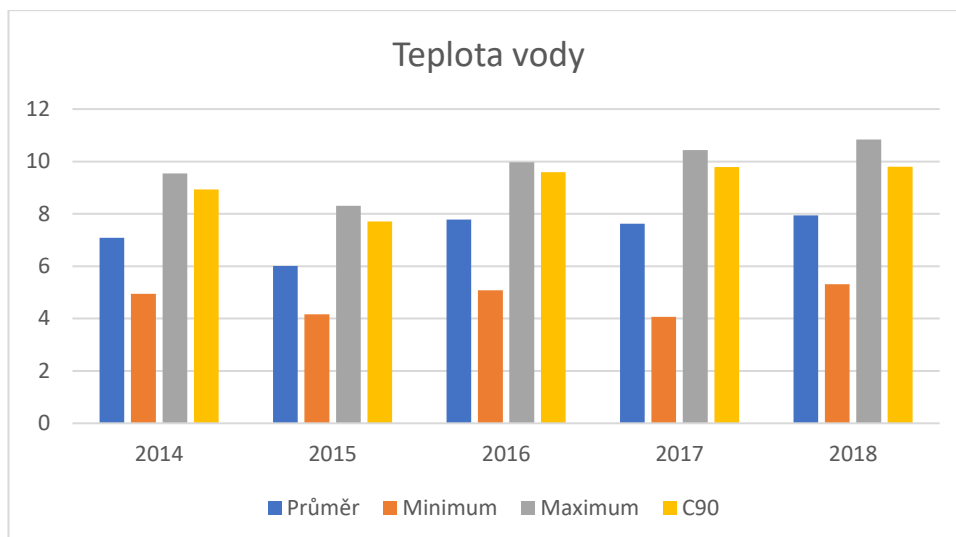


Graf 3 - Teplota vody u hráze

Zdroj: Povodí Vltava, 2018

Při porovnání ledna roku 2019 a 2020 můžeme říci, že teplota vody u hráze je v lednu 2020 vyšší, než teplota vody naměřená v roce 2019.

V následujícím grafu, který se týká teploty vody jsou naměřené hodnoty za uvedený rok v období od 2014-2018. Nejvyšší naměřená hodnota teploty vody byla v roce 2018, kdy teplota vody dosahovala 11°C. Nejmenší teplota vody byla naměřena v roce 2017, kdy teplota vody dosahovala 4 °C. Průměrově se teplota vody za uvedené roky nedostala přes 8°C. Z grafu s porovnáním ostatních roků nevyplývají žádné velké teplotní výkyvy. Ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. je uvedena doporučená hodnota teploty vody, která je v rozmezí od 8-12°C. Tyto teplotní hodnoty jsou pro vodní nádrž Švihov v souladu s vyhláškou č. 252/2004 Sb.



Graf 4 – Teplota vody ve vodní nádrži Švihov za období 2014-2018

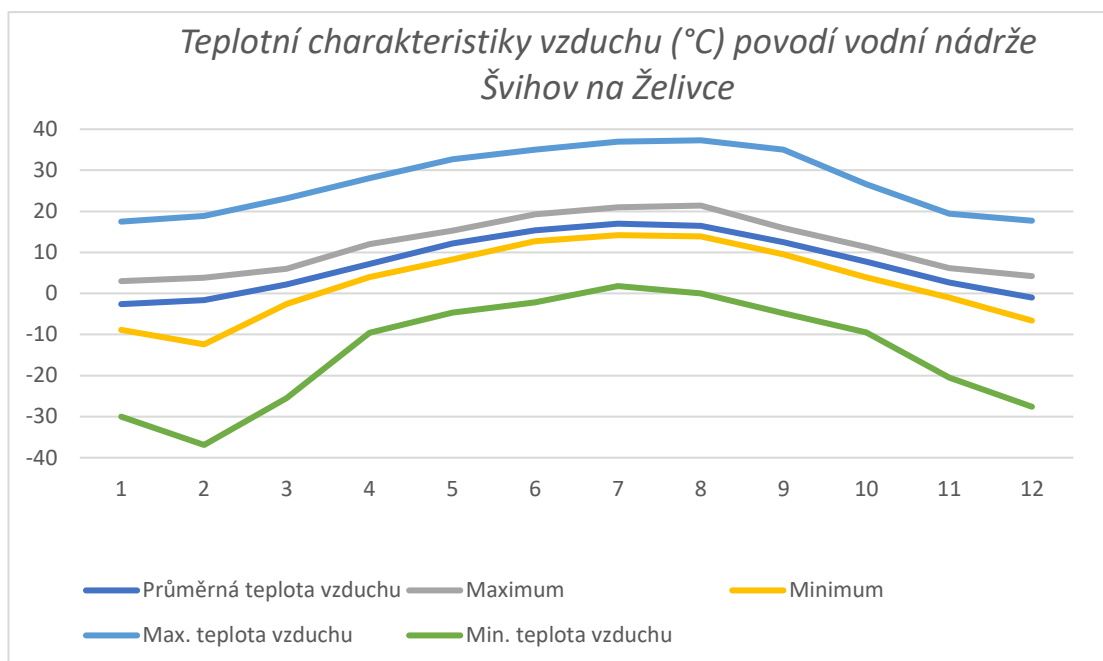
Zdroj: vlastní tvorba na základě dat od Povodí Vltava

Historické teplotní charakteristiky v následující tabulce pro jednotlivé měsíce uvedené v grafu níže ukazují, že v oblasti byly zaznamenávány teploty ve velmi širokém intervalu od  $-37\text{ °C}$  do  $+37\text{ °C}$ . V průměru byl nejchladnější měsíc únor a nejteplejší červenec  $20\text{ °C}$ .

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Průměrná teplota vzduchu	-2,6	-1,6	2,2	7,2	12,2	15,4	17	16,5	12,5	7,7	2,7	-1
Maximum	3	3,8	6	12	15,3	19,3	21	21,4	15,9	11,3	6,2	4,2
Minimum	-8,9	-12,4	-2,6	4	8,3	12,7	14,2	13,9	9,5	3,9	-1	-6,6
Max. teplota vzduchu	17,5	18,9	23,2	28,1	32,7	35	37	37,3	35	26,6	19,4	17,7
Mín. teplota vzduchu	-30	-36,9	-25,5	-9,6	-4,7	-2,2	1,8	0	-4,8	-9,5	-20,5	-27,6

Tabulka 5 – Teplotní charakteristika vzduchu ( $^{\circ}\text{C}$ ) povodí vodní nádrže Švihov v období 1951-2015

Zdroj: Retence a jakost v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce



*Graf 5 – Teplotní charakteristika vzduchu (°C) povodí vodní nádrže Švihov v období 1951-2015*

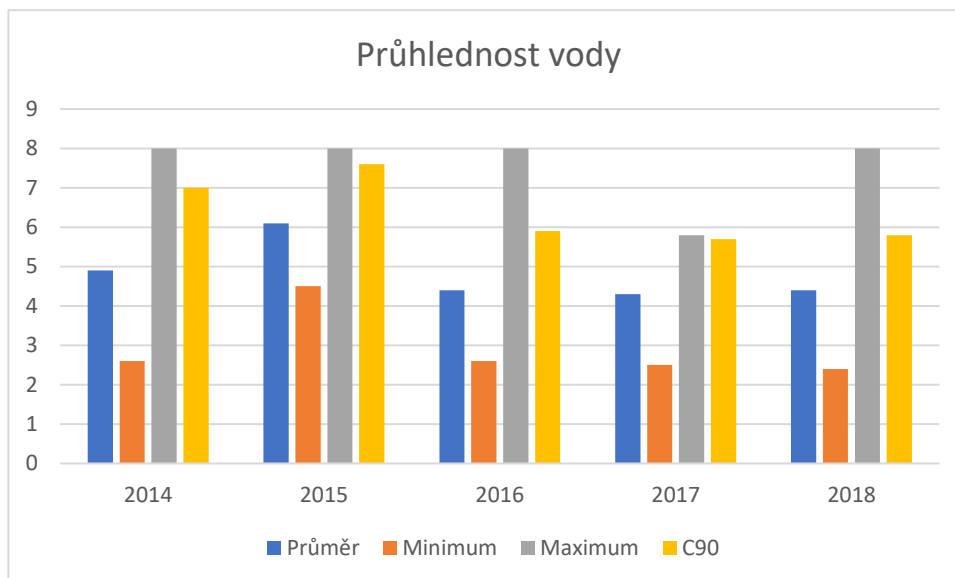
*Zdroj: Retence a jakost vody v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce*

### **6.3. Průhlednost**

Průhlednost neboli vertikální viditelnost je zákal, který bývá způsoben nerozpuštěnými látkami. Jedná se o usazené a neusazené naplaveniny, rozptýlené organické látky. Při zvýšeném výskytu organismů se zákal nazývá vegetačním zákalem a má jiné vlastnosti než zákal, který je způsobený anorganickými částicemi. Na zákal má velký vliv období cirkulace, větrné a suché podnebí, tání sněhu nebo jarní nárůst fytoplanktonu. Průhlednost můžeme změřit Seccioho deskou (kotouč s průměrem 30 cm, který je rozdělený na 2 bílé a 2 černé kvadranty naproti sobě). (Říhová Ambrožová, 2007)

V následujícím grafu je popsána průhlednost vody ve vodní nádrži Švihov v rozmezí 2014-2018.





Graf 6 – Průhlednost vody ve vodní nádrži Švihov za období 2014-2018

Zdroj: vlastní tvorba na základě dat od Povodí Vltava

Největší průhlednost vody je v zimním období, kdy čistota vody je okolo 8 metrů. Na jaře a podzim je průhlednost okolo 5 metrů. Nejmenší průhlednost je v létě, kdy je okolo 3 metrů.

Ačkoli je v blízkosti nádrže dálnice D1, chloridy z posypů dálnice a zimní solení kvalitu vody neovlivňují – je to potvrzeno laboratorními testy.

Teplota vody je za odpadní štolou a u dna nátokových otvorů přes celý rok okolo 4 stupňů.

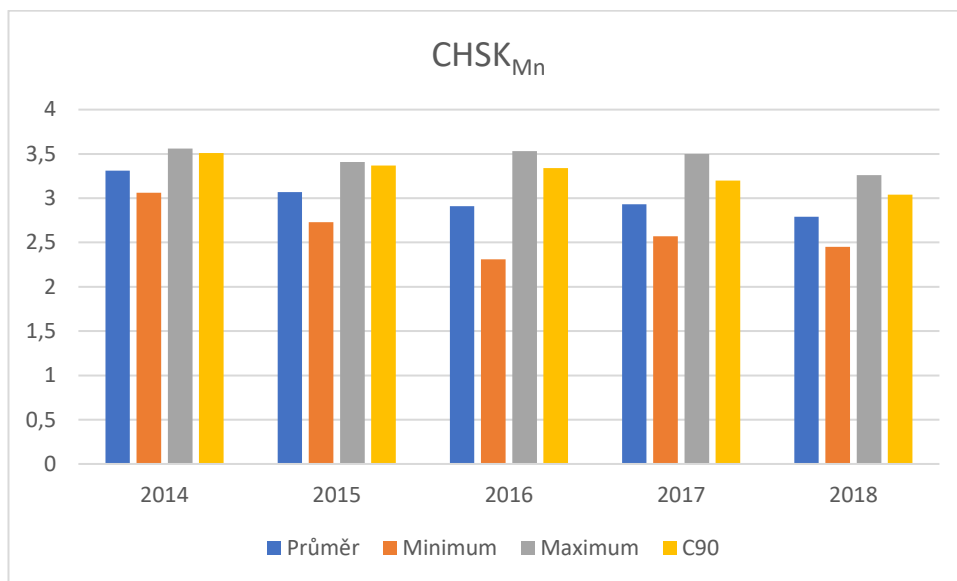
#### 6.4. CHSK (Chemická spotřeba kyslíku)

Chemická spotřeba kyslíku je nejčastěji stanovovaný ukazatel, který nám ve vodě vyjadřuje celkový obsah organických látek. CHSK<sub>Mn</sub> je vhodný pro přírodní a pitnou vodu, kde je použit manganistan draselný. Pro pitnou vodu je ve vyhlášce č. 252/2005 Sb. povolena maximální koncentrace CHSK<sub>Mn</sub> 3 mg/l (Pitter, 1999)

Zvýšená hodnota chemické spotřeby kyslíku často značí i bakteriální znečištění, to se týká např. i při průsaku způsobeného průmyslového znečištění, kde ho doprovází i bakteriální kontaminace. (Labtech, 2007)

Vyšší hodnota chemické spotřeby kyslíku manganistanem draselným může negativně ovlivňovat účinnost dezinfekce. Jedná se o organické nečistoty, nebo přirozené složky humnových látek, které se do vody dostávají.

V následujícím grafu je chemická spotřeba kyslíku manganem draselným popsána v období od 2014-2018. Maximální koncentrace  $CHSK_{Mn}$  je povolena na 3 mg/l, avšak v průměru v roce 2014 a 2015 byla povolená koncentrace přesažena.



Graf 7 – Chemická spotřeba kyslíku manganistanem draselným ve vodní nádrži Švihov za období 2014-2018

Zdroj: vlastní tvorba na základě dat od Povodí Vltava

Ukazatel	Jednotka	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
$CHSK_{Mn}$	mg/l	<6	<9	<14	<20	>20

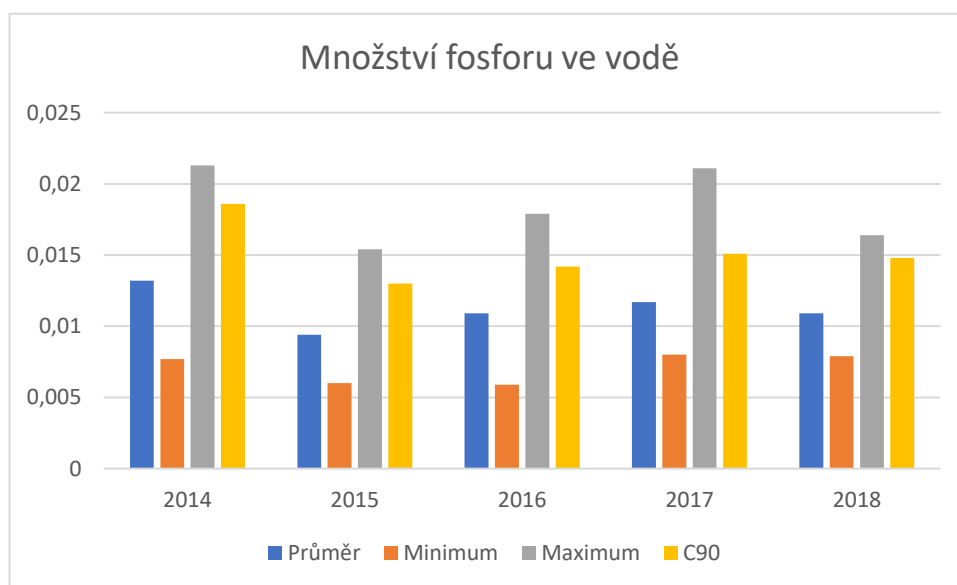
Tabulka 6 - Mezní hodnoty tříd kvality vody  $CHSK_{Mn}$

Zdroj: ČSN 75 7221

## 6.5. Fosfor

Fosfor je nekovový prvek, který se ve formě sloučenin vyskytuje především v zemské kůře (0,12 %). Jedná se o vysoce jedovatý prvek. Při zvýšeném množství fosforu ve vodách dochází k nadměrnému růstu řas. (Manahan, 2005)

Zbytky rostlin a živočichů, rozkládající se biomasa zooplanktonu a fytoplanktonu patří mezi přírodní organické zdroje fosforu. Mezi antropogenní anorganický zdroj fosforu patří splachy z pozemků, kde byla aplikována fosforečná hnojiva a kde byla vypouštěna odpadní voda, kam se fosforečnany dostávají díky pracím prostředkům, které obsahují až 5 % fosforu. Mezi další antropogenní organický zdroj fosforu patří fosfor, který je obsažen v živočišných tkáních a odpadech. Člověk vyloučí denně okolo 1,5 g fosforu, který jde do splaškových odpadních vod. (Pitter, 1999)



Graf 8 – Množství fosforu ve vodě ve vodní nádrži Švihov za období 2014-2018

Zdroj: vlastní tvorba na základě dat od Povodí Vltava

Na jaře a na podzim bývá větší hodnota fosforu kvůli fosforečným hnojivům, které jsou splaveny do toku. Na vyšší hodnotu fosforu ve vodě mohou mít dopad také odpadní vody ze septiku, které mohou být do toku také splaveny.

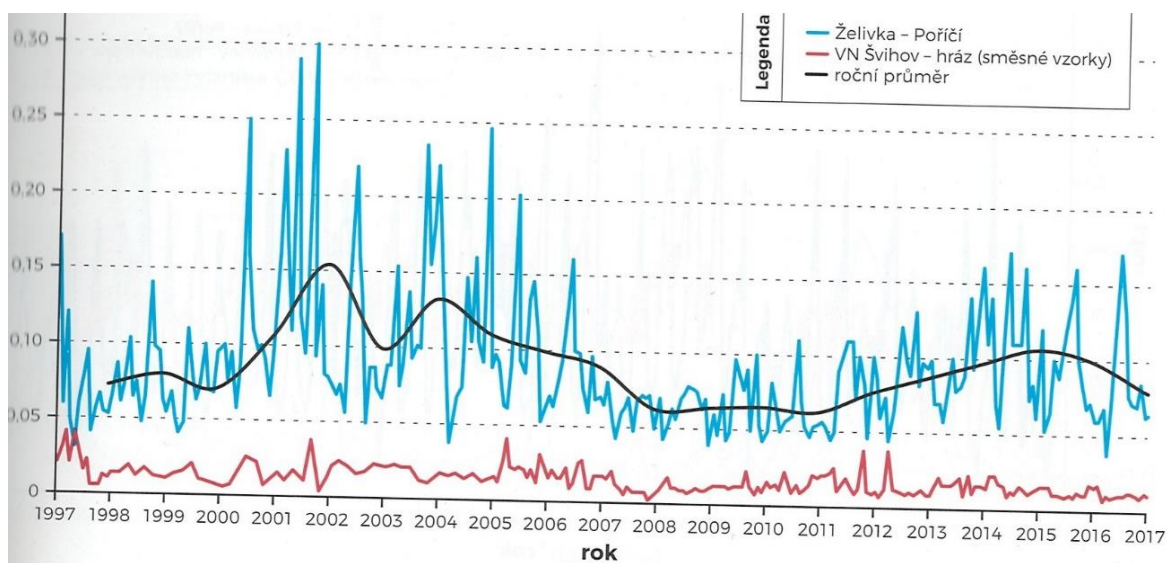
Mezní hodnota teplé vody u fosforečnanu je 3,5 mg/l. Maximální dosažená hodnota fosforu byla naměřena v roce 2014 a 2017, kdy hodnota dosáhla 0,02 mg/l. Roční hodnoty fosforu se podle ČSN 75 7221 řadí do I. třídy kvality vody.

Ukazatel	Jednotka	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
Celkový fosfor	mg/l	<0,05	<0,15	<0,3	<0,6	>0,6

Tabulka 7 - Mezní hodnoty tříd kvality vody celkového fosforu

Zdroj: ČSN 75 7221

Fosfor lze z pohledu eutrofizace posuzovat za nejrizikovější faktor v povodí vodní nádrže Švihov. Fosfor pochází ze zemědělských zdrojů, tak z bodových. Komunální a průmyslové odpadní vody jsou hlavní zdroj výskytu fosforu v povodí. Oproti 90. letům 20. století je produkce fosforu z bodových zdrojů nižší. V dolní polovině vodního díla Švihov husté vegetační zákaly a vodní květy momentálně nehrozí. Úroveň eutrofizace vodárenské nádrže vykazuje setrvalý stav, nezhoršuje se. (Retence a jakost vody v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce) Viz graf níže.



Graf 9 - Dlouhodobý vývoj koncentrace celkového fosforu (mg/l) na přítoku do vodárenské nádrže VN Švihov na Želivce a na profilu hráz.

Zdroj: Retence a jakost vody v povodí vodárenské nádrže Švihov, 2018

## 7. Diskuze

Každoročně se čím dál více dbá na kvalitu pitných vod. Hnojení a pesticidy, negativně působí na kvalitu vody. První část bude o historickém pohledu na kvalitu vody, druhá část se bude týkat dnešní situace s kvalitou vody.

V 70. letech měla problém s kvalitou vody i vodní nádrž Švihov, kdy se rapidně zvýšila zemědělská výroba. Kvůli smyvům ze zemědělské výroby se tyto látky mohou dostat do vodního toku a způsobí znečištění vody. Ve vodní nádrži Švihov došlo k nárůstu minerálních živin, které měly za následek eutrofizaci vody, a tím sezónní rozvoj fytoplanktonu.

Ještě v 70. letech byl průměrný obsah dusičnanů ve vodní nádrži 20 mg/l, ale právě kvůli eutrofizaci obsah dusičnanů vzrostl na 40 mg/l, což je dvojnásobek. Chloridy měly kvůli zemědělské výrobě taktéž stoupající tendenci.

Stejný problém byl i u nerozpuštěných látek, kdy tehdejší ČSN 83 0608 připouštěla 50 mg/l pro nerozpuštěné látky. Ve 40. letech bylo na řece Želivce naměřeno 198,8 mg/l, což charakterizuje vodu za velmi silně znečištěnou a jedná se o čtyřnásobek povolené hodnoty. Šlo o nepochopitelný jev, jelikož po 2 měsících od tohoto velkého nárůstu měl celý tok opět charakter vody čisté.

Dnes již naštěstí vodárenské technologie dokážou vodu upravit na požadovanou kvalitu až na obsah nitrátu, na který dříve vodárenská technologie nebyla připravená.

V roce 1942 byl obsah nitrátu pouze 5 mg NO<sub>3</sub>/l, v roce 1954 bez nitrátů, v roce 1966 dosahovala hodnota až 28 NO<sub>3</sub>/l. Nejvyšší naměřenou hodnotu nitrátu voda obsahovala v roce 1971, kdy bylo naměřeno 34 NO<sub>3</sub>/l, přitom tehdejší ČSN 83 0611 povolovala nejvýše 50 NO<sub>3</sub>/l.

Ve výsledku tedy mohu říct, že díky hnojení a použití pesticidů hodnoty všech měřených ukazatelů té doby vzrostly. Jediný ukazatel, který od počátku sledování do roku 1996 klesl bylo železo, který nikdy nepřesáhlo 0,3 mg/l.

V mé praktické části jsem z dat získaných od Povodí Vltavy vytvořila grafy, které se týkají teploty vody, průhlednosti vody, chemickou spotřebou kyslíku a celkového množství fosforu ve vodě.

Každý rok máme o něco tepleji, můžeme říct, že dnešní léta jsou mnohem teplejší než léta v 70. letech, a právě i teplota má velký vliv na kvalitu vody.

Podle Ondřeje Příbyla, který zpracovává teplotní data do grafu pro Český hydrometeorologický ústav, je v České republice nárůst teploty dvojnásobný než nárůst průměrné světové teplotní anomálie.

Při porovnání teploty vzduchu v lednu roku 2019 byla nejnižší naměřená teplota  $-12,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , zatímco v lednu 2020 byla nejnižší naměřená teplota  $-7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Teplota vody u hráze vodní nádrže Švihov v lednu 2020 je vyšší než za rok 2019, což je způsobeno okolní teplotou vzduchu, viz graf č.3.

Nejvyšší hodnota pro teplotu vody byla v roce 2018, kdy voda dosahovala  $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a naopak nejnižší naměřená hodnota teploty vody byla v roce 2017, tedy necelých  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , viz graf č.4.

Mezi mé další zkoumané ukazatele je průhlednost, která se měří Seccioho deskou. Největší průhlednost je ve vodní nádrži Švihov v zimním období, kdy je průhlednost vody až do hloubky 8 metrů. Na jaře a na podzim je viditelnost okolo 5 metrů a v létě je průhlednost 3 metry. Ve výsledném grafu č. 6 je nejvyšší viditelnost průměrná v roce 2015, naopak nejmenší průhlednost byla v roce 2017.

Nejčastěji stanovovaným ukazatel je chemická spotřeba kyslíku, který vyjadřuje celkový obsah organických látek ve vodě. Pro  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  je podle vyhlášky č. 252/2005 Sb. pro pitnou vodu povolena maximální koncentrace  $3\text{ mg/l}$ . V roce 2014 a 2015 byla hodnota v průměru pro chemickou spotřebu kyslíku manganistanem draselným přesažena, avšak za poslední čtyři sledované roky nebyla nikdy vyšší než  $3,5\text{ mg/l}$ . Podle tabulky č.6 pro mezní hodnotu třídy kvality vody se jedná o I. třídu kvality vody, kdy pro tuto charakteristiku musí chemická spotřeba kyslíku manganistanem draselným být menší než 6.

Může se tedy jednat o přirozené složky humnových látek a organické nečistoty, které se do vody přirozeně dostávají. Zároveň vyšší hodnoty mohou negativně ovlivňovat účinnost dezinfekce.

Dalším ukazatel byl fosfor, který se ve vodách vyskytuje, nicméně při zvýšeném množství fosforu ve vodě dojde k růstu řas a tím je nižší viditelnost. Mezní hodnota teplé vody u fosforečnanů je  $3,5\text{ mg/l}$ . Maximální hodnota fosforu byla naměřena v roce 2014 a 2017, kdy hodnota dosáhla  $0,02\text{ mg/l}$ , to řadí roční celkový fosfor dle ČSN 75 7221 do I. třídy kvality vody.

Můžeme tedy říct, že v roce 2017 byla nejmenší průhlednost a zároveň byla nejnižší naměřená hodnota vody a nejvyšší hodnota fosforu.

Ukazatele byly sledovány na hrázi vodní nádrže Švihov na říčním kilometru 4,3 v období 2014-2018. Odběry v nádrži se provádí ve vertikálních profilech, kde se jedná o bodové vzorky z povrchové vrstvy vody 0-4 metry. Hodnoty, které jsou znázorněny v grafech, jsem okomentovala podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. pro pitnou vodu a na základě ČSN 75 7221.

## 8. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vyhodnotit jakost vody ve vodní nádrži Švihov na základě dat, které mi poskytlo Povodí Vltavy od roku 2014-2018.

Začátkem mé práce byla sumarizace všech dat, odborné literatury a odborných článků, které se vodní nádrže Švihov a řeky Želivky týkaly. Zúčastnila jsem se odborných exkurzí a přednášek ve vodním domě u nádrže Švihov u Nesměřic, abych danému tématu mohla naplno porozumět.

V literární rešerši jsem se zabývala historií a současností vodního hospodářství a pražských vodáren, spotřebou pitné vody a statistikou k ní, čistotou vody, kvalitou vody a fyzikálně-chemickými ukazateli pitné vody.

Vývoj jakosti vody ve vodní nádrži jsem zpracovala na základě poskytnutých dat od Povodí Vltavy pro teplotu, průhlednost, chemickou spotřebu kyslíku a fosforu za poslední čtyři roky.

Pro každý jednotlivý ukazatel jsem vytvořila graf, který nám ukazuje vývoj v ročním intervalu.

Z této bakalářské práce vidím velký přínos především ze získávání informací o vodní nádrži Švihov, řece Želivce, o pitné vodě, o kvalitě vody a o jednotlivých ukazatelích, které jsou velmi důležité pro stanovení jakosti kvality vody. Velký přínos vidím i z literární rešerše, kde jsem se mohla nastudovat historii z vodního hospodářství.



## 9. Seznam použitých zdrojů

### 9.1. Seznam použité literatury

1. BUCHTÍK, Jaroslav, 1973. *Pražský vodovod: Historie a současnost, výstavba a výhled*. Praha, 127 s.
2. BURNIE, David, 2005. *Říše zvířat: Objevte úžasný svět zvířat*. Praha, 200 s. ISBN 9788073211479.
3. BURNIE, David. *Velká obrazová encyklopedie přírody*. Praha: Svojtka & Co., 2004. ISBN 80-7352-091-5.
4. CÍLEK, Václav, Zdeňka SŮVOVÁ a Tomáš JUST, 2017. *Voda a krajina: Kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině*. Praha. ISBN 978-80-7363-837-5.
5. CIRMAN, Vladimír, 1993. *MEMO junior – Larousse encyklopedie*. Praha: Nakladatelský dům OP, 295 s. ISBN 80-85841-22-3.
6. Frimmel F. H., 1993: *Wasserchemiefür Ingenieure*. 1. Aufl. München: R. Oldenbourg Verlag, 479 s. Lehr - und Handbuch Wasserversorgung Bd. 5. ISBN 3 486-26307-2.
7. CHLUM, Antonín, 1974. *Vodní dílo Želivka*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 306 s. ISBN 07-03074-05.
8. KOMÍNKOVÁ, Dana, BENEŠOVÁ, Libuše, ŠŤASTNÁ, Gabriela, 2014: *Úprava pitných a čištění odpadních vod*. Vyd. 1. Praha. 238 s.
9. KVÍTEK, Tomáš. *Retence a jakost vody v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce: význam retence vody na zemědělském půdním fondu pro jakost vody a současně i průvodce vodním režimem krystalinika*. Praha: Povodí Vltavy, státní podnik, 2017. ISBN 978-80-270-2488-9.
10. MÁCHA, Jaroslav, 1972. *Želivka tunelem do Prahy*. Praha: SNTL, 220 s. ISBN 02603-301-05-104.
11. MANAHAN, Stanley E. *Environmental Chemistry*. 8th ed. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, c2005. ISBN 1-56670-633-5.
12. PITTEK, Pavel, 1999. *Hydrochemie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 568 s. ISBN 80-03-00525-62.
13. PITTEK, Pavel, 2015. *Hydrochemie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN 978-80-7080-928-0.

14. PLEVA, František. *Želivka: naše řeka*. Pelhřimov: Nová tiskárna Pelhřimov, 2003. ISBN 80-86559-22-x.
15. ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J. *Průhlednost, zákal a barva vody*. *Encyklopedie hydrobiologie : výkladový slovník*. Praha: VŠCHT Praha, 2007.
16. SYNÁČKOVÁ, Marcela, 1996. *Čistota vod*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 208 s. ISBN 80-01-01083-X.
17. Želivka 1996: problémy jakostí vody vodárenské nádrže: sborník přednášek z konference konané 31. října 1996, Praha, 1996. Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost. ISBN 80-02-01128-7.

## 9.2. Seznam internetových zdrojů

1. Conctactormag, ©2016: Top ten list of countries using the most water (online) [cit. 2019-11-13], dostupné z <<https://www.contractormag.com/green/top-ten-list-countries-using-most-water#menu>>
2. Český statistický úřad, ©2019: Češi v domácnostech denně spotřebují přes 89 litrů pitné vody (online) [cit.2020.02.20], dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/cesi-v-domacnostech-denne-spotrebuji-pres-89-litru-pitne-vody>>.
3. Český statistický úřad, ©2019: Vodovody, kanalizace a vodní toky – 2018 (online) [cit.2020.02.20], dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/vodovody-kanalizace-a-vodni-toky-2018>>.
4. FIEDLER, D., GRAEBER, D., BADRIAN, M., and KÖHLER, J. Growth response of four fresh water algal species to dissolved organic nitrogen of different-concentration and complexity. *Freshwater Biology*, 2015, 60, p. 1613–1621.
5. HLADÍKOVÁ, Klára. Švihov. *Vojtěch Broža a kolektiv: Přehrady Čech, Moravy a Slezska; KNIHY 555 - Květa Vinklátová; 2005*. [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: <https://www.kct-tabor.cz/gymta/VodniPrehrady/Zelivka/index.htm>
6. Hydrotech, ©2019: 9 krajín, ktoré spotrebujú ročne najviac vody na svete (online) [cit. 2019-11-13], dostupné z <<https://www.hydrotech-group.com/cz/blog/9-krajin-ktere-spotrebuji-rocne-nejvice-vody-na-svete-sx>>

7. Kotal, F.; Vavrouš, A.; Moulisová, A. a kol. Výsledky první etapy národního monitorování pesticidů a jejich metabolitů v pitné vodě v České republice. In: Sýkora, V. a Kujalová, H. (eds.) Sborník 7. konference HYDROANALYTIKA 2017 (Hradec Králové, 12.–13. 9. 2017). Vydal CSlab s.r.o., Praha 2017. Str. 69–76.
8. Labtech, ©2019: Fyzikálně chemické ukazatele pitné vody (online) [cit.2020.02.20], dostupné z <<https://www.labtech.eu/fyzikalne-chemicke-ukazatele/>>.
9. MEKONNEN, Mesfin M. a Arjen Y. HOEKSTRA. Fourbillionpeoplefacing severe waterscarcity. *Advances.sciencemag.org* [online]. Netherlands, 12 Feb 2016 [cit. 2019-11-13]. Dostupné z: <https://advances.sciencemag.org/content/2/2/e1500323>
10. MIČANÍK, T., HANSLÍK, E., NĚMEJCOVÁ, D. a BAUDIŠOVÁ, D. Klasifikace kvality povrchových vod. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2017, roč. 59, č. 6, str. 4–11. ISSN 0322-8916.
11. Ministerstvo zemědělství, ©2004: Z historie plánování ve vodním hospodářství (online) [cit.2020.02.20], dostupné z <<http://eagri.cz/public/web/mze/voda/planovani-v-oblasti-vod/historie-planovani/z-historie-planovani-ve-vodnim.html>>.
12. Prchal, T., 2019: Voda se ve světě stává vzácnou komoditou (online) [cit.2020.02.20], dostupné z <[https://ceskolipsky.denik.cz/zpravy\\_region/voda-se-ve-svete-stava-vzacnou-komoditou-20190404.html](https://ceskolipsky.denik.cz/zpravy_region/voda-se-ve-svete-stava-vzacnou-komoditou-20190404.html)>.
13. PRCHAL, Tomáš. *Voda se ve světě stává vzácnou komoditou Zdroj: [https://ceskolipsky.denik.cz/zpravy\\_region/voda-se-ve-svete-stava-vzacnou-komoditou-20190404.html](https://ceskolipsky.denik.cz/zpravy_region/voda-se-ve-svete-stava-vzacnou-komoditou-20190404.html)* [online]. 2019, 4.4.2019 [cit. 2019-11-18]. Dostupné z: [https://ceskolipsky.denik.cz/zpravy\\_region/voda-se-ve-svete-stava-vzacnou-komoditou-20190404.html](https://ceskolipsky.denik.cz/zpravy_region/voda-se-ve-svete-stava-vzacnou-komoditou-20190404.html)
14. Statista, © 2018: Average per capita waterconsumption in Chinabetween 2007 and2017. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/279679/average-per-capita-water-consumption-in-china/>
15. STÁTNI PODNIK, Povodí Vltavy. *Povodí Vltavy - Nádrž Švihov*. 2013 [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/>

16. STÁTNI PODNIK, Povodí Vltavy. *Vodní dílo Želivka – Švihov*. [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/svihov.pdf>
17. Státní zdravotní ústav, ©2018: Zpráva o kvalitě pitné vody v ČR za rok 2017 (online) [cit.2020.02.20], dostupné z <[https://www.czso.cz/csu/czso/13-1134-07-2006-3\\_3\\_2\\_voda](https://www.czso.cz/csu/czso/13-1134-07-2006-3_3_2_voda)>.
18. Štěpánková, A., 2016: Přehradý světa, *Lomy a těžba* [online][cit. 2019-11-18], dostupné z<<http://www.lomyatezba.cz/2015/2015-4/item/647-prehrady-sveta>>.
19. *Úpravna vody Želivka*. [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: <http://www.zelivskaprovozni.cz/>
20. WANNER, Filip. *Obyvatelé ČR platí za vodu devátou nejnižší částku v Evropě* [online]. 2018, 21.8.2018 [cit. 2019-11-18]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/obyvatele-cr-plati-za-vodu-devatou-nejnizsi-castku-evrope/>

### 9.3. Seznam zákonů, vyhlášek a norem

1. ČSN 75 7221: Kvalita vod – Kvalifikace kvality povrchových vod, Praha, 2017. 24 s.
2. Vyhláška č. 252/2004 Sb., o stanovení hygienických požadavků na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění.
3. Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

## 10. Seznam obrázků, grafů a tabulek

### 10.1. Seznam obrázků

1. *Obrázek 1 – Poloha vodní nádrže Švihov*  
Zdroj: [https://www.mistopisy.cz/pruvodce/body-zajmu/166/vodni-nadrze-svihov/?position\\_map=5e36c36bb36a4](https://www.mistopisy.cz/pruvodce/body-zajmu/166/vodni-nadrze-svihov/?position_map=5e36c36bb36a4)
2. *Obrázek 2 - Hladina v nádrži Švihov ke dni 16.2.2020*

Zdroj: <http://www.pvl.cz/portal/Nadrze/cz/pc/Mereni.aspx?id=ZESV&oid=2>

## 10.2. Seznam grafů

1. *Graf 1 - Roční platba za vodu v Evropě vztážená k životní úrovni*  
Zdroj: <https://www.nase-voda.cz/obyvatele-cr-plati-za-vodu-devatou-nejnizsi-castku-evrope/>
2. *Graf 2 – Vývoj koncentrace dusičnanů od roku 1944 do roku 2000*  
Zdroj: *Retence a jakost vody v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce*
3. *Graf 3 - Teplota vody u hráze*  
Zdroj: [http://www.pvl.cz/portal/jvn/cz/mereni\\_2018\\_hraz.htm](http://www.pvl.cz/portal/jvn/cz/mereni_2018_hraz.htm)
4. *Graf 4 – Teplota vody ve vodní nádrži Švihov za období 2014-2018*  
Zdroj: *vlastní tvorba na základě dat od Povodí Vltava*
5. *Graf 5 – Teplotní charakteristika vzduchu (°C) povodí vodní nádrže Švihov*  
Zdroj: *Retence a jakost vody v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce*
6. *Graf 6 – Průhlednost vody ve vodní nádrži Švihov za období 2014-2018*  
Zdroj: *vlastní tvorba na základě dat od Povodí Vltava*
7. *Graf 7 – Chemická spotřeba kyslíku manganu ve vodní nádrži Švihov za období 2014-2018*  
Zdroj: *vlastní tvorba na základě dat od Povodí Vltava*
8. *Graf 8– Množství fosforu ve vodě ve vodní nádrži Švihov za období 2014-2018*  
Zdroj: *vlastní tvorba na základě dat od Povodí Vltava*
9. *Graf 9 – dlouhodobý vývoj koncentrace celkového fosforu (mg/l) vodárenské nádrže VN Švihov na Želivce*  
Zdroj: *Retence a jakost vody v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce*

## 10.3. Seznam tabulek

1. *Tabulka 1 – Průměrná denní spotřeba vody na osobu v roce 2018 pro Prahu*  
Zdroj: <https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/>
2. *Tabulka 2 - Údaje o vodovodech a kanalizacích za rok 2018*  
Zdroj:  
<https://www.czso.cz/documents/10180/91605333/28002119kc.pdf/dc932339-48e6-43e5-b96b-00452f810297?version=1.1>

3. *Tabulka 3 – Klasifikace tekoucích vod podle čistoty*

Zdroj:

[http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=3186&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3186&typ=html)

4. *Tabulka 4 – Stupnice tvrdosti kvality vody*

Zdroj: <https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/vlastnosti-vody/tvrdost-vody/>

5. *Tabulka 5 – Teplotní charakteristika vzduchu (°C) povodí vodní nádrže Švihov*

Zdroj: *Retence a jakost vody v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce*

6. *Tabulka 6 – Mezní hodnoty tříd kvality vody CHSK<sub>Mn</sub>*

Zdroj: ČSN 75 7221

7. *Tabulka 7 - Mezní hodnoty tříd kvality vody celkového fosforu*

Zdroj: ČSN 75 7221

## 11. Přílohy

### Celosvětový výzkum ve školách zaměřený na vodu, hygienické zařízení a hygienu

Nový výzkum UNICEFU zjistil, že 31 % škol po celém světě nemá pitnou vodu, 34 % škol nemá základní hygienické zařízení a 47 % škol nemají základní hygienickou službu.

Pitná voda	Hygienická zařízení	Hygiena
<b>Pokročilá služba:</b> další kritéria mohou zahrnovat množství, kvalitu, kontinuitu a přístupnost pro všechny uživatele	<b>Pokročilá služba:</b> další kritéria mohou zahrnovat poměry studentů na toalety, zařízení pro menstruační hygienu, čistota, přístupnost pro všechny uživatele a systémy pro správu exkrementů	<b>Pokročilá služba:</b> další kritéria mohou zahrnovat hygienickou výchovu, skupinové mytí rukou, materiály pro menstruační hygienu a dostupnost pro všechny uživatele
<b>Základní služba:</b> pitná voda ze zlepšeného zdroje	<b>Základní služba:</b> zlepšená hygienická	<b>Základní služba:</b> zařízení na mytí rukou s vodou a mýdlem

a voda je k dispozici ve škole kdykoliv během průzkumu	zařízení ve škole, která jsou svobodná a použitelná (dostupná, funkční a soukromá v době průzkumu)	dostupné ve škole v době průzkumu
<b>Omezená služba:</b> Pitná voda ze zlepšeného zdroje, ale voda není k dispozici ve škole během průzkumu	<b>Omezená služba:</b> zdokonalená hygienická zařízení ve škole, která nejsou v době průzkumu buď svobodná, nebo nepoužitelná	<b>Omezená služba:</b> zařízení na mytí rukou s vodou, ale bez mýdla, dostupné ve škole v době průzkumu
<b>Žádná služba:</b> Pitná voda z nezlepšeného zdroje nebo žádný zdroj vody ve škole	<b>Žádná služba:</b> nezlepšená hygienická zařízení nebo žádná hygienická zařízení ve škole	<b>Žádná služba:</b> ve škole nejsou k dispozici žádná zařízení na mytí rukou ani voda
<b>Poznámka:</b> Mezi vylepšené zdroje patří voda z potrubí, vrty nebo studny, chráněná vykopaná studna, chráněné prameny a balená nebo dodávaná voda.  <b>K nezlepšeným zdrojům</b> patří nechráněné studny, nechráněné prameny a povrchová voda	<b>Poznámka:</b> Mezi vylepšená zařízení patří splachovací / nalévací splachovací toalety, větrané vylepšené latríny, kompostovací toalety a latríny s deskou nebo plošinou.  Mezi nevylepšená zařízení patří latríny bez desky nebo plošiny, závěsné latríny.	<b>Poznámka:</b> zařízení na mytí rukou mohou být pevná nebo přenosná a zahrnují umyvadlo s vodovodní vodou, kbelíky s vodovodními kohoutky, špičkové štítky a džbány a umyvadla určené k mytí rukou. Mýdlo zahrnuje pevné mýdlo, tekuté mýdlo, prací prášek a mýdlovou vodu, ale nezahrnuje popel, zeminu, písek.

V průzkumu zjistili, že 69 % škol po celém světě disponuje pitnou vodou, 31 % tedy téměř 570 miliónů dětí postrádá pitnou vodu ve školách. 1 ze 3 základních škol a 1 ze 4 středních škol nemají žádnou vodu.

Dále se zjistilo, že 66 % škol po celém světě má základní hygienické zařízení, přes 34 % dětí, tedy 620 miliónů postrádá základní hygienické zařízení ve školách. Více než 1 ze 3 základních škol a 1 ze 4 základních škol, nemají žádné hygienické zařízení.

53 % škol po celém světě má základní hygienickou službu, což znamená, že téměř 900 milionů dětí postrádá základní hygienickou službu ve své škole. Téměř polovina základních škol a 2 z 5 středních škol nemají žádnou hygienickou službu.

Průzkumu se zúčastnilo 92 zemí, které poskytly údaje o vodě. 101 zemí, které poskytly údaje o hygienických zařízeních a 81 zemí, které poskytly údaje k hygieně. Celkový počet zúčastněných zemí je tedy 274. Pouze 68 zemí splňovaly všechny tři kritéria pokročilých službách ve školách z roku 2016.

Školy v Papua-Nová Guinea mají 47 % pokrytí základní vodou, 45 % základní hygienické zařízení, 13 % základní hygienické služby. A přesto jen 5 % škol v zemi má pokrytí vody, základní hygienou a hygienických služeb.

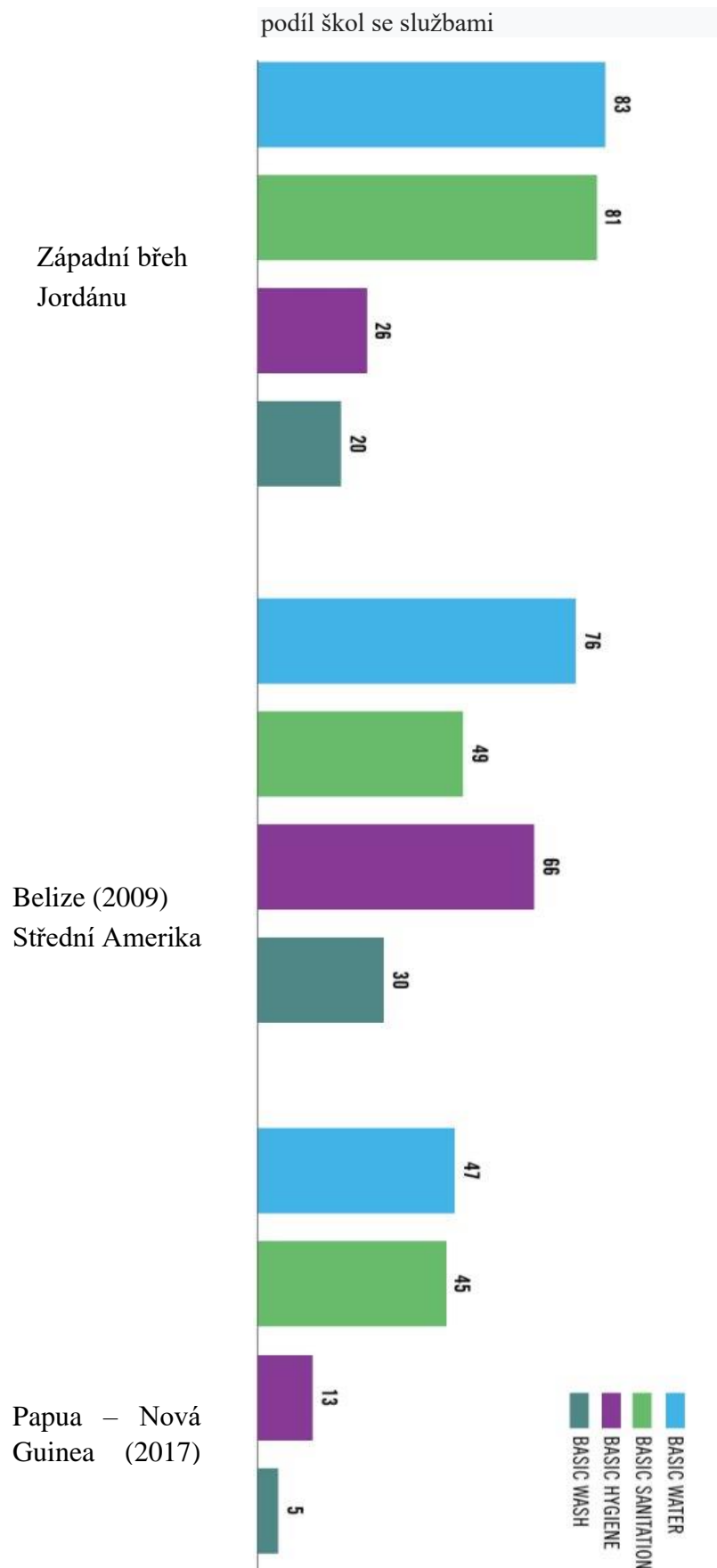
V Kambodži má 67 % středních škol, 48 % základních škol a pouhých 12 % předškolních základní hygienické zařízení.

V Kolumbii má přístup k vodě 95 % městských škol, 82 % peri městech a 53 % venkovských škol.

1 z 5 základních školách v Etiopii je zařízení na mytí rukou, ale pouze polovina z nich je přístupná malým dětem. Čistě 9 z 10 základních škol má hygienické zařízení, ale méně, než polovina z nich je přístupná malým dětem.

Ohledně menstruační hygieny existuje jen omezené množství údajů, ale pokud je k dispozici, ukazuje se, že v regionálním přístupu existují rozdíly. V Libérii má 56 % škol v Grand Bassa a 0 % škol v Gbarpolu latríny s koši, mýdlem a vodou pro správu menstruační hygieny. (UNICEF, WASH, 2018)





Podíl škol na základní vodě, základní hygiena, základní hygiena a všechny tři

Zdroj: <https://washwatch.org/en/blog/2018/07/18/counting-how-many-schools-have-water-sanitation-and-hygiene/>