

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ
A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**



**KVALITA VODY VE VODNÍCH NÁDRŽÍCH
NA PARDUBICKU**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Bakalant: Denisa Petrová

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Denisa Petrová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Kvalita vody ve vodních nádržích na Pardubicku

Název anglicky

Quality of water in water reservoirs in Pardubice region

Cíle práce

Práce se zabývá povrchovými vodami obecně a zkoumá kvalitu vody ve vodních nádržích na Pardubicku.

Metodika

K vypracování práce bude použita odborná literatura a další materiály.

V praktické části bude porovnání jednotlivých vod pomocí poskytnutých naměřených hodnot a získaných informací.

Doporučený rozsah práce

40 stran textu

Klíčová slova

chemismus, povrchová voda, nádrže, Pardubický kraj

Doporučené zdroje informací

HARTMAN, P. – PŘIKRYL, I. – ŠTĚDRONSKÝ, E. *Hydrobiologie*. Praha: Informatorium, 2005. ISBN 80-7333-046-6.

NĚMEC, J. – HLADNÝ, J. – BLAŽEK, V. – ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Voda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2006. ISBN 80-903482-1-1.

PITTER, P. – VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE. *Hydrochemie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.

SLAVÍK, Ladislav a Martin NERUDA. *Voda v krajině*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2007. ISBN isbn978-80-7044-882-3.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2021

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 19. 06. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Kvalita vody ve vodních nádržích na Pardubicku vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a jež 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 souladu s GDPR.

V Třemošnici dne 1. 3. 2022

.....

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D., za vedení mé bakalářské práce, za jeho odborné rady a připomínky a za jeho pomoc. Zároveň děkuji Povodí Labe, státní podnik, za poskytnutí nezbytných dat pro zpracování praktické části práce. Velké poděkování si zaslouží také můj manžel a má rodina, která mě podporovala.

Abstrakt

Vodní nádrže jsou nepostradatelné, jelikož zastávají mnoho funkcí. Velký důraz je také kladen na kvalitu vody. Tato práce spojuje obojí. Je zaměřena na vodní nádrže Hamry, Seč, Křižanovice a Pastviny a posuzuje kvalitu jejich vody.

V literární rešerši bakalářské práce se zabývám povrchovou vodou. Dále je práce zaměřena na chemické látky obsažené v povrchových vodách. Práce se také zabývá vodní legislativou, kvalitou vody v České republice, znečištěním vod. Část je věnována vodním nádržím.

Praktická část mé práce se zabývá popisem vodních nádrží v Pardubickém kraji a kvalitou jejich vody. Hlavním předmětem mé práce je zhodnocení a porovnání kvality vody v jednotlivých nádržích mezi lety 2019 a 2021 pomocí dat, která mi poskytlo Povodí Labe, státní podnik. Sleduji také rozložení látek v rámci vodního sloupce. Data jsou zpracována do grafů a porovnávána s limity stanovenými nařízením vlády č. 401/2015 Sb. a vyhláškou č. 252/ 2004 Sb.

Hlavním přínosem této práce je shrnutí a analýza informací o vybraných nádržích a kvalitě jejich vody. Za přínosné také považuji to, že má práce vyhodnocuje změny koncentrace ukazatelů kvality vody v jednotlivých nádržích v rámci vodního sloupce.

Klíčová slova: povrchová voda, vodní nádrže, Pardubický kraj, kvalita vody, vodní sloupec.

Abstract

Dams are indispensable as they perform many functions. Big emphasis is also placed on water quality. This bachelor thesis connects both. It focuses on the Hamry, Seč, Křižanovice and Pastviny reservoirs and assesses their water quality.

In the literary research of the bachelor thesis, I deal with surface water. Furthermore, the bachelor thesis focuses on water quality indicators, which are contained in surface waters. I also deal with water legislation, water quality in the Czech Republic, water pollution. The part is dedicated to water reservoirs.

The practical part of my thesis deals with the description of water reservoirs in the Pardubice region and the quality of their water. Part is also devoted to sampling. The main subject of my work is to evaluate and compare the quality of water in individual reservoirs between 2019-2021, using data provided by the Povodí labe, státní podnik. I also monitor the distribution of substances within the water column. I will process the data into graphs and compare them with Government Decree No. 401/2015 Coll. and Decree No. 252/2004 Coll.

The main contribution of this thesis is to obtain information about selected reservoirs and their water quality. The benefit is also that my work can be used to monitor changes in the concentration of water quality indicators in individual reservoirs within the water column in the growing season.

Keywords: surface water, water reservoirs, Pardubice region, water quality, water column.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	2
3. Povrchová voda.....	3
3.1 Druhy povrchových vod.....	3
3.1.1 Stojaté.....	3
3.1.2 Tekoucí.....	3
3.2 Dělení podle salinity.....	4
3.2.1 Slaná voda	4
3.2.2 Sladká.....	4
3.2.3 Brakická	4
3.3 Dělení podle obsahu živin	4
3.3.1 Eutrofní vody	5
3.3.2 Oligotrofní vody.....	5
3.3.3 Dystrofní vody	5
3.4 Vlastnosti vody.....	5
3.4.1 Povrchové napětí.....	6
3.4.2 Hustota vody	6
3.4.3 Konduktivita.....	6
3.4.4 Barva vody	7
4. Chemismus povrchových vod.....	8
4.1 Vybrané základní ukazatele.....	8
4.1.1 Dusík – N	8
4.1.2 Fosfor – P	9
4.1.3 Mangan – Mn	9
4.1.4 Železo – Fe.....	10
4.2 Vybrané doplňující ukazatele	10
4.2.1 Vápník – Ca	10
4.2.2 Hořčík – Mg	11
4.2.3 Sodík a draslík – N, K.....	11
4.2.4 Hliník – Al	11
4.3 Těžké kovy	11
4.3.1 Rtuť – Hg	11
4.3.2 Olovo – Pb	12

4.3.3	Kadmium – Cd	12
4.3.4	Měď – Cu	12
4.3.5	Zinek – Zn	12
4.3.6	Arsen – As	13
4.3.7	Stříbro – Ag	13
4.4	Ukazatele kyslíkového režimu	13
4.4.1	Rozpuštěný kyslík	13
4.4.2	Biologická spotřeba kyslíku – BSK5	13
4.4.3	Chemická spotřeba kyslíku – CHSK5	14
5.	Koloběh vody	15
6.	Legislativa vodního hospodářství v české republice	16
6.1	Vybrané zákony	16
6.2	Vybraná nařízení vlády	18
6.3	Vybrané vyhlášky	18
6.4	Vybrané normy	19
6.5	Metodické pokyny	19
7.	Kvalita povrchových vod v české republice	20
7.1	Stav na počátku 20. století	20
7.2	Stav na počátku 21. století	20
7.3	Zdroje znečištění vod	21
7.3.1	Indikátory znečištění	22
7.4	Jakost vod a jejich klasifikace	23
7.4.1	Způsoby hodnocení	23
7.4.2	Klasifikace jakosti povrchových vod	23
7.5	Eutrofizace vod	26
7.6	Samočisticí schopnost vod	27
7.7	Vodohospodářská bilance	27
8.	Vodní nádrže	28
8.1	Historie	28
8.2	Zonace	29
8.3	Malé vodní nádrže	29
8.4	Velké vodní nádrže	30
8.5	Požadavky na jakost pitné vody z vodních nádrží	30
9.	Charakteristika pardubického kraje	32

9.1	Geologie	33
9.2	Krajina	33
9.3	Půdní vlastnosti	33
9.4	Hydrologické poměry	34
10.	Metodika	35
10.1	Vodní nádrže v pardubickém kraji	35
10.1.1	Pařížov.....	36
10.1.2	Seč.....	37
10.1.3	Hamry.....	38
10.1.4	Pastviny	39
10.1.5	Křižanovice	40
10.2	Odběr vzorků	40
10.3	Dokumentace vzorků.....	41
10.4	Chyby při vzorkování	41
11.	Výsledky	42
11.1	CHSKMn.....	42
11.2	N-NO ₂ -.....	44
11.3	N-NH ₄ ⁺	47
11.4	N-NO ₃ -.....	49
11.5	P-PO ₄	51
11.6	Železo Fe	53
11.7	Mangan Mn	56
11.8	Hliník Al.....	58
12.	Diskuze	60
13.	Závěr	65
14.	Přehled literatury a použitých zdrojů.....	67

1. Úvod

Voda je nejdůležitější neobnovitelný zdroj pro život na Zemi. Je obsažena v tělech živočichů, v částech rostlin, slouží jako prostředí pro život. S vodou se setkáváme každý den. Je zkrátka nepostradatelná a nenahraditelná. Bez vody by nebyl život a bez vody by život zanikl. Bohužel je na zemi voda nerovnoměrně rozložena a ve větší míře nedostupná pro člověka.

V důsledku růstu produkce odpadů dochází ke snižování kvality povrchových vod. Klesá se tedy využitelnost pro člověka a další organismy, které jsou na vodě závislé. Kvalita vody patří v současnosti k velkým problémům (Langhammer 2002). Každoročně se na zeměkouli vyteží, zpracuje a následně přemístí ohromné množství různých látek, které nejsou přírodě vlastní. Velkým problémem jsou průmyslová hnojiva, která se dostávají do půdy a následně do podzemních a povrchových vod. Dochází ke kontaminaci vodního prostředí a ke snížení počtu organismů v něm žijících. Tento problém se týká i moří, do kterých se dostává velké množství odpadů (Plecháč 1989). Pro vyhodnocování kvality vody je k dispozici řada analytických metod založených na chemických a fyzikálně-chemických principech (Pitter 2009).

Nedostatek pitné vody zůstává hlavním problémem lidské populace. Důvodem je stále rostoucí počet obyvatel a zvyšování potřeby vody, kontaminace vody a nedostatek zdrojů vod. Již nyní hrozí, že v budoucnu nebude dostatek vody pro všechno obyvatelstvo. Řešením je šetření s vodou, neznečišťování vod a stavba nádrží pro zásobu vody. V současnosti se hovoří o století „války o vodu“, jelikož nedostatek na některých místech může vyvolat i válečné konflikty (Benešová a kol. 2014).

2. Cíle práce

Cílem mé práce je zpracování literární rešerše zabývající se povrchovými vodami a látkami v ní obsaženými. Tato práce také popisuje znečištění vod. Zabývá se vodní legislativou a část je věnována také kvalitě vody v České republice. Poskytuje informace o vodních nádržích.

V praktické části se budu věnovat bližšímu seznámení s vodními nádržemi v Pardubickém kraji. Konkrétně se jedná o vodní nádrže Seč, Hamry, Křižanovice a Pastviny. Hlavním cílem této části je porovnat kvalitu vody v těchto nádržích pomocí naměřených hodnot CHSK_{Mn} , N-NO_2 , N-NH_4 , N-NO_3 , P-PO_4 , Fe, Mn, Al, jež mi poskytlo Povodí Labe, státní podnik. Byla mi poskytnuta data za vegetační sezonu, proto srovnávám vodní sloupec ve třech ročních obdobích. Pomocí grafů budu srovnávat hodnoty ukazatelů odebraných mezi lety 2019 a 2021 s platným nařízením vlády a vyhláškou.

Každý graf porovnává jeden ukazatel v jedné nádrži v rámci vodního sloupce.

3. Povrchová voda

Povrchová voda tvoří přibližně 1 % sladké vody vyskytující se na zemském povrchu a pod ním. Bohužel většina sladké vody je v podobě pro živočichy nedostupné. Je uložena ve formě ledovců, sněhu a také hluboko pod zemí ve formě podzemních vod. Mezi největší úložiště a zásobárnu vod na souši patří jezera. Neméně důležité jsou i mokřady. Nicméně zásoby vody na Zemi nejsou rozloženy rovnoměrně a některé oblasti trpí nedostatkem pitné vody. Řešením a následkem toho dochází k růstu zásob vody v přehradních nádržích (Blažek a kol. 2006).

Na složení povrchových vod má vliv mnoho faktorů. Faktorem ovlivňujícím složení vod je například skladba sedimentů na dně vodních toků a nádrží, determinovaných geologickou skladbou podloží. Složení vody je dále ovlivňováno antropogenní činností, hydrologicko-klimatickými poměry, zalesněním, druhy půd a přísunem podzemní vody. Množství rozpuštěných látek se mění po celém toku (Pitter 1999).

3.1 Druhy povrchových vod

3.1.1 Stojaté

Lentické vody můžeme rozdělit do dvou skupin. Skupinou první jsou eustatické vody. Patří sem jezera, která se vyznačují stálostí životních podmínek. Do druhé skupiny řadíme rybníky, tůňky, rašeliniště a podobně založené vody. Tato skupina se nazývá astatická. Tyto vody mají proměnlivé životní podmínky v závislosti na přírodních faktorech a činnosti člověka (Hartman a kol. 2005).

3.1.2 Tekoucí

Hlavním znakem tekoucích neboli lotických vod je jednosměrné proudění. Z tohoto důvodu nedochází k vrstvení vody. Živiny jsou přinášeny a odnášeny. Dochází k neustálé výměně hmoty a energie. Od pramene k ústí jsou rozdílné životní podmínky. Tekoucí vody se dělí na pásma podle převládajícího druhu ryb. Jedná se o pásma pstruhová, lipanová, parmová, cejnová (Hartman a kol. 2005).

3.2 Dělení podle salinity

3.2.1 Slaná voda

Hlavní součástí slaných vod jsou rozpuštěné minerální látky a soli. Tyto látky pocházejí ve většině případů z pevninských hornin. Nejčastější solí je běžný chlorid sodný, dále se vyskytují soli hořčíku, vápníku a křemíku. V minulosti bylo zjištěno, že kilogram mořské vody obsahuje zhruba 35 gramů solí. Vápník i křemík jsou ve velkém množství transportovány řekami do moře, kde slouží ke stavbě schránek, buněčných stěn živočichů a dalších (Žáček 1998).

3.2.2 Sladká

Sladká voda je nepostradatelná pro život. Většina sladké vody je uložena v ledovcích, sněhu nebo v podobě podzemní vody. Zhruba 37 milionů km³ tvoří zásoby čisté vody, z toho využitelná je třetina. Hlavním zdrojem pro obnovu sladké vody je výpar z oceánů a pevniny. Velmi důležitým zdrojem jsou také lesy (Mrkvička a Skála 2000).

3.2.3 Brakická

Brakická voda je voda, jejíž koncentrace solí leží mezi sladkou a slanou vodou. Často se jedná o místa, která se setkávají s mořskou vodou. Mezi tato místa patří například ústí řek do moře. V důsledku proměnlivých podmínek se salinita těchto míst v průběhu dne mění. Je ovlivněna množstvím srážek. S velkým množstvím srážek převládá voda sladká, obsah solí je nízký. Naopak při přílivu se obsah solí zvyšuje. Vodní ekosystémy, kde dochází ke spojení ústí řek a moře, se nazývají eustária. Jedná se o prostředí bohaté na živiny a biomasu, neboť řeka přináší neustále nové živiny. Typickými obyvateli těchto míst jsou například sinice, řasy. Dále pak medúzy, krabi, různí ptáci (Gentry a kol. 2014).

3.3 Dělení podle obsahu živin

Povrchové vody lze dělit podle úživnosti neboli trofie. Součástí je množství chemických látek a parametry fyzikálně chemického rozboru. Základní dělení rozlišuje vody eutrofní, oligotrofní a dystrofní.

3.3.1 Eutrofní vody

Obsahují dostatek látek a hodně živin, zejména dusíku a fosforu, a jsou schopné živit mnoho fytoplanktonu a organismů. Dostatek živin se projevuje žlutě zbarvenou vodou, velkým množstvím sinic a řas. Četné zastoupení má zde vegetace. Jedná se o zásadité vody s $\text{pH} > 7$.

3.3.2 Oligotrofní vody

Vody typické pro vysokohorská jezera jsou chudé na živiny a neobsahují velké množství látek. Voda je typicky průzračná. Charakteristickou vlastností je dostatek kyslíku u dna. Mají neutrální pH.

3.3.3 Dystrofní vody

Jedná se o vody s nedostatkem kyslíku u dna. Převládá zde zooplankton. Vody jsou kyselé s $\text{pH} < 7$. Typicky se jedná o rašelinné vody (Ambrožová Říhová 2006).

3.4 Vlastnosti vody

Za normálních okolností je voda bezbarvá kapalina, bez chuti a zápachu. Molekula vody se skládá ze dvou atomů vodíku a jednoho atomu kyslíku. Jedná se o dihydrid kyslíku. Voda slouží jako rozpouštědlo mnoha látek a je nezbytná pro život na Zemi. Obsahuje množství rozpuštěných kationtů a aniontů. Najdeme ji ve skupenství pevném, kapalném i plynném. Do plynného skupenství se dostává při teplotě nad $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a mezi plyny s významnějším výskytem v atmosféře je nejlehčí. Led neboli pevná voda má menší hustotu než kapalná voda, a proto na hladině plave.

Molekuly vody vytvářejí velmi silné vazby zvané vodíkové můstky. V důsledku toho dochází ke zvětšení sil mezi molekulami a k ovlivnění fyzikálně chemických vlastností vody. Bylo zjištěno, že například bod varu vody je při $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a bod tání při $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Všechny vlastnosti se projevují silněji než u jiných sloučenin bez vodíkových můstků (Jenkins a Snoeyink 1980).

3.4.1 Povrchové napětí

Každá látka, stejně tak i voda, má určitou hodnotu povrchového napětí. Hodnota udává, jak stabilní je rozhraní mezi vodou a vzduchem. Povrch vody se chová jako elastická blanka. Tato vlastnost je důležitá pro některé organismy, neuston a pleuston. Organismy, které žijí v povrchové blance vody, nazýváme neuston. Pleuston jsou organismy žijící na vodní hladině. Jedná se tedy o přechod mezi vodním prostředím a vzduchem (Hartman a kol. 2005).

3.4.2 Hustota vody

Jedná se o výjimečnou vlastnost. Největší hustotu má voda při teplotě 4 °C. Zajímavostí je, že hustota klesá při nižší i vyšší teplotě než 4 °C. Důsledkem této anomálie je, že voda v zimě nezamrzá až na dno a nedochází tak k usmrcení všech organismů v ní. Hustota vody je také příčinou stratifikace jezer, kdy v létě je voda teplejší ve vrchní vrstvě a naopak v zimě je teplejší u dna. Mezi další anomálie vody spojené s její hustotou patří například:

- Objem vody se zmenšuje při tání ledu.
- Dochází ke zvyšování hustoty vody při jejím zahřívání.
- Voda má malou stlačitelnost – díky tomu mohou v hlubokých oceánech přežít různé živočichové a nedochází ke změně objemu vody ani ke změně množství vody v jejich těle.
- Pomocí tlaku dochází ke snižování bodu tání sněhu – projevuje se odtáváním ledovců odspodu (Benešová a kol. 2014).

3.4.3 Konduktivita

Jedná se o schopnost vody vést elektrický proud. Vodivost závisí na množství rozpuštěných látek ve vodě. Z hlediska vodivosti má nejmenší schopnost čistá voda, která obsahuje jen minimum potřebných látek. Naopak přírodní vody obsahují dostatek těchto látek a tyto vody dobře vedou proud. Jedná se o důležitou vlastnost vody (Boyd 2000).

3.4.4 Barva vody

Barva vody je ovlivněna množstvím zachyceného světla a jeho barvou, dále množstvím rozpuštěných látek, přítomností mikroorganismů, planktonu, chlorofylu. Zbarvení vody může být přírodního či antropogenního původu. Vody, jež mají nízkou hladinu, působí bezbarvě, naopak hlubší vody vypadají jako modré. Zde v malé míře dochází k absorpci červené složky viditelného světla vlnové délky 698 nm.

Vody bohaté na rozpuštěné látky a mikroorganismy mají většinou hnědé až zelené zbarvení. Na druhé straně vody mořské neobsahují tolik rozpuštěných látek a mikroorganismů, působí tedy světle modře. Někdy mohou mít vody i červené zbarvení, které je způsobeno ruduchami (Cílek a kol. 2017).

4. Chemismus povrchových vod

Chemické složení vod a cykly jednotlivých prvků napomáhají k posuzování historie vody. Za určitých podmínek lze předpovědět změny chemického složení vod v budoucnosti. Jsou to převážně změny způsobené lidskou činností.

Koloběh vody je významným transportním prostředkem pro některé látky. Jedná se o amoniak, dusičnany, sírany a soli. Některé látky se tímto způsobem dostávají do sladkých vod (Eriksson 1977).

4.1 Vybrané základní ukazatele

4.1.1 Dusík – N

V povrchových vodách jsou hlavními zdroji dusíku atmosféra, výluhy z půdy a také mineralizace dusíkatých látek ve vodním prostředí. Pro život vodních organismů jsou tyto látky mimořádně důležité. Dusík je součástí bílkovin, kde je vázán v aminokyselinách (Hartman a kol. 2005).

Dusičnanové ionty NO_3^- (dusičnanový dusík)

Ke změně množství dusičnanů v povrchových vodách přispěly hospodářské a politické změny. Zejména v důsledku změn v zemědělství a poklesu emisí oxidů dusíku došlo na některých místech ke značnému snížení obsahu těchto látek ve vodě. Pozitivní účinkem je například zotavení lesních systémů. Na některých místech zůstává ovšem koncentrace dusičnanů vysoká, zejména v oblastech, kde se dusík využívá jako hnojivo. Dusičnany přeměněné na dusitany mají negativní vliv na organismus. V těle jsou toxické a mohou omezit přenos kyslíku v krvi. Dalším negativním účinkem je, že se podílejí na vzniku karcinogenních látek způsobujících rakovinu (Hruška a kol. 2012).

Dusitanové ionty NO_2^- (dusitanový dusík)

Ve vodě vzniká dusitanový dusík biochemickou redukcí dusičnanů a oxidací amoniakálního dusíku. Pokud nedochází k rychlé přeměně dusitanů na dusičnany, dochází k jejich hromadění ve vodě. Vyšší koncentrace dusitanů se vyskytují v odpadních vodách ze strojírenství (Pitter 2009).

Amonné ionty NH₄⁺ (amoniakový dusík)

Jedná se o primární produkt rozkladu organických dusíkatých látek pocházejících z rostlinných a živočišných látek, především bílkovin. Ve vodách se vyskytuje v nízkých koncentracích a jeho zdrojem v povrchových vodách jsou převážně komunální a průmyslové vody. Ve vodním prostředí se chová nestále a mění se na dusitany až dusičnany. Dalším zdrojem můžou být hnojiva. Amonný iont patří mezi důležitý zdroj dusíku pro fotosyntetizující organismy (Langhammer 2002).

Organický dusík

Organicky vázaný dusík se ve vodách vyskytuje ve formě bílkovin a jejich rozkladných produktů. Vzniká ve vodě rozkladem biomasy organismů (Pitter 2009).

4.1.2 Fosfor – P

Fosfor je velmi důležitý prvek. V povrchových vodách limituje biologickou produktivitu. Pokud se vyskytuje v nízké koncentraci, nedochází k většímu rozvoji ekosystému. Hlavním jeho zdrojem jsou především výluhy z podloží a znečištění vod. Ve vodě se vyskytuje v rozpustné formě nazývané jako orthofosforečnanový iont PO₄³⁻. Tato forma je dostupná hlavně pro organismy autotrofní. Koncentrace fosforu se mění v závislosti na vegetačním období. Nerozpuštěná forma obsažená v tělech se postupně uvolňuje a přeměňuje na rozpustnou formu, a tak se opět stane dostupnou pro organismy (Hartman a kol. 2005; Kopp 2015).

Fosfor je obsažen ve struktuře zubů a kostí, dále je přítomen v nukleových kyselinách a enzymech a v neposlední řadě se podílí na tvorbě nervové tkáně, buněčného jádra živočichů a na tvorbě bílkovin (Dušek a Flemr 2001).

4.1.3 Mangan – Mn

Ve vodě se mangan vyskytuje v obou formách. Tedy v rozpuštěné i nerozpuštěné nebo organicky vázaný. V prostředí bez kyslíku se vyskytuje většinou nejstabilnější forma manganu Mn²⁺. V tomto prostředí je koncentrace jeho rozpuštěné formy limitována mírou rozpustnosti uhličitánů, sulfidů nebo hydroxidů.

Přírodním zdrojem tohoto prvku jsou sedimenty ze dna, naopak antropogenním zdrojem jsou různé průmyslové vody. Nadbytek manganu způsobuje poruchy nervové soustavy, lámání kostí, alergie, ucpaní cév a další (Pitter 2009).

4.1.4 Železo – Fe

Jedná se o důležitý prvek pro organismy žijící ve vodních nádržích. Ve vodách se objevuje ve dvou mocenstvích, a to buď jako dvojmocné železo, nebo jako trojmocné železo. Dvojmocné železo se vyskytuje při nedostatku kyslíku a jeho formy jsou rozpustné. Naopak trojmocné železo se vyskytuje při dostatku kyslíku a formy jsou nerozpustné. Vysoké koncentrace železa lze najít v důlních vodách s kyselým pH, obsahujících kyselinu sírovou. Jinak nedochází k obohacování vod železem ve velké míře. Zdrojem jsou opět odpadní vody a sedimenty na dně vod. Železo je důležité pro vodní ekosystém a pro chemolitotrofní bakterie, jež díky oxidaci železa získávají energii (Pitter 2009).

4.2 Vybrané doplňující ukazatele

4.2.1 Vápník – Ca

Hlavní zdroj vápníku ve vodách představují výluhy z minerálů a hornin. Jeho množství závisí na množství rozpuštěného CO₂. Je-li koncentrace CO₂ nízká, je koncentrace vápníku malá. Antropogenním zdrojem vápníku jsou odpadní průmyslové vody, které jsou neutralizovány pomocí vápna, vápence a dalších látek (Žáček 1998).

Mezi dvě základní formy vápníku vyskytující se ve vodách patří hydrogenuhličitaný a uhličitaný. Jeho základní funkcí ve vodě je, že společně s oxidem uhličitým ovlivňuje vlastnosti vody. Jedná se především o pH, tvrdost vody a další. Mimo to se řadí mezi biogenní prvky. Podílí se na stavbě rostlinných buněk, těl bezobratlých, těl ryb. V povrchových vodách slouží jako biokatalyzátor, urychlující mineralizační procesy neživých organických látek. Využívá se k ozdravení vody a optimalizaci chovu ryb (Hartman a kol. 2005).

4.2.2 Hořčík – Mg

Hořčík je prvek v přírodě velmi rozšířený, avšak ve vodě v porovnání s vápníkem méně zastoupený. Je obsažen v chlorofylu a podílí se na stavbě buněčné hmoty. Stejně jako vápník je spojován s tvrdostí a pH vody. Ovlivňuje také neutralizační kapacitu vody. V povrchových vodách se vyskytuje v rozpuštěné i nerozpuštěné formě jako dvojmocný kationt (Pitter 1999).

4.2.3 Sodík a draslík – N, K

Sodík i draslík jsou ve vodě zastoupeny formou jednomocných kationtů. Patří mezi základní kationty přírodních a užitkových vod. Povrchové vody obvykle obsahují více sodíku než draslíku. Důvodem je, že rostliny spotřebovávají ve velkém množství draslík a brzy ho vyčerpají z podzemní vody. Výjimečně může převažovat draslík nad sodíkem. Jedná se o odpadní vody, které vznikají při zpracování draselných solí. Zde je větší koncentrace draslíku (Kopp 2015).

4.2.4 Hliník – Al

Hliník je prvek velmi rozšířený. Hlavní formou výskytu jsou hlinitokřemičitany. Následkem kyselých dešťů dochází k remobilizaci hliníku v půdě, což vede ke zvyšování jeho koncentrace ve vodách. Antropogenním zdrojem jsou jako u většiny prvků odpadní vody. Hliník také ovlivňuje barvu vody (Žáček 1998).

4.3 Těžké kovy

4.3.1 Rtuť – Hg

Zastoupení rtuti ve vodách není velké, řádově jde o setiny ug/l. Důvodem je její omezený výskyt v minerálech, kde je nejčastěji zastoupena v podobě rumělky HgS. Hlavním zdrojem rtuti obsažené ve vodách je jednoznačně spalování fosilních paliv a zpracování rud. Rozpustnost rtuti závisí na přítomnosti či absenci kyslíku. S vyšším obsahem kyslíku vzrůstá i rozpustnost rtuti. Větší množství rtuti lze naměřit v odpadních a splaškových vodách. Rtuť má velmi toxický účinek na plod v těle matky, způsobuje poškození mozku a další vážné zdravotní potíže (Žáček 1998).

4.3.2 Olovo – Pb

Olovo je prvek způsobující otravy. Přirozeně se ve vodách nevyskytuje. Pokud se ve vodě objeví, jde zpravidla o znečištění z potrubí. Již jeho nepatrné množství, zhruba 0,01 mg/l, může vyvolat otravu. Dochází k jeho akumulaci v organismu (Karas a Landa 1952).

4.3.3 Kadmium – Cd

Kadmium se řadí mezi velmi nebezpečné jedy. K jeho kumulaci dochází v biomase. Je nebezpečné z toho důvodu, že zůstává dlouho v těle a detoxikace je pomalá. Proto může způsobit otravu až smrt. Další jeho negativní vlastností je, že zesiluje účinek jiných kovů.

Pro vodní organismy je kadmium velmi toxické. Negativní vliv má na zooplankton a ryby, především lososovité. Účinek má již velmi malé množství této látky (Pitter 1999).

4.3.4 Měď – Cu

Měď se ve vodě vyskytuje převážně ve formě hydrokomplexů nebo jednoduchých iontů. Do podzemních vod se může dostat v důsledku rozkladu z přírody. Do povrchových vod se dostává s odpadními vodami někdy i z důvodu používání algicidních přípravků či z potrubí a atmosféry. Měď patří mezi esenciální prvky, avšak maximální přípustná koncentrace v pitné vodě činí 1,0 mg.l⁻¹. Účinek mědi závisí na citlivosti jedince. Pro povrchové vody jsou stanoveny přísné limity, jelikož měď je pro vodní organismy a ryby toxická. Měď je obsažena i v některých algicidních přípravcích (Pitter 2009).

4.3.5 Zinek – Zn

Zinek se řadí mezi esenciální stopové prvky. Nedostatek těchto prvků způsobuje různé zdravotní problémy. Nejvyšší mezní hodnota pro koncentraci zinku v pitné vodě není stanovena. Jeho vyšší obsah se může projevit horší chutí vody. Zajímavostí je, že je zinek velmi toxický pro ryby. Jedná se převážně o ryby lososovité. Míra toxicity ovšem závisí na celkovém složení vody (Pitter 2009).

4.3.6 Arsen – As

Hlavní formou výskytu arsenu je sulfid. Je běžně obsažen v různých typech půd a hornin. V zemské kůře je arsen zastoupen rovnoměrně, díky tomu dochází k jeho vyluhování povrchovými i podzemními vodami. Zdrojem arsenu v povrchových vodách je aplikace arsenových pesticidů, spalování fosilních paliv, provoz prádelen a další. Arsen je velmi jedovatý a karcinogenní (Žáček 1998).

4.3.7 Stříbro – Ag

Stříbro se může objevovat převážně v podobě sulfidu argentitu. Zajímavostí je, že se využívá ve farmaceutickém průmyslu. Jeho sloučeniny se používají k úpravě pitné vody. Má baktericidní a algicidní účinek, takže jej lze použít k likvidaci zelených řas. Řadí se mezi toxické kovy, proto je jeho přípustná hodnota ve vodě stanovena na $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$ (Pitter 2009).

4.4 Ukazatele kyslíkového režimu

4.4.1 Rozpuštěný kyslík

Kyslík se dostává do vody dvěma způsoby. Prostřednictvím difuze ze vzduchu a pomocí fotosyntetické asimilace, kterou provádí vodní rostliny.

Více kyslíku je obsaženo ve vodách chladných bystrin. U stojatých vod je přítomen ve vrstvě zvané epilimnium, která je osídlena vegetací. Naopak k ubývání rozpuštěného kyslíku dochází v teplejších vodách, ve větších hloubkách a v místech s nižším osídlením (Hartman a kol. 2005).

Koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě je maximálně 14 mg na litr vody při teplotě 4 °C. Se stoupající teplotou klesá rozpustnost kyslíku. Jedná se o limitující faktor biologické produkce (Blažek a kol. 2006).

4.4.2 Biologická spotřeba kyslíku – BSK5

Jedná se o množství rozpuštěného kyslíku, jenž se spotřebuje (za podmínek v prostředí s přístupem kyslíku) oxidací organických a anorganických látek ve vodě při teplotě 20 °C. Udává koncentraci biologicky rozložitelných látek. Standardně se používá zředovací metoda.

Vzorek se inkubuje ve tmě, aby nedošlo k fotosyntéze řas. Probíhá 5 dní, dochází zde ke stanovení kyslíku spotřebovaného při biologickém rozkladu látek bez přítomnosti kyslíku (Pitter 2009).

Typickými zdroji organického a rozložitelného znečištění zjištěného pomocí BSK₅ jsou komunální vody. Jedná se převážně o splaškové vody. Dále i průmysl a zemědělství. BSK₅ poukazuje na bodové zdroje znečištění (Langhammer 2002).

4.4.3 Chemická spotřeba kyslíku – CHSK₅

Stanovuje se celkové množství organických látek ve vodě oxidovatelných za použití silného oxidačního činidla. Lze použít buď manganistan draselný, nebo dichroman. Jedná se o látky biologicky rozložitelné i nerozložitelné. Srovnává se BSK. Pokud jsou přítomny dobře rozložitelné látky, je poměr BSK₅ : CHSK větší než 0,5 (Benešová a kol. 2014).

5. Koloběh vody

Na zemském povrchu se nachází zhruba 70 % vody. Dělí se na kontinentální sladkou a mořskou slanou. Za vznik těchto dvou druhů vod může koloběh vody. Jeho prostřednictvím dochází k přenosu a ukládání vody. Významným činitelem je zde atmosféra. Veškerá voda na kontinentech pochází z moře. Z moře se voda vypaří a zanechá v něm rozpuštěné soli. Následně kondenzuje do mraků a je pomocí vzdušného proudění v atmosféře přenesena nad souš, kam dopadá ve formě deště, sněhu, mlhy a rosy. Při dopadu je voda prakticky destilovaná (Water Science School 2019). Dostává se do řek a pomocí nich je přesouvána zpět do moře. Pokud voda zůstane nějaký čas na souši, začne se opět obohacovat solemi. Dostane-li se voda do hornin, rozpustí se v ní také různé soli. A tímto koloběhem se soli dostávají zpět do moře.

Zásobení vody pomocí koloběhu je nerovnoměrné. Můžou za to rozdílné podmínky na Zemi, otáčení Země kolem její osy, střídání dne a noci a další faktory. Nedostatek srážek se projevuje v suchých oblastech, kde převládá výpar nad srážkami. Naopak v chladných oblastech převládají srážky nad výparem. Voda se hromadí ve formě sněhu a ledu. Dalším činitelem ovlivňujícím koloběh vody je vegetace. Její množství má vliv na četnost srážek (Reichholf 1998).



Obrázek 1: Koloběh vody (Water Science School 2019).

6. Legislativa vodního hospodářství v české republice

Základní činností vodního hospodářství je ochrana vod před znečištěním škodlivými látkami, znehodnocením a úplným vyčerpáním vodního zdroje. Za tímto účelem vzniklo vodní právo. To je tvořeno souborem právních norem, které závazným způsobem upravují vztahy k vodnímu bohatství. Historie vodních zákonů sahá až do 18. století, kdy začaly vznikat první zákony týkající se vod. Jsou známé pod názvem mlynářské řády. V minulosti bylo vodní právo jako takové poprvé zpracováno pod názvem zemské vodní zákony č. 71/1870 z. z. Jedná se o zcela první komplexní předpis vodního práva u nás. Tento soubor popisoval dělení toků na soukromé a veřejné. Mezi soukromé patřily vody podzemní a vody srážkové nebo zachycené v nádržích. Ostatní vody byly veřejné. Dále obsahoval pravidla pro stavbu vodních děl, zabýval se ochranou před povodněmi, řešil přestupky a tresty a podobně (Neruda a Slavík 2007; Kult 2020).

Dle stupně významnosti je legislativa vodního hospodářství v České republice dělena do několika úrovní:

- Zákony.
- Nařízení vlády.
- Vyhlášky.
- Normy.
- Metodické pokyny.

6.1 Vybrané zákony

Základním zákonem zabývajícím se vodami je **zákon č. 254/2001 Sb., o vodách**, jenž definuje povrchové vody takto:

„Povrchovými vodami jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu, tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních“ (zákon č. 254/2001 Sb., § 2).

Jedná se o zákon, jehož funkcí je péče o povrchové a podzemní vody. Tyto vody jsou nenahraditelné. Zákon se zabývá také nakládáním s vodami, jejich ochranou, definuje vodní díla a vodní toky. Stanovuje poplatky a výše pokut. Zabývá se problematikou sucha. Popisuje nespočet funkcí a úkonů (Tureček a kol. 2003).

Zákon se dělí do 16 hlav.

- HLAVA I – Úvodní ustanovení, vymezení pojmů.
- HLAVA II – Nakládání s vodami.
- HLAVA III – Stav povrchových a podzemních vod.
- HLAVA IV – Plánování v oblasti vod.
- HLAVA V – Ochrana vodních poměrů a vodních zdrojů.
- HLAVA VI – Vodní toky.
- HLAVA VII – Správa povodí.
- HLAVA VIII – Vodní díla.
- HLAVA IX – Ochrana před povodněmi.
- HLAVA X – Zvládání sucha a stavu nedostatku vody.
- HLAVA XI – Poplatky.
- HLAVA XII – Platba k úhradě správy vodních toků a správy povodí a úhrada výdajů na opatření ve veřejném zájmu.
- HLAVA XIII – Měření objemu odpadních vod a odběr a rozbor vzorků odpadních vod pro účely stanovení poplatku za vypouštění odpadních vod do povrchových vod.
- HLAVA XIV – Výkon státní správy.
- HLAVA XV – Přestupky.
- HLAVA XVI – Společná a přechodná ustanovení (zákon č. 254/2001 Sb.).

Vodní právo spadá do působnosti pěti ministerstev, která působí jako vodoprávní úřady. Ministerstvo zemědělství je gestorem pro vodní zákon. K výkonu tohoto zákona vzniklo mnoho vyhlášek a předpisů (Horská a Marton 2017).

Zákon č. 274/2001 Sb., zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Zákon č. 99/2004 Sb., o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské strážní, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství)

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů

6.2 Vybraná nařízení vlády

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

Nařízení vlády č. 71/2003 Sb., o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod

6.3 Vybrané vyhlášky

Vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla.

Vyhláška č. 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů.

Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Vyhláška č. 49/2011 Sb., o vymezení útvarů povrchových vod.

Vyhláška č. 393/2010 Sb., o oblastech povodí.

Vyhláška č. 155/2011 Sb., o profilech povrchových vod využívaných ke koupání

Vyhláška č. 98/2011 Sb., o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod.

Vyhláška č. 24/2011 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik.

6.4 Vybrané normy

ČSN 75 7221 Klasifikace kvality povrchových vod, zabývající se jakostí tekoucí vody. Jedná se o důležitou normu v oblasti vod. Tato norma zahrnuje 70 ukazatelů znečištění. Obsahuje mezní hodnoty jednotlivých ukazatelů. Používá se jako nástroj k hodnocení jakosti povrchových vod a tyto vody se následně dělí do pěti tříd dle absence či přítomnosti látek (Baudišová a kol. 2017).

ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.

6.5 Metodické pokyny

Vodní rámcová směrnice 2000/60/ES – jedná se o směrnici Evropské unie, která má za cíl sjednotit různé způsoby ochrany vod. Cílem je zamezení zhoršení stavu vod a zlepšení stavu vodních ekosystémů. Zaměřuje se na udržitelné používání vod a jejím cílem je snížit dopady sucha a záplav. Zabývá se fungováním jednotlivých jednotek povodí. Zpracovává požadavky států. Směrnice zahrnuje veškerou vodu v rámci Evropské unie. Tato směrnice je nejsložitější směrnicí, která zahrnuje všechny oblasti životního prostředí. Byla vytvořena a přijata v roce 2000 (Eagri ©2009).

7. Kvalita povrchových vod v české republice

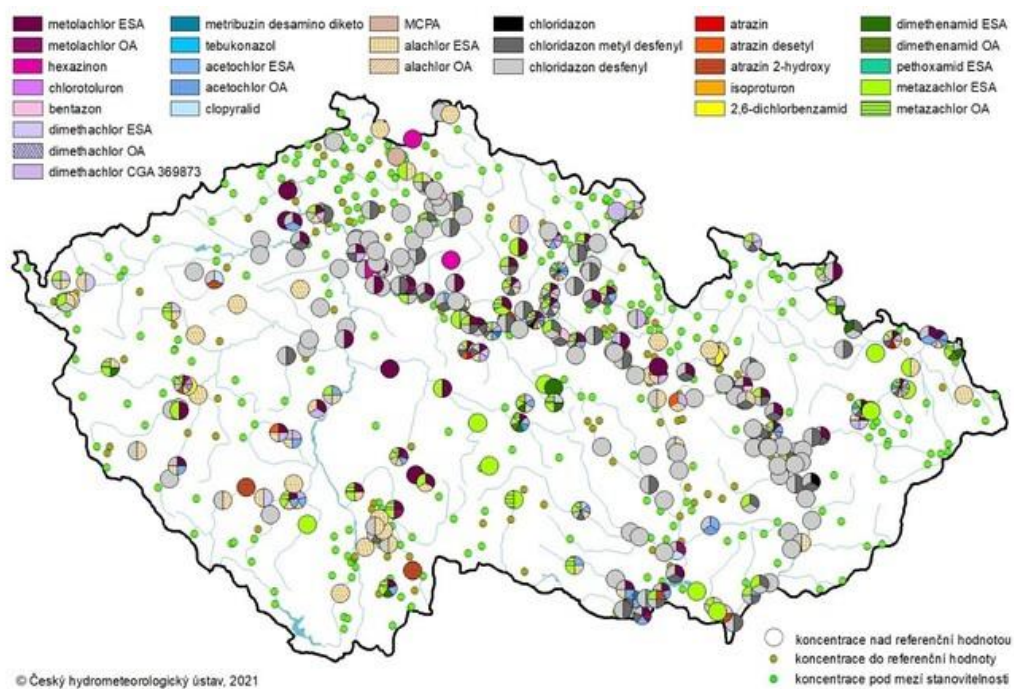
7.1 Stav na počátku 20. století

Dle výzkumů jakosti vody prováděných v minulém století na našem území měla povrchová voda historicky nejvyšší obsah sloučenin dusíku a síry. V tomto století nastal vrchol acidifikace povrchových vod na území naší republiky. Naměřené hodnoty pH se pohybovaly mezi 3,9 a 10,9. Jednalo se především o vody v blízkosti pohraničních hor, jelikož se zde nacházely velké zdroje emisí síry (Hruška a kol. 2012). Většina povrchových vod byla silně znečištěna a řadily se do tříd mezi 3. a 5. stupněm znečištění. Docházelo i ke kontaminaci podzemních vod. Příčinou byly některé průmyslové výroby. Po modernizaci či pozastavení těchto výroby došlo k výraznému zlepšení stavu vod. Vody byly z velké části zbaveny ropných látek. K dalšímu zlepšení stavu vod významně přispěly čističky odpadních vod, jež se začaly stavět. V tomto století se objevovalo i znečištění olovem (Volaufová 2008).

7.2 Stav na počátku 21. století

Ve 21. století došlo k výraznému poklesu emisí oxidů síry a dusíku. Zmenšila se plocha acidifikovaného území České republiky. Důvodem je snížení kyselosti srážek související s poklesem množství spalovaných paliv, s odsířením velkých zdrojů a celkovým snížením emisí (Hruška a kol. 2012).

V současnosti je snaha o zlepšování kvality vod. Většina vod patří do první až třetí třídy, ale i přesto se některé toky řadí do třídy silně znečištěné neboli páté. Důvodem je nedostatek čističek odpadních vod a eutrofizace (Volaufová 2008).



Obrázek 2: Znečištění povrchových a podzemních vod pesticidy (Balcarová dle ČHMÚ, ©2021)

7.3 Zdroje znečištění vod

Zdroje znečištění vod můžeme rozdělit do tří skupin. Jedná se o zdroje bodové, plošné a difuzní. Dále přírodní a antropogenní.

- **Bodové zdroje** – řadí se mezi hlavní zdroje znečištění vod. Do této skupiny patří zejména města, obce a průmyslové oblasti. Z hlediska průmyslu je nejvýznamnějším původcem znečištění chemický, sklářský, zpracovatelský průmysl. Důvodem je vypouštění odpadních vod. Hlavním ukazatelem znečištění je amoniakální dusík.
- **Plošné zdroje** – tyto zdroje přispívají ke zhoršení kvality povrchových vod nepřímo. Významným původcem znečištění vod je rostlinná zemědělská výroba. Znečišťujícími látkami jsou zejména dusičnany, pesticidy a různá hnojiva. Do plošných zdrojů se řadí také atmosférická depozice, procesy urychlující erozi, srážky, eutrofizace. Typickým ukazatelem jsou dusičnany (Synáčková 1994; Hlavínek a Říha 2004).
- **Difuzní zdroje** – posouzení těchto zdrojů je náročné. Nejčastěji se jedná o zdroje ze zemědělství, převážně ze živočišné výroby. Dále sem lze zařadit skládky, lidská sídla a také dopravu.

Znečištěné vody mohou způsobit i vážné nemoci. V současné době dochází i ke znečišťování vod farmaceutickým průmyslem. Diskutovaný je i účinek antikoncepce, jež se dostává do vod a látky z ní působí negativně na vodní živočichy, převážně na jejich reprodukční systém. Nejzávažnějším zdrojem otrav jsou toxické prvky, mezi které patří rtuť, kadmium, olovo a další. Dalším zdrojem poškození organismů může být dezinfekce vody, kde se používá chloroform. Výjimečně dochází i k havarijnímu znečištění, u něhož je zdrojem většinou doprava (Moss 2008; Benešová a kol. 2014; MŽP ©2019).

Ke zhoršení jakosti vody přispívá rostoucí počet obyvatel, byť je stále více lidí připojeno na veřejnou kanalizaci. Dalším zdrojem může být eutrofizace vod. V neposlední řadě i vodní nádrže přispívají ke zhoršení jakosti vod. Negativně ovlivňují kyslíkovou bilanci a dochází ke zhoršení jakosti vod. Největší podíl má ovšem zemědělství (Hlavínek a Říha 2004).

Znečišťování povrchových vod významně omezuje možnosti jejich využití k původním účelům. Nelze je využít například ke koupání. Bakteriální znečištění vod je častým důvodem zákazu koupání v létě v takto kontaminovaných tocích a jezerech. Na vzhled vody působí naopak chemické znečištění (Synáčková 1994).

7.3.1 Indikátory znečištění

Mezi důležité indikátory znečištění vod patří zejména chloridy, dusitany, dusičnany a fosforečnany. Důvodem bývá z velké části znečištění vod fekáliemi a močí. Na světě je pitná voda kontaminovaná fekáliemi využívána zhruba dvěma miliardami lidí. Následkem toho dochází k úmrtím z důvodu průjmových onemocnění, tyfu a cholery (WHO ©2019).

Indikátorem čerstvého znečištění vody je obsah dusitanů. Starší znečištění ukazuje přítomnost dusičnanů při absenci dusitanů. Nutno říct, že čistá voda se prakticky nevyskytuje a v téměř každé vodě je alespoň nepatrné množství bakterií. Z bakterií se stanovuje například *Bacterium coli*. Znečištění vod a nedostatek vody je limitujícím faktorem v mnoha zemích (Karas a Landa 1952; Shiklomanov 1993).

Oblasti povrchové vody, které jsou znečištěné, můžeme rozdělit do dvou kategorií. První kategorií jsou **citlivé oblasti**. Tyto vody mají nežádoucí jakost vody, případně se musí použít intenzivnější způsob čištění. Z velké části sem patří i Česká republika.

Zranitelné oblasti náleží do kategorie druhé. Ovlivňuje je nadměrná přítomnost dusičnanů. Jedná se o hodnotu 50 mg l⁻¹ a vyšší. Zde dochází ke zhoršení stavu vody (Pitter 2009).

7.4 Jakost vod a jejich klasifikace

Kvalita neboli jakost vod je určena hodnocením různých ukazatelů a jejími vlastnostmi. Je ovlivněna chemickými, fyzikálními i biologickými faktory. Mezi činitele ovlivňující jakost vody patří mimo jiné vegetace, geologické podloží, klima. Hodnocení závisí na účelu využití vody (Langhammer 2002).

Zdravotně nezávadná voda je voda, která nezapáchá, nemá odpuzující zabarvení či vzhled. Dále musí být upravena tak, aby nemohlo dojít k přenosu infekčních, parazitárních lidských a zvířecích chorob. Musí také splňovat normy pro přípustnost toxických látek v pitné vodě (Žáček 1998).

7.4.1 Způsoby hodnocení

Dle způsobu hodnocení vod dělíme na dvě kategorie:

- **Fyzikálně-chemické hodnocení** – zjišťuje se znečištění konkrétními látkami v určitý čas a v určitém místě. Předem se stanoví znečišťující látky, jež chceme ve vodě prokázat. Používá se k hodnocení pitné a užitkové vody. Nevýhodou je, že se soustředí pouze na vybrané látky a nelze tedy zjistit koncentrace jiných polutantů. Sledují se látky organické a anorganické.
- **Biologické hodnocení kvality vody** – je založeno na sledování organismů ve vodě, jelikož každý organismus vyžaduje pro svou existenci jiné podmínky. Díky tomu hodnotí stav vod. Používá se v delších úsecích toku (Langhammer 2002).

7.4.2 Klasifikace jakosti povrchových vod

Povrchové vody lze dělit do tříd čistoty vody podle mezních hodnot ukazatelů jakosti. Tyto hodnoty jsou odstupňované. V České republice se používá jako základní nástroj pro hodnocení vod norma ČSN 75 7221. Dle ní se vody dělí do skupin podle stupně znečištění a způsobu klasifikace povrchových vod.

Kontrola kvality vody se provádí na hlavních a základních profilech. Dle výsledku celkového rozboru vody se hodnotí stupeň znečištění vody (Synáčková 1994).

Povrchové vody se dělí do 5 tříd dle stupně čistoty:

I. třída neznečištěná voda – velmi čistá voda (ČSN 75 7221).

Tato voda je vhodná pro koupání, chov lososovitých ryb, slouží pro vodárenské účely. Jedná se o velmi kvalitní a ceněnou vodu. Dle barevné klasifikace se značí světle modrou barvou.

II. třída mírně znečištěná voda – je ovlivněna antropogenní činností, ale její kvalita stále umožňuje existenci ekosystému, který je bohatý a vyvážený (ČSN 75 7221).

Jedná se o vody vhodné pro vodní sporty, chov ryb, vodohospodářské účely a podobně. Znázorňuje se tmavě modrou barvou.

III. třída znečištěná voda – „stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vod dosahují hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému“ (ČSN 75 7221).

Používá se k zásobování průmyslu. Značí se barvou zelenou.

IV. třída silně znečištěná voda – „stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vod dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému“ (ČSN 75 7221).

Znázorňuje se žlutou barvou. Používá se omezeně.

V. třída velmi silně znečištěná voda – „stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vod dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému“ (ČSN 75 7221).

Voda se dále nepoužívá. Značí se červenou barvou.

Ukazatele jakosti vody se dělí do 6 tříd, hodnocení probíhá pro každý ukazatel zvlášť a zařazení vod do tříd probíhá podle ukazatele jakosti, který vyšel nejhůře v dané skupině. Ze všech ročních sledování se vypočítá aritmetický průměr a následně se porovnává s mezními hodnotami. Díky tomu lze určit třídu čistoty vody (Synáčková 1994).

- **Ukazatele kyslíkového režimu** – rozpuštěný kyslík, BSK₅, CHSK.
- **Ukazatele základní chemické a fyzikální** – pH, teplota vody, rozpuštěné látky, vodivost nebo nerozpuštěné látky, amoniakální dusík, dusičnanový dusík, celkový fosfor.
- **Doplňující chemické ukazatele** – vápník, hořčík, chloridy, sírany, tenzidy aniontové, nepolární extrahovatelné látky, organicky vázaný chlor.
- **Těžké kovy** – rtuť, kadmium, arsen, olovo.
- **Biologické a mikrobiologické ukazatele** – saprobní index, koliformní bakterie, fekální koliformní bakterie.
- **Ukazatele radioaktivity** – celková objemová aktivita alfa, celková objemová aktivita beta (norma ČSN 75 7221).

Základní fyzikální ukazatele – lze je určit přímo v terénu. Používají se k hodnocení stavu vody a řadí se mezi základní ukazatele. Patří sem teplota, pH, konduktivita, obsah rozpuštěných látek, pach.

Ukazatele kyslíkového režimu – množství kyslíku ovlivňuje biochemické a chemické procesy. Má také velký vliv na samočisticí schopnost vody.

Ukazatele anorganického znečištění – mohou být jak přírodního, tak antropogenního původu. Ukazují na stav znečištění pomocí anorganických látek. Dle dělení podle normy ČSN 75 7221 se řadí do 4 ze 6 skupin. Mezi nutrienty neboli látky potřebné pro výstavbu a život patří například dusík, fosfor, síra a podobně (Žáček 1998).

Těžké kovy – většina těchto kovů patří mezi stopové prvky a živočichové a rostliny je potřebují ve velmi malém množství. Téměř vždy se vyskytují v povrchových vodách. Dochází k výluhu ze sedimentů dna. Ve větším množství mohou působit toxicky a mají schopnost se akumulovat v sedimentech i v organismu. Největším zdrojem kovů ve vodách je průmysl. Patří sem olovo, rtuť a další, zdrojem těchto kovů můžou být pesticidy, těžba uhlí, chemický průmysl atd.

Biologické ukazatele – používají se tři systémy. Saprobni, trofický a dále se určuje mikrobiální znečištění vod. Saprobity vyjadřuje stav znečištění vody v konkrétní lokalitě. V různých stupních znečištění se vyskytují různé druhy organismů. Trofický systém je spojen s eutrofizací vod (Laws 2000; Hlavínek a Říha 2004).

Mikrobiologické ukazatele – hodnocení těchto ukazatelů se používá především u vod určených k pití nebo ke koupání. Zkoumají se toxické zárodky, jež by mohly mít negativní vliv na zdraví. Jedná se například o koliformní bakterie, *Escherichia coli*, streptokoky a podobně. Jde o ukazatel fekálního znečištění (Jenkins a Snoeyink 1980).

Ukazatele radioaktivity – tyto látky se do vod dostávají antropogenní činností. Jedná se především o místa, kde dochází k manipulaci s radioaktivním odpadem. V České republice hrozí riziko v místech, kde se těžily uranové rudy. Přírodním zdrojem je kosmické záření (Synáčková 1994; Langhammer 2002).

V České republice se monitorování jakosti povrchových vod provádí od 60. let 20. století. Zaměřuje se převážně na fyzikálně-chemické ukazatele. Každý stát má jiné požadavky na monitoring.

7.5 Eutrofizace vod

Eutrofizace je nárůst živin ve vodě a v půdě vlivem přidaných látek. Většinou se jedná o sloučeniny dusíku a fosforu. Následkem toho dochází k nárůstu biomasy. Pozitivně zvyšuje primární produkci a také úživnost. Negativní účinek obohacování vod je, že dochází ke zmnožení fotosyntetizujících organismů, zejména řas a sinic, a dochází ke zhoršení jakosti vody. Sinice značně znehodnocují kvalitu vody, způsobují zákal a některé druhy jako například cyanobakterie, které obsahují toxické látky, mohou poškodit zdraví člověka. V létě může dojít k přemnožení těchto organismů, které se označuje jako „vodní květ“, zároveň je voda zbarvena do zelena. Dochází ke snížení koncentrace rozpuštěného kyslíku a ochuzení vodního života. Ve sladkých vodách ovlivňuje zejména fosfor rozvoj fytoplanktonu (Blažek a kol. 2006; Pitter 2009).

Eutrofizace se dělí na přirozenou a antropogenní. **Přirozená** vzniká přirozeně, kdy se do vody dostává fosfor a dusík například z půdních sedimentů nebo odumřelých těl vodních organismů.

Naopak **antropogenní** eutrofizace vod je způsobována lidskou činností. Jedná se zejména o odpadní vody, splašky z půdy a další. Indikátorem těmito látkami znečištěné vody je snížené množství a změna fytoplanktonu (Synáčková 1994; Laws 2000).

Největší dopady eutrofizace se ukazují ve stojatých vodách, jelikož voda zde proudí pomalu. Voda, ve které převažuje produkce fytoplanktonu, se nazývá eutrofní. Voda s nízkým přísunem živin oligotrofní. Eutrofizace probíhá rychleji v údolních nádržích než v horských jezerech (Cílek a kol. 2017).

7.6 Samočisticí schopnost vod

Samočištění je schopnost, kdy se voda dokáže pomocí různých typů procesů zbavit látek, které působí znečištění. Z fyzikálních sem patří například odplav usazenin, když stoupne hladina. Z chemického hlediska, když dojde k reakci látek z odpadních vod s látkami ve vodě přirozeně obsaženými, je voda schopna tyto odpadní látky neutralizovat. Organické látky obsažené ve vodě slouží také jako potrava některých organismů. Nejmenší organismy tyto látky využívají jako zdroj energie a látek pro výstavbu těl. Lze říct, že je to koloběh hmoty a živin a prostředí je v rovnováze. Pokud dojde kyslík, rovnováha se naruší (Synáčková 1994). Obsah dusičnanů v povrchových vodách se mění v průběhu samočištění vod a je ukazatelem samočištění (Hlavínek a Říha 2004).

7.7 Vodohospodářská bilance

Vztah mezi požadavky na vodu a zdroji vody řeší vodohospodářská bilance. Jejím úkolem je stanovit požadavky na vodu. Dále má za úkol předcházet různým nečekaným situacím v budoucnu. Zabývá se disponováním s vodou a má za úkol zajistit dostatek zdrojů. Skládá se ze tří částí.

- Požadavky na vodu.
- Zdroje vody.
- Porovnání zdrojů vody a požadavků na vodu.

Využitelné množství vody závisí na koloběhu vody (Synáčková 1994).

8. Vodní nádrže

Vodní nádrže řadíme mezi vodní díla. Řadí se mezi stojaté vody, nicméně v nádrži probíhá specifická cirkulace. V nádržích dochází k ukládání sedimentu u dna. Lze je rozdělit do dvou skupin – na uměle vytvořené a na přírodní nádrže.

- Přírozně vzniklé nádrže – vznikají v přírodě samovolně, bez antropogenního vlivu. Patří sem plesa a jezera, která vznikla přehrazením v důsledku sesuvů, kameny a podobně (Pavlica 1964).
- Umělé nádrže – vznikají přehrazením toku hrází, kdy dojde k akumulaci vody. Ve většině případů se staví na místech prohlubně na zemském povrchu či v údolí. Podmínkou pro stavbu této nádrže je, aby se v blízkosti nacházel vhodný zdroj napájecí vody, a dále se hledí na vhodnost z hlediska geologie, pedologie, hydrologie. Zdrojem vody bývá v první řadě povrchová voda (Hlavínek a Říha 2004).

Nádrže se dělí na velké přehradní nádrže a malé vodní nádrže. Většina nádrží má více než jednu funkci.

Nejstarší přehradní nádrže byly postaveny za dob starověkých civilizací. Velký význam získaly až o několik století později. V současné době se největší množství vody v nádržích nachází ve Spojených státech a Kanadě (Mika a kol. 1989; Shiklomanov 1993; Neruda a Slavík 2007).

8.1 Historie

V České republice začaly vznikat první přehradní nádrže zhruba před 100 lety. Nejprve se zakládaly rybníky. Hlavním účelem byl chov ryb a přeměna mokřin na vodní nádrže. První zmínka o rybnících v Čechách pochází z roku 1115. Poprvé byly rybníky zmíněny v listině Kladrubské. K rozvoji rybníkářství přispěl císař Karel IV. (Blažek a kol. 2006). Následně začaly vznikat rybníční soustavy. Od 16. století došlo k velkému rozvoji těchto soustav. V ČR se největší soustava jihočeských rybníků nachází u Třeboně, největším rybníkem je Rožmberk. Bohužel po konci třicetileté války mnoho rybníků zaniklo a došlo k jejich přeměně na ornou půdu či louky (Hrabal a kol. 1980). K výstavbě vysokých hrází docházelo zhruba od poloviny 14. století.

Během následujícího století však bylo mnoho hrází strženo. Malé vodní nádrže byly stavěny po druhé světové válce (Mika a kol. 1989).

8.2 Zonace

Hlavním specifickým jevem nádrže je zonace neboli stratifikace nádrže. Zonace nádrže je jev, kdy dochází ke tvorbě vrstev vod různé kvality a teploty. V horní vrstvě epilimniu je více kyslíku, více organismů, teplota je vyšší, a naopak hustota vody menší. Dochází zde k větší cirkulaci, a proto je i teplota stálější. Naopak spodní vrstva hypolimnion je chladná, obsahuje malé nebo nulové množství kyslíku a převládají zde sulfany a sulfidy a má více CO₂. Dole bývá teplota vody okolo 4 °C, zde má voda největší hustotu. Hodnota pH je nižší než v horní vrstvě. Mezi těmito vrstvami se nachází skočná vrstva metalimnion. Zde se značně mění teplota. Na jaře a na podzim dochází k narušení těchto vrstev vlivem větru, celý objem se promíchá. Naopak v létě se voda ohřívá a klesá hustota, a tím vznikají vrstvy o různé teplotě. Jedná se o letní stagnaci. Po podzimní cirkulaci následuje zimní stagnace, kdy se na povrchu vody utvoří led, voda má teplotu odpovídající hustotě při teplotě nižší než 4 °C (Synáčková 1994; Žáček 1998).

8.3 Malé vodní nádrže

Malé vodní nádrže mají oproti velkým vodním nádržím menší hloubku (do 9 metrů), objem a zatopenou plochu. Zřizují se na místech s přístupným terénem a lze je snadno ovládat. Je možné je stavět v podstatě kdekoliv. Jedná se o ekonomicky nenáročné stavby, proto jsou velmi oblíbené. Dle své funkce se dělí do několika skupin (Hrabal a kol. 1980).

- **Zásobní (akumulační)** – slouží k vytvoření zásoby vody v době, kdy je jí dostatek. A následně se používá, když je vody nedostatek.
- **Rybochovné** – slouží k chovu a lovu ryb. Voda v rybochovných nádržích obsahuje mnoho biogenních prvků především důležité (C, H, O, N, Ca, Mg, Fe, P, S, K). Složení těchto vod ovlivňuje produkci. Voda v těchto nádržích musí být čistá, bez zákalu a zápachu. Musí se zamezit znečištění splaškovými vodami. Jedná se v podstatě o rybníky. Pro chov ryb se nejčastěji využívají místa bohatá na minerály a hlinité půdy (Pavlica 1964).

- **Závlahové** – slouží jako zásobárna vody, využívají se také na vyrovnání vody. Umí regulovat množství přítoku a odtoku.
- **Ochranné** – jejich funkcí je ochrana před povodněmi a erozemi. V případě povodně zadržují velké množství vody a snižují povodňové průtoky. Slouží také k zachycení nečistot a odvodňování. Mají okolo vytvořen ochranný prostor.
- **Hospodářské** – hospodářské nádrže plní mnoho funkcí. Například zásobní, požární, čisticí, energetické a podobně. Zásobní nádrže musí splňovat požadavky jakosti pro pitnou vodu. Hospodářské nádrže slouží pro potřebu lidí, zvířat a průmyslu. Zdrojem vody je především dešťová nebo čistá povrchová voda zbavená nečistot (Mika a kol. 1989).
- **Vodárenské** – u těchto nádrží se dbá na dobrou kvalitu vody. Slouží pro zásobování obyvatel. Kvalita vody je ovlivněna nadmořskou výškou. Čím výše se nádrž nachází, tím má kvalitnější a chladnější vodu. Obvykle se nádrže staví v místech s jehličnatou vegetací a bez obydlí (Pavlica 1964).
- **Rekreační** – tyto nádrže slouží k lidské potřebě. Lze je využívat jako přírodní koupaliště či umělá. Bohužel stále dochází ke znečišťování a znehodnocování vod v těchto nádržích. Je zde kladen důraz na kvalitu a zdravotní nezávadnost vody (Hrabal a kol. 1980).

Vodní nádrže lze rozdělit i podle vodních zdrojů, jež nádrž zásobují. Jedná se především o nádrže dešťové, pramenné, říční a potoční.

8.4 Velké vodní nádrže

Mezi základní charakteristiku velkých vodních nádrží patří hloubka vody nejméně 10 metrů a velké objemy vody v řádech milionů m³. Nazývají se také přehradní nebo údolní nádrže. Jejich hlavním účelem je zásoba vody pro obyvatelstvo, rekreaci a podobně. Jejich výstavba je náročná a musí se brát ohled na přírodu. Proto je nelze stavět všude. Dbá se na čistotu vody (Hrabal a kol. 1980).

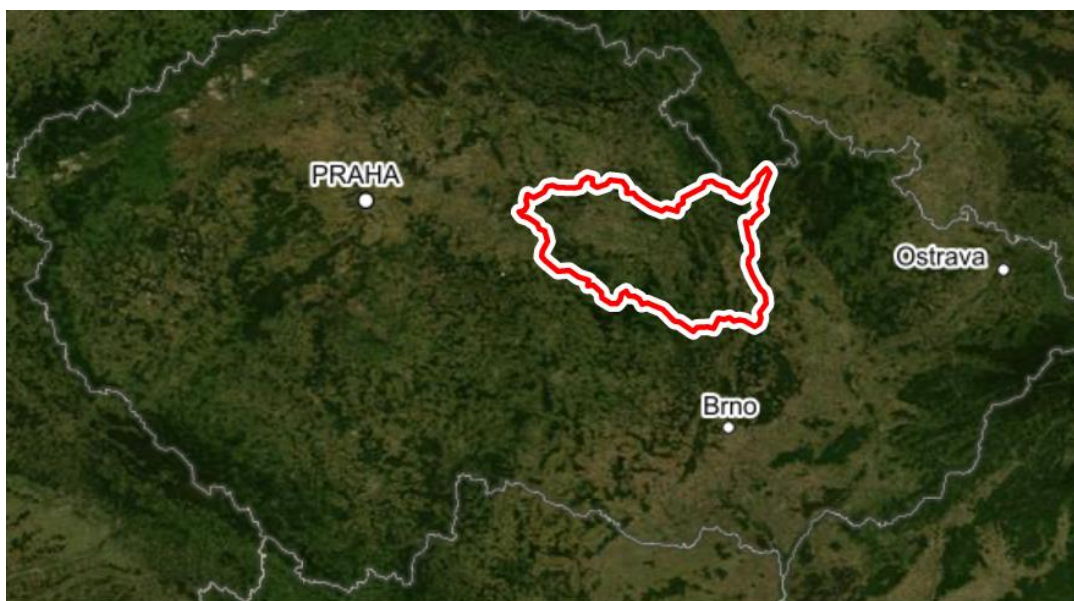
8.5 Požadavky na jakost pitné vody z vodních nádrží

Voda z vodních nádrží musí splňovat přísná hygienická opatření. Jakost vody v nádrži je ovlivněna především kvalitou jejích přítoků, a proto se i spolu s vodou v nádrži tyto vody vyšetřují komplexními metodami a musí splňovat jakost v mezích určených

hodnot (Kratochvíl 1961). Na kvalitu vody v nádrži působí mnoho faktorů, například velikost nádrže, druh nádrže, hloubka, nadmořská výška, klima a zejména kvalita vody, jež do nádrže přiteče. Přitékající voda mění své vlastnosti, a tak i látkové složení. Na kyselost vod má vliv i pH atmosférických srážek. Znečištění je způsobeno také antropogenně nebo z procesů spojených s organickou hmotou (Synáčková 1994).

9. Charakteristika pardubického kraje

Pardubický kraj je situován na východě České republiky, při soutoku řek Labe a Chrudimka. Jeho hranice zahrnují i historický okraj Moravy. Rozlohou se řadí mezi menší kraje, konkrétně se jedná o pátý nejmenší kraj. Rozloha kraje činí 4 519 km². Žije zde zhruba 523 000 obyvatel. V současné době se kraj skládá ze čtyř okresů, a to Chrudim, Pardubice, Svitavy a Ústí nad Orlicí. Krajským městem jsou Pardubice (CSZO ©2022).



Obrázek 3: Ohraničení a lokalizace Pardubického kraje (www.mapy.cz upravila Petrová, 2022)

Pardubický kraj je známý svou bohatou historií a tradicemi. Nachází se zde velmi mnoho památek a kolem 2 000 staveb a děl zařazených mezi kulturní památky. V tomto kraji se nachází i několik národních kulturních památek. Jedná se například o státní hřebčín v Kladrubech nad Labem, státní hrad Kunětická Hora, pietní místo Ležáky. Dále také zámek Litomyšl, zapsaný na Seznamu světového dědictví UNESCO. V tomto kraji se nachází i mnoho městských památkových zón a památkových rezervací. Pochází odsud i mnoho osobností, jež přispěly svými objevy. Významní jsou Prokop Diviš, Josef Ressel, bratřenci Veverkové a mnoho dalších. Kraj je také bohatý na množství hradů a zámků.

Pardubice jsou známé díky každoroční sportovní události – Velké pardubické steeplechase, jejíž tradice vznikla již v roce 1874. Zmínky o Pardubicích pocházejí ze 13. století. Město je proslulé výrobou pardubického perníku a již zmíněnými koňskými dostihy. Chrudim je známá jako královské město, ale také díky Josefu Resselovi, vynálezci lodního šroubu. Pro celý Pardubický kraj je také typické množství tradičních staveb a skanzenů (Bartoš a Šebek 2004; Langerová 2004).

9.1 Geologie

Z geologického hlediska je většina Pardubického kraje situována na mořských usazeninách, které pocházejí z období křídly. Pardubický kraj je součástí České křídové pánve. V jihozápadní části Pardubického kraje je podloží tvořeno převážně prvohorními a druhohorními horninami. Patří mezi ně například žula, rula, gabro. V severovýchodní části kraje lze nalézt břidlice, svory, ruly. Obecně se Česká křídová pánev skládá z pískovce, jílovce a slepence (GEOWEB ©2016).

9.2 Krajina

Pardubický kraj se řadí mezi kraje s největším rozpětím nadmořských výšek. Prolíná se zde Polabská nížina s Českomoravskou vrchovinou. Kraj je na jihu lemován Ždárskými vrchy a Železnými horami, které patří mezi chráněné krajinné oblasti v tomto kraji, dále Orlickými horami a částí Hrubého Jeseníku. Nejvyšším místem je Králický Sněžník. Krajina je tvořena lesy, rybníky, řekami, chráněnými krajinnými oblastmi, parky a podobně. Z přírodních památek lze zmínit například Kunětickou horu či také Vesecký kopec. Nachází se zde mnoho chráněných druhů rostlin a živočichů. Ze živočichů to jsou např. mlok skvrnitý, skokani, střevlíci a další druhy (Bartoš a Šebek 2004; Langerová 2004).

9.3 Půdní vlastnosti

Nejvíce zastoupeným půdním typem v Pardubickém kraji je kambizem. Více než polovina Pardubického kraje je tvořena zemědělskou půdou. Lesní pozemky zabírají zhruba 30 % kraje. Oblast je známá jako úrodné Polabí (CZSO ©2022).

9.4 Hydrologické poměry

Kraj je významný velkými přebytky vodních zdrojů, jež mají nadregionální význam. Z jiných povodí nejsou do této oblasti přinášeny znečišťující látky. Nejvýznamnějšími a zároveň největšími vodními plochami v tomto kraji jsou vodní nádrž Seč, ležící na řece Chrudimce, Bohdanečský rybník a na Divoké Orlici Pastvinská přehrada. Část kraje je pokryta pásmy ochrany vod, kde dochází k přirozené akumulaci vody. Pardubický kraj leží na rozvodnici úmoří Černého a Severního moře, což jej z hydrologického hlediska velmi ovlivňuje (CSZO © 2007).

10. Metodika

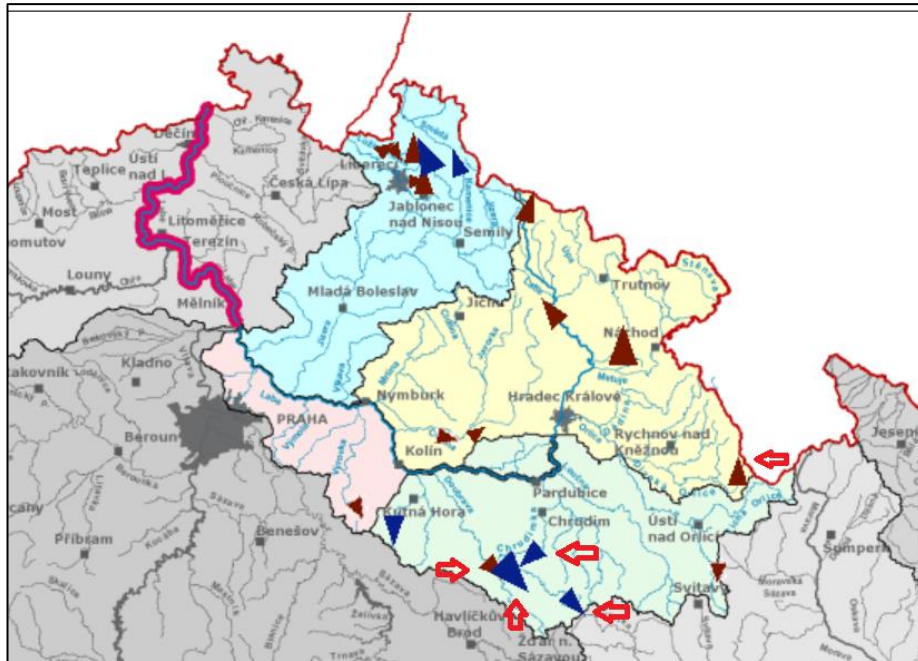
- Zpracování literární rešerše za pomoci dostupné odborné literatury a dalších materiálů.
- Zpracování poskytnutých dat do grafů a následné vyhodnocení výsledků.
- Zhodnocení kvality vody.

10.1 Vodní nádrže v pardubickém kraji

Hlavním důvodem výstavby vodních nádrží v Pardubickém kraji byly časté povodně. Mezi velmi ničivé patřila povodeň z roku 1897. Dalším důvodem výstavby nádrží bylo zajištění dostatku vody pro obyvatele. O nádrže v Pardubickém kraji se stará podnik Povodí Labe.

Výstavba nádrží probíhala ve třech fázích:

- **První fáze výstavby** probíhala v letech 1902–1918. Došlo k vybudování celkem 11 nádrží, mezi něž patří i Hamry na Chrudimce a Pařížov na Doubravě. Hlavním účelem těchto nádrží byla ochrana před povodněmi. Později plnily další funkce jako zásobování pitnou vodou, chov ryb.
- **Druhá fáze výstavby** v letech 1919–1945 zahrnovala pouze dvě přehrady. Jedná se o Seč na Chrudimce a Pastviny na Divoké Orlici.
- **Poslední fáze výstavby** trvající od roku 1946 až dosud zahrnuje tři odlišné přehrady. Křižanovice na Chrudimce patří mezi ně (Blažek a kol. 2006).

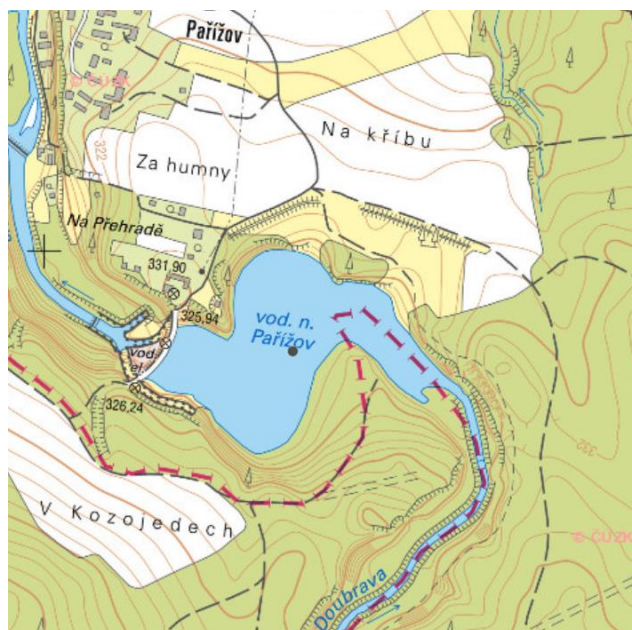


Obrázek 4: Červené šipky ukazující vodní nádrže v Pardubickém kraji (Povodí Labe, státní podnik, 2015)

Vodní nádrže, jimiž se zabývá tato bakalářská práce, spadají pod správu státního podniku Povodí Labe. V současné době tento podnik pečuje o 72 malých vodních nádrží a 24 přehrad. Celková plocha povodí je necelých 14 500 km². Veškerá voda, kterou tento podnik spravuje, odtéká do Severního moře. Hlavním úkolem je péče o vodní díla, péče o koryta, ochrana před povodněmi a další činnosti spojené s vodou (Povodí Labe, státní podnik, 2016, Dušek a Kostka 2020).

10.1.1 Pařížov

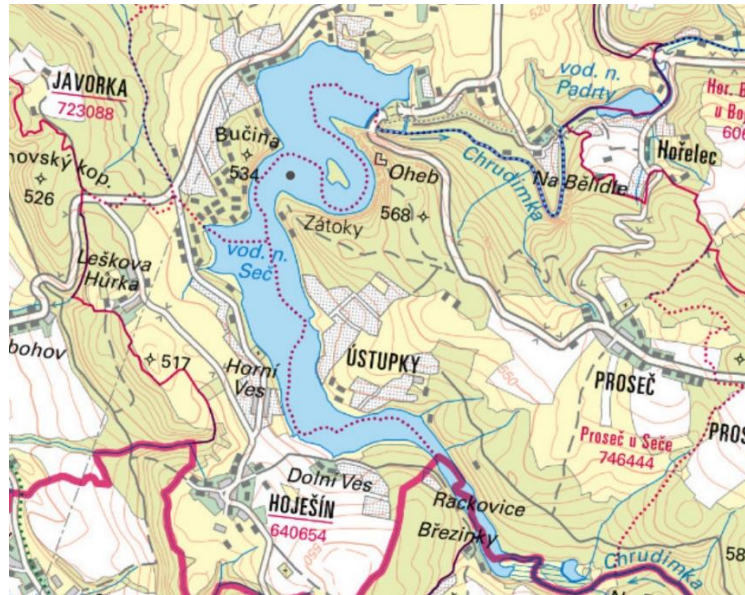
Tato přehradní nádrž se nachází pod Železnými horami na řece Doubravě. Stavbě nádrže předcházela velká povodeň v roce 1908. Nádrž byla poté postavena v roce 1913. Jedná se o víceúčelovou nádrž, sloužící především na ochranu před povodněmi, pro potřeby průmyslu a rybolovu. Využívá se ovšem také k chovu ryb a v neposlední řadě k rekreaci. Od roku 1986 je kulturní památkou. Voda v této nádrži je z ostatních zmiňovaných nádrží nejméně kvalitní (Stráský 2010).



Obrázek 5: Vodní nádrž Pařížov (ČÚZK ©2022)

10.1.2 Seč

Důvodem vzniku této přehradní nádrže byly časté a nebezpečné povodně. Jedna z největších povodní proběhla v roce 1880. Povodně se opakovaly několikrát za rok. Přehradní nádrž se stavěla okolo 10 let a jednalo se o stavbu největší přehradní nádrže (Adámek 2021). Přehrada leží na řece Chrudimce. Hloubka nádrže může na některých místech dosahovat až 35 m. Nádrž se využívá k vodárenským a energetickým účelům, dále slouží k rekreaci, rybolovu, k akumulaci vody na více místech. Na některých místech platí zákaz koupání, jedná se o místa prvního stupně hygienické ochrany. Okolo nádrže je několik pláží, kempů a podobně. Je to vyhledávané místo pro rekreaci. Problémy ovšem bývají v létě s kvalitou vody, kdy zde dochází k přemnožení sinic (Štefáček 2010).

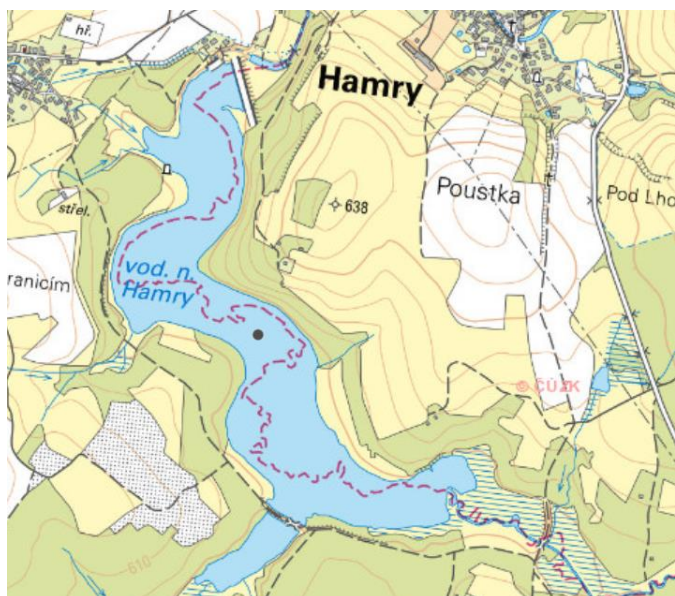


Obrázek 6: Vodní nádrž Seč (ČÚZK ©2022)

10.1.3 Hamry

Vodní nádrž Hamry, postavená v roce 1912, se nachází na řece Chrudimce. Původním účelem této nádrže bylo vylepšení průtoků v období sucha. Tento účel však nesplnila. Mezi lety 1931 a 1933 došlo k rekonstrukci hráze. Účelem této stavby je především ochrana před povodněmi, slouží pro vodárenské účely a využívá se k nadlehčování průtoků řeky Chrudimky. Další významnou funkcí je chov ryb, je zde zakázán rybolov a koupání. V současné době nádrž slouží především jako zásobárna pitné vody pro Hlinsko a okolí. Hloubka této nádrže činí necelých 12 m a plocha 82 ha (Štefáček 2010).

Každý rok dochází na této nádrži k výrazným projevům eutrofizace. Byla zavedena biomanipulace a snižování množství kaprovitých druhů ryb. Důsledkem bylo zlepšení jakosti vody a ochrana filtrujícího zooplanktonu (Povodí Labe, státní podnik, 2022).



Obrázek 7: Vodní nádrž Hamry (ČÚZK ©2022)

10.1.4 Pastviny

Tato nádrž se nachází na Divoké Orlici, postavena byla roku 1938. Jedná se o velmi hlubokou nádrž, s hloubkou téměř 30 m. Její rozloha činí 110 ha. Nádrž plní také mnoho funkcí, které se mění podle hydrologické a meteorologické situace. Slouží jako vodní elektrárna, v létě jako místo pro rekreaci a rybolov, jako ochrana před velkou vodou v době dešťů. Okolo této přehrady bylo vytvořeno několik písčných pláží. Díky své hloubce je přehrada vhodná i k potápění a plavbě na lodi (Stráský 2010).



Obrázek 8: Vodní nádrž Pastviny (ČÚZK ©2022)

10.1.5 Křižanovice

Stavba vznikla po druhé světové válce. Jedná se o dvě údolní nádrže v CHKO Železné hory na řece Chrudimce – Křižanovice I. a Křižanovice II, z nichž větší je vodní nádrž Křižanovice I., která zaujímá plochu o velikosti 32 ha. Obě nádrže slouží k vodárenským a energetickým účelům. Hlavním důvodem stavby je využití vodní energie ve vodní elektrárně. Koupání v těchto nádržích není možné a platí zde přísný zákaz vstupu do ochranného pásma. Tato nádrž nemá ochranný prostor (Štefáček 2010; povodí Labe, státní podnik, 2021).

Nádrž má problémy se zhoršenou kvalitou vody, jelikož je voda zdržena v nádrži pouze krátce. Velký vliv má také externí režim nádrže (Povodí Labe, státní podnik, 2022).



Obrázek 9: Vodní nádrž Křižanovice (ČÚZK ©2022)

10.2 Odběr vzorků

Na způsob odběru vzorků má vliv nespočet faktorů, jež mohou způsobit chybný výsledek. Na začátku odběru je nutné stanovit jeho účel. Před odběrem se musí zohlednit heterogenita vzorku, v případě nádrže pohyb větru a stratifikace, klimatické podmínky, kontaminace, způsob analýzy a podobné faktory, které mohou mít vliv na odběr. K odběru se nejčastěji používá sklo, plast nebo teflon. Odběr u povrchových vod probíhá do plastových lahví, u hlubších vod pomocí vzorkovačů vody nebo pomocí čerpadel (Madrid a Zayas 2007). Pro povrchové vody stačí odebrat 1 l vzorku na základní rozbor vody. Někdy je potřeba před analýzou vzorek upravit (Kopp 2015).

Vzorky vody se odebírají na kontrolních profilech na významných přítocích do nádrže. Následně jsou vyhodnocovány v laboratoři. Mezi odběrem a rozbořením vzorku by měl být co nejkratší čas (Synáčková 1994). Vzorek může být odebrán jednorázově nebo řadově. Z hladiny lze odebrat vzorky přímo do vzorkovnice, a to ručně. Dále se používají vzorkovače hlubinné při odběru v dané hloubce, jedná se například o Mayerovu lahev (Kopp 2015).

10.3 Dokumentace vzorků

Každý odebraný vzorek musí obsahovat povinně několik základních údajů. Vzorek musí být řádně označen štítkem se jménem odebírajícího pracovníka a také s číselným kódem vzorku, dále místem, datem a hodinou odběru. Provádí se zápis do deníku, ve kterém se zaznamenává například důvod vzorkování, odběrové místo, počet vzorků a podobně. Deník obsahuje také informace o další manipulaci se vzorkem, jaká analýza se má provést. Dále spolu se vzorkem je dodán průvodní list a protokol o odběru vzorku (Čurdová a kol. 2010, Kopp 2015).

10.4 Chyby při vzorkování

Při odběru vzorků může docházet k chybám, které následně ovlivní výsledné hodnoty vzorku. Mezi faktory mající vliv na špatný výsledek patří heterogenita vzorku, kontaminace jak nádoby, tak materiálu, chemické látky, rozklad teplotou, UV záření, nevhodný materiál nádoby a jiné. Vzorky bývají dle druhu materiálu skladovány při teplotě 4 °C a nižší (Madrid a Zayas, 2007).

Chyby vzniklé při zkoumání vzorku jsou dvojího typu:

- **Náhodná chyba** vzniká většinou náhodně a bez povšimnutí, s každým dalším měřením se její hodnota přibližuje 0. Řídí se normálním rozdělením.
- **Systematická chyba** vyvolává vychýlení k určité hodnotě, nikdy nedojde k přiblížení k 0. Za zdroj této chyby lze považovat možné chyby při odběru, úpravě i analýze vzorku, nedodržení postupů a podobně. Zásady odběru vzorku se musí proto poctivě dodržovat (Čurdová a kol. 2010).

11. Výsledky

11.1 CHSK_{Mn}

Jedná se o ukazatel vyjadřující míru znečištění vody. Původcem jsou látky rostlinného, živočišného nebo bakteriálního původu.

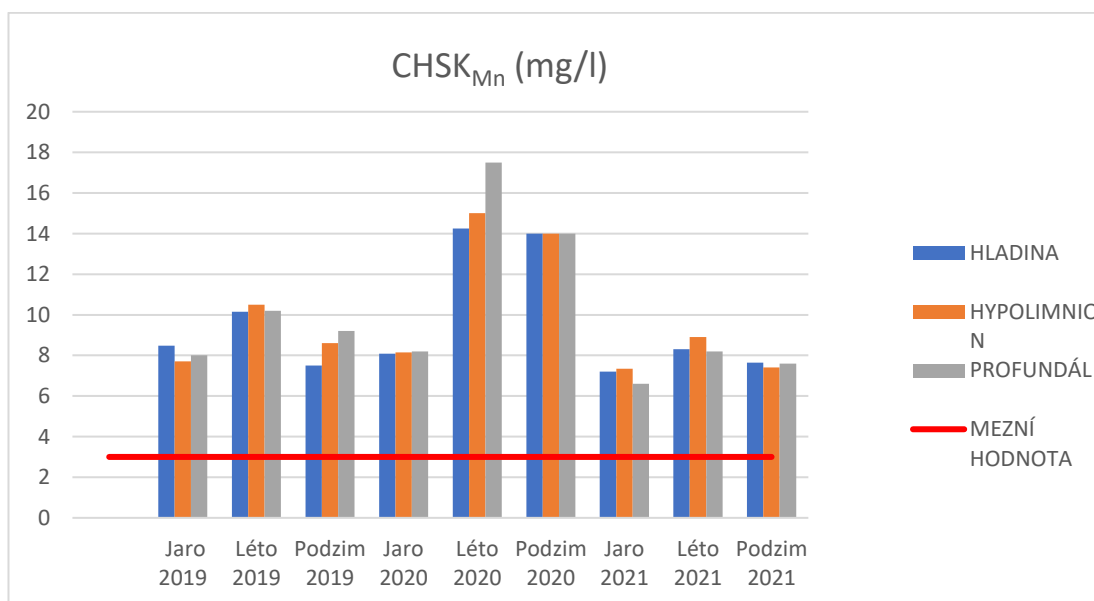
Dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. je maximální přípustná koncentrace pro účely pitné vody stanovena na 3 mg/rok.

Dle normy ČSN 75 7221 je možné rozdělit jednotlivé vody do tříd znečištění dle koncentrace CHSK_{Mn}.

Tabulka 1: Mezní hodnoty dle tříd vody (Norma ČSN 75 7221)

I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
<5 mg/l	<10 mg/l	<15 mg/l	<25 mg/l	>25 mg/l

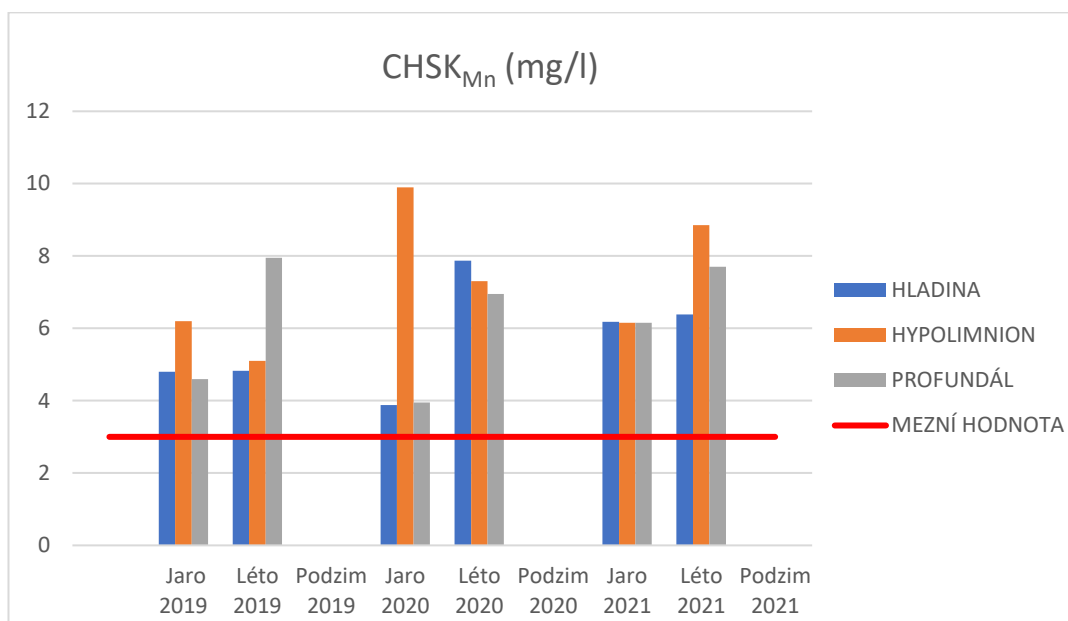
Vodní nádrž Seč



Obrázek 10: Chemická spotřeba kyslíku manganistanem (Povodí Labe, státní podnik)

Z grafu lze usoudit, že voda z této nádrže není z hlediska koncentrace CHSK_{Mn} vhodná k úpravě na pitnou vodu, neboť hodnotu 3 mg/l přesahuje několikanásobně. Koncentrace CHSK_{Mn} je v celém hloubkovém profilu nádrže ± stejná s výjimkou léta a podzimu 2020, kdy je koncentrace téměř 6krát větší než přípustná hodnota. Většinu srovnávacího období patřila tato nádrž do II. Třídy – mírně znečištěná voda.

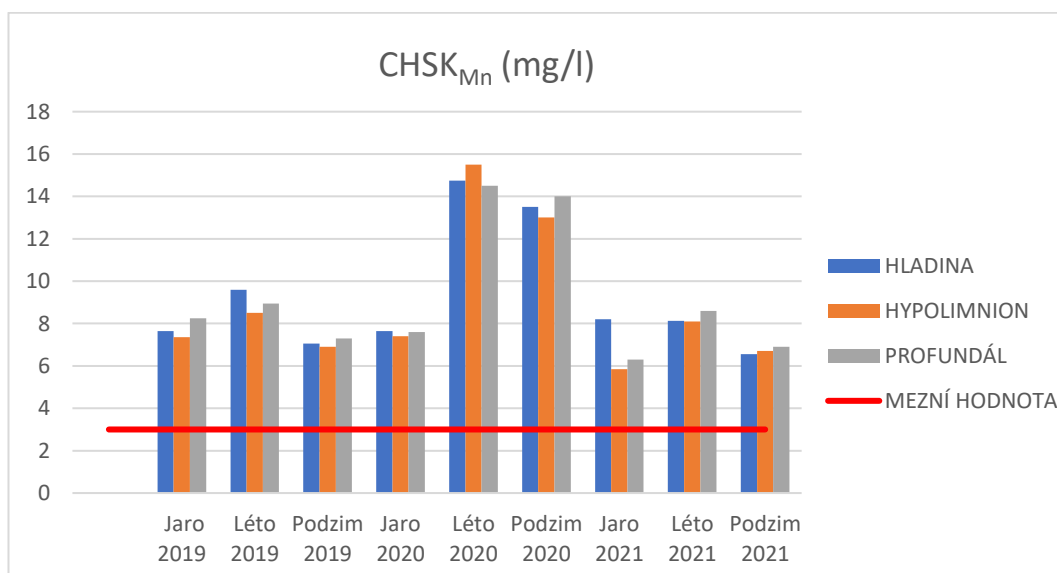
Vodní nádrž Pastviny



Obrázek 11: Chemická spotřeba kyslíku manganistanem (Povodí Labe, státní podnik)

Kvalita vody této nádrže je o poznání lepší. Koncentrace CHSK_{Mn} je oproti vodní nádrži Seč výrazně nižší. Pro tuto nádrž nebyly měřeny hodnoty na podzim. Koncentrace se měnila v hypolimniu a profundálu. Nádrž patřila v průběhu sledování do I.–II. Třídy.

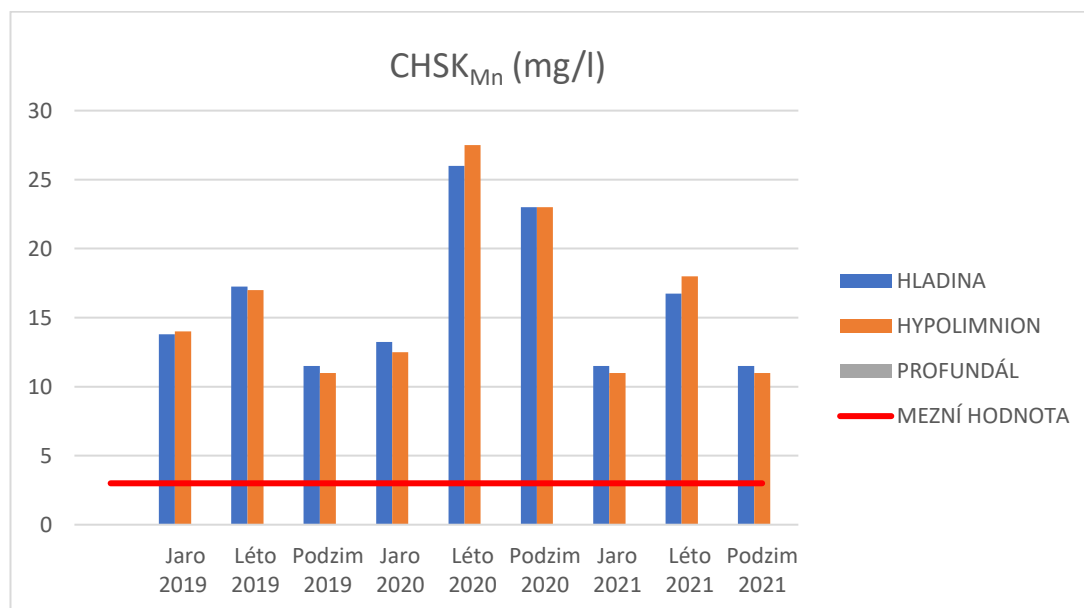
Vodní nádrž Křižanovice



Obrázek 12: Chemická spotřeba kyslíku manganistanem (Povodí Labe, státní podnik)

Graf ukazuje, že stanovené roční přípustné znečištění bylo překročeno stejně jako u předchozích nádrží. Koncentrace $CHSK_{Mn}$ je v celém hloubkovém profilu nádrže ± stejná s výjimkou léta a podzimu 2020, kdy je koncentrace téměř 5krát větší než přípustná hodnota. Většinu srovnávacího období patřila tato nádrž do II. Třídy – mírně znečištěná voda. Naměřenými hodnotami je velmi podobná vodní nádrž Seč, jež kvalitu v této nádrži ovlivňuje.

Vodní nádrž Hamry



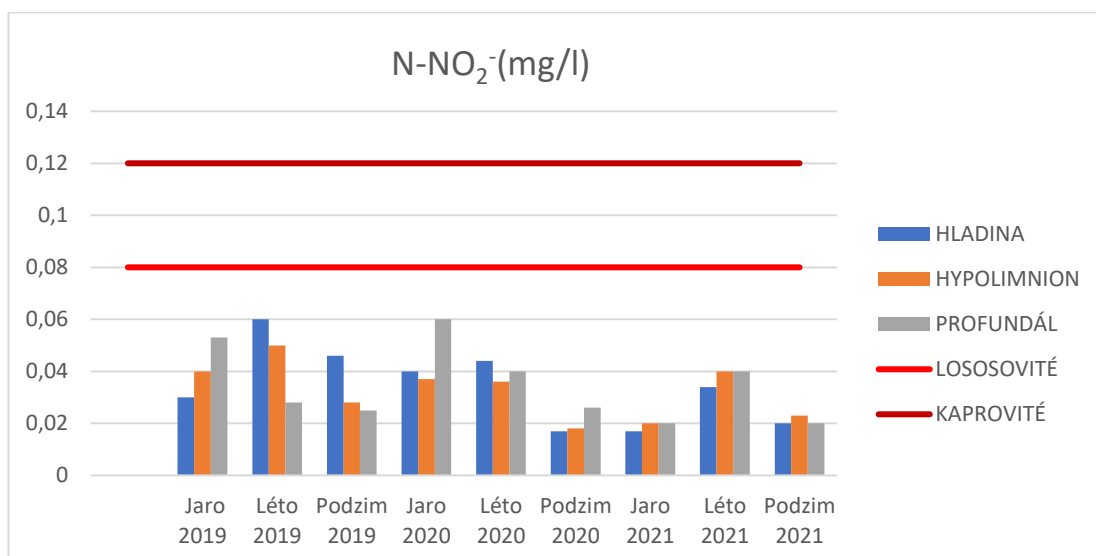
Obrázek 13: Chemická spotřeba kyslíku manganistanem (Povodí Labe, státní podnik)

Vzhledem k ostatním výsledkům nádrží lze s jistotou říct, že tato nádrž má nejhorší kvalitu vody z hlediska koncentrace $CHSK_{Mn}$. Nejvyšší naměřená hodnota byla v létě 2020, kdy koncentrace v hypolimniu dosáhla téměř 28 mg/l $CHSK_{Mn}$. Extrémní koncentrace se vyskytovala také na podzim 2020. Z hlediska zastoupení látek ve vodním sloupci se dá říct, že v každém ročním období jednoho roku byly koncentrace téměř vyrovnané. Pro tuto nádrž nebyly měřeny hodnoty v profundálu. Vodní nádrž Hamry se kvalitou řadí do III.–IV. Třídy.

11.2 N-NO₂-

Nařízením vlády č. 401/2015 Sb. je stanovena roční průměrná hodnota přípustného znečištění pro lososovité vody 0,08 mg/l a pro kaprové vody 0,12 mg/l. Velké množství může být pro ryby toxické. V povrchových vodách jsou zastoupeny nepatrnou koncentrací.

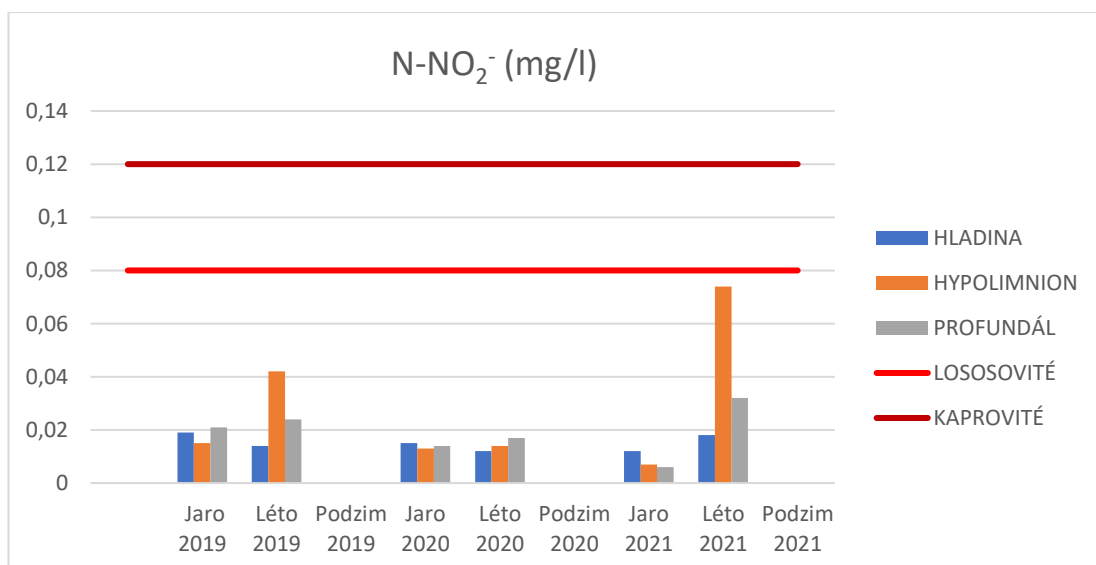
Vodní nádrž Seč



Obrázek 14: Koncentrace dusitanového dusíku (Povodí Labe, státní podnik)

Nejmenší koncentrace byla naměřena na podzim 2020 a na jaře 2021.

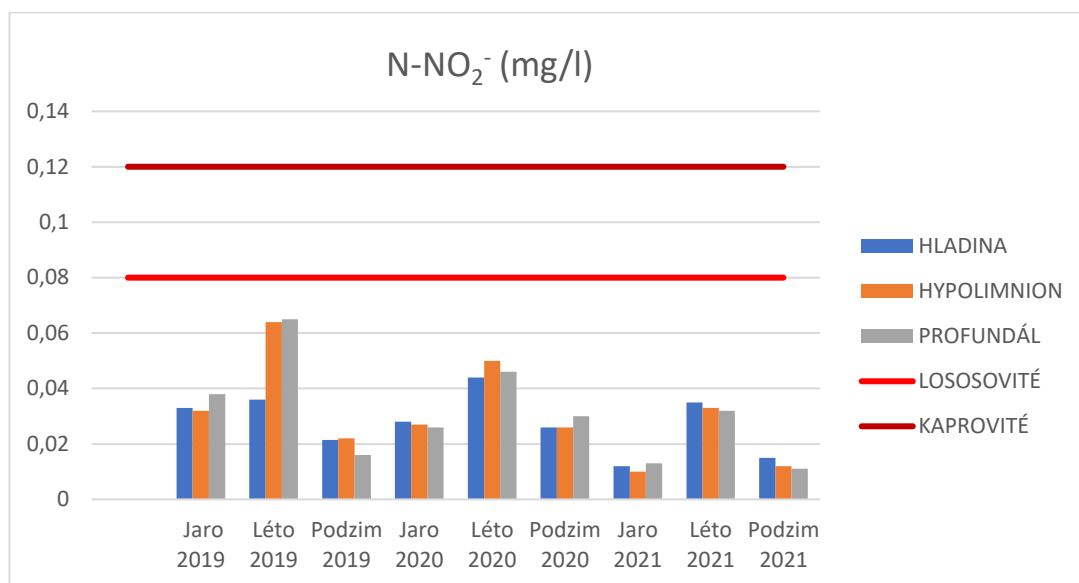
Vodní nádrž Pastviny



Obrázek 15: Koncentrace dusitanového dusíku (Povodí Labe, státní podnik)

Z grafu vyplývá, že v žádném ročním období a roce nedošlo k překročení daných limitů. Koncentrace N-NO₂ se pohybovala v rozmezí 0,01–0,02 mg/l v celém vodním sloupci. Výjimka nastala v hypolimniu v létě 2019 a 2021, kdy byla koncentrace zvýšená.

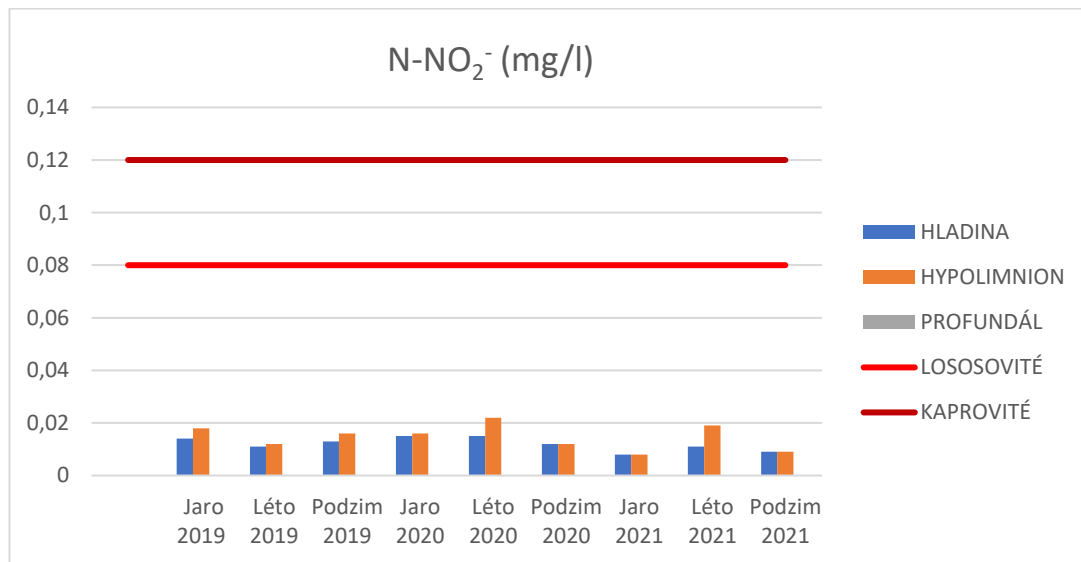
Vodní nádrž Křižanovice



Obrázek 16: Koncentrace dusitanového dusíku (Povodí Labe, státní podnik)

V žádném roce nedošlo k překročení limitu pro lososovitě ani kaprové vody. Největší koncentrace tohoto ukazatele byla naměřena v létě každého roku, nejmenší na jaře roku 2021.

Vodní nádrž Hamry



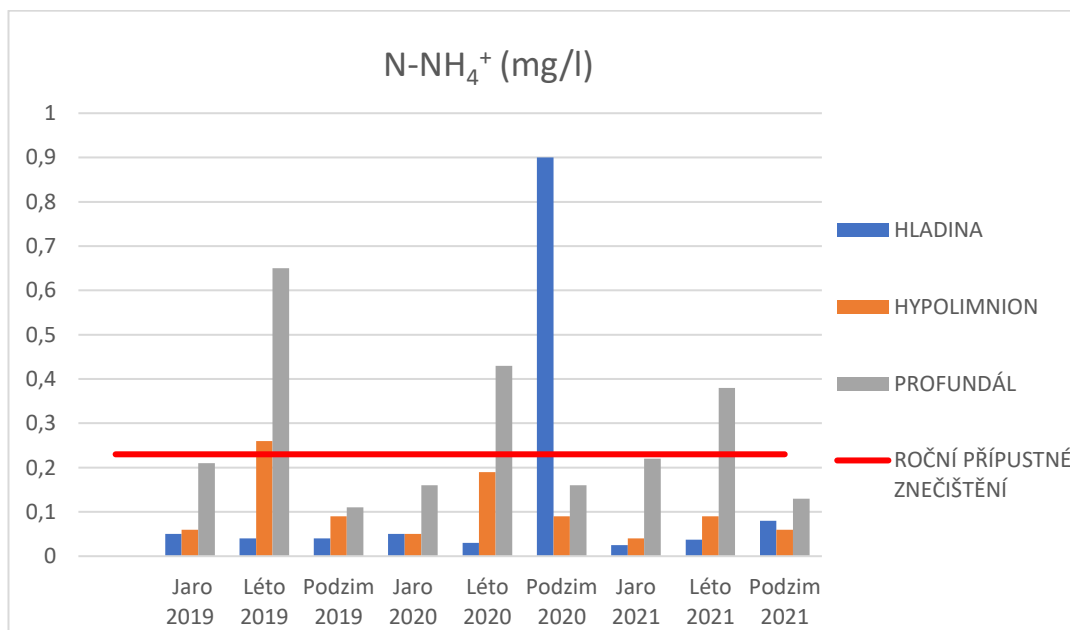
Obrázek 17: Koncentrace dusitanového dusíku (Povodí Labe, státní podnik)

Dle grafu se jedná o nádrž s nejnižší a nejvyrovnanější koncentrací N-NO₂ v rámci všech posuzovaných nádrží. Koncentrace látky v hypolimniu a při hladině je téměř vyrovnaná. Nejmenší koncentrace byla na jaře 2021. Data pro profundál nebyla odebrána.

11.3 N-NH₄⁺

Roční přípustné znečištění stanovuje nařízení vlády č. 401/2015 Sb. na hodnotu 0,23 mg/l. Jedná se o primární produkt rozkladu dusíkatých látek rostlinného a živočišného původu. Antropogenním zdrojem jsou průmyslové odpadní vody a hnojiva.

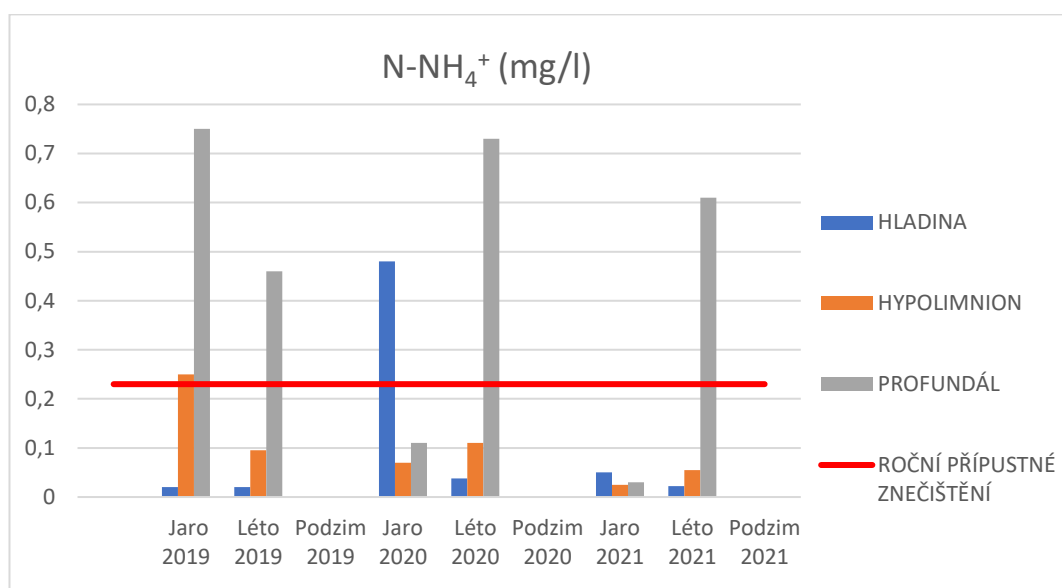
Vodní nádrž Seč



Obrázek 18: Koncentrace amoniakálního dusíku (Povodí Labe, státní podnik)

Přípustná koncentrace amoniakálního dusíku byla překročena v každém roce v období léta. Koncentrace byla překročena v profundálu. V roce 2020 byla také koncentrace překročena na podzim, a to ze vzorků odebraných při hladině. Hodnota byla překročena téměř 4násobně. Nejnižší koncentrace se drží při hladině, nejvyšší v profundálu.

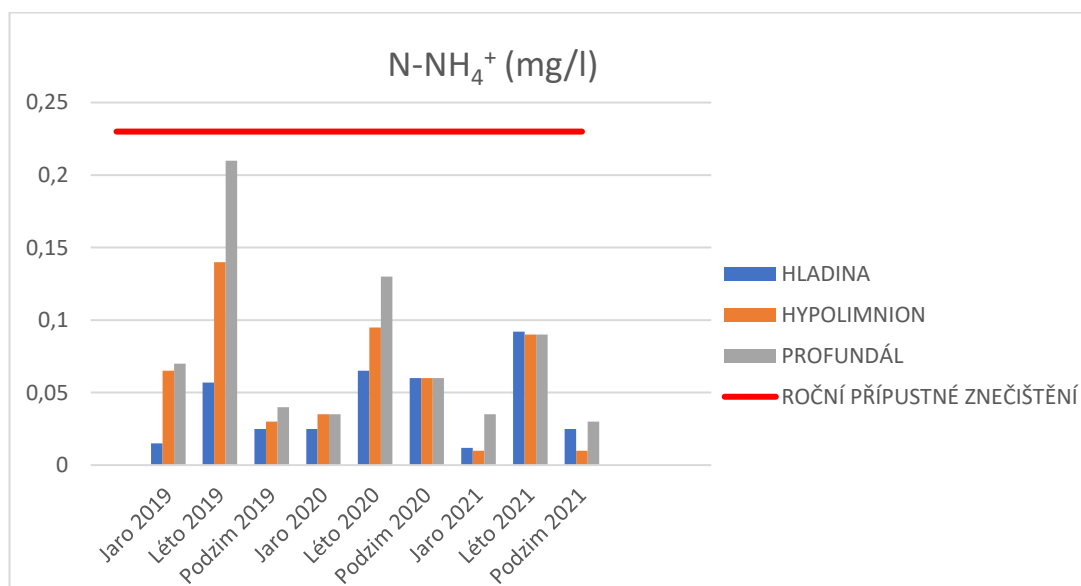
Vodní nádrž Pastviny



Obrázek 19: Koncentrace amoniakálního dusíku (Povodí Labe, státní podnik)

Dle grafu byla koncentrace posuzované látky překročena z odběru v profundálu. K překročení došlo v létě v letech 2019–2021, na jaře 2019. Na jaře došlo také k překročení stanovené hodnoty ze vzorků odebraných z hladiny.

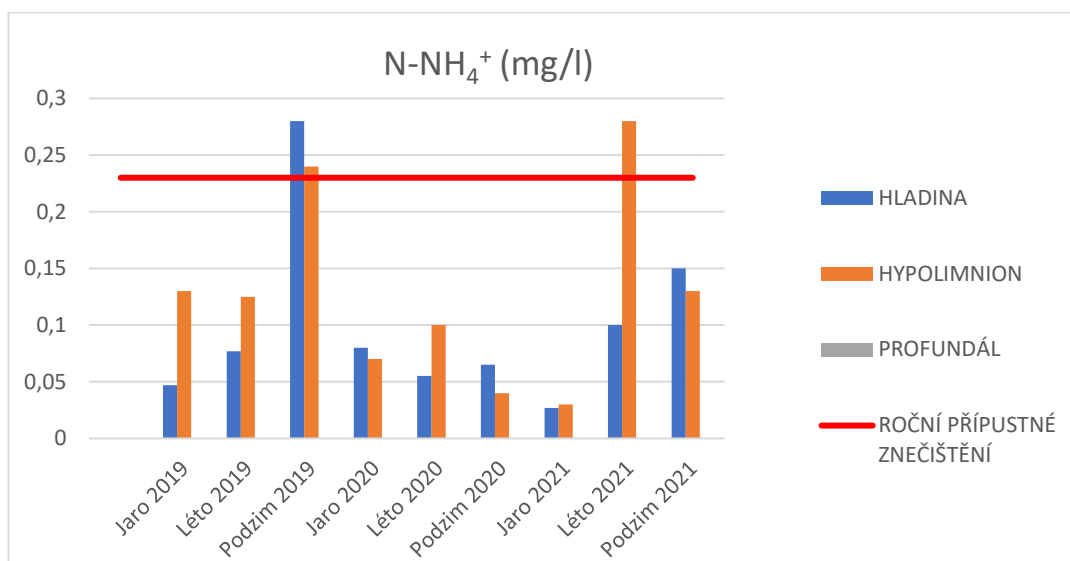
Vodní nádrž Křižanovice



Obrázek 20: Koncentrace amoniakálního dusíku (Povodí Labe, státní podnik)

Tato nádrž jako jediná z posuzovaných nepřesáhla hranici přípustného znečištění. Nejvyšší koncentrace byly naměřeny v létě v profundálu. Zastoupení látek ve vodním sloupci je velmi proměnlivé.

Vodní nádrž Hamry



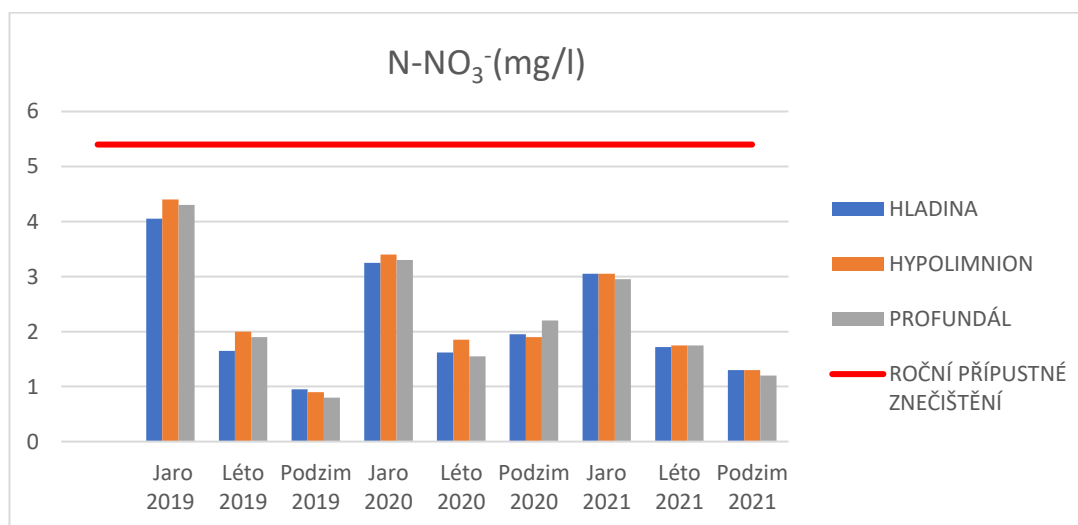
Obrázek 21: Koncentrace amoniakálního dusíku (Povodí Labe, státní podnik)

K překročení hodnoty přípustného znečištění došlo na podzim 2019 a v létě 2021. Na jaře a v létě 2019 byla vyšší koncentrace v hypolimniu oproti hladině. V následujících letech se koncentrace a rozložení v rámci vodního sloupce měnily. Tato nádrž se řadí obsahem N-NH_4^+ k horším.

11.4 N-NO₃-

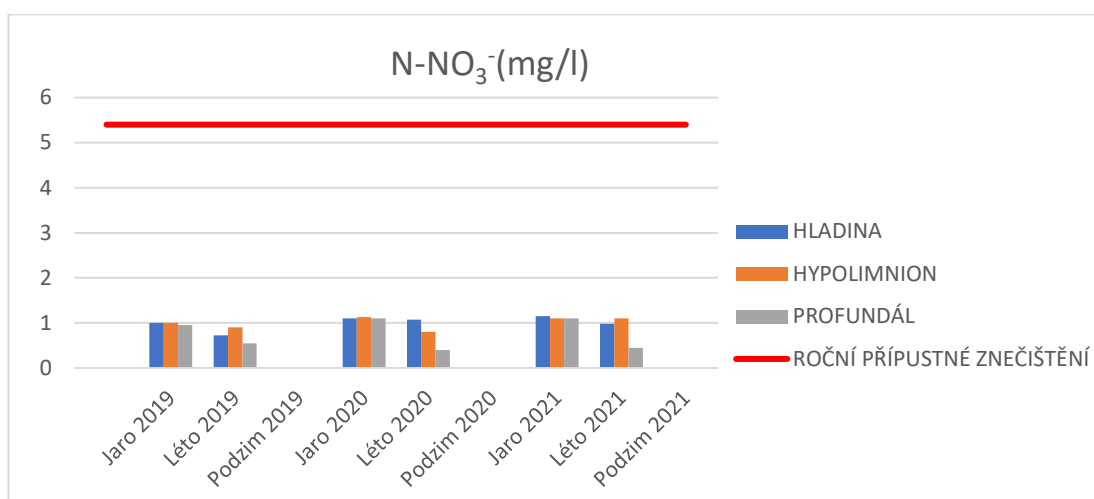
Koncentrace ročního průměrného přípustného znečištění je stanovena dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. na 5,4 mg/l. Dusičnany přispívají k eutrofizaci vod.

Vodní nádrž Seč



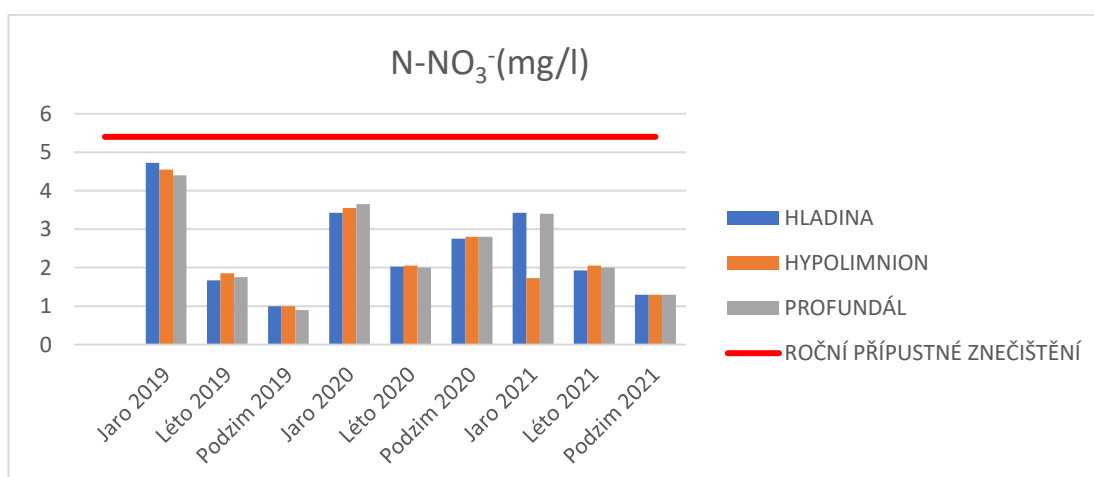
Obrázek 22: Koncentrace dusičnanového dusíku (Povodí Labe, státní podnik)

Vodní nádrž Pastviny



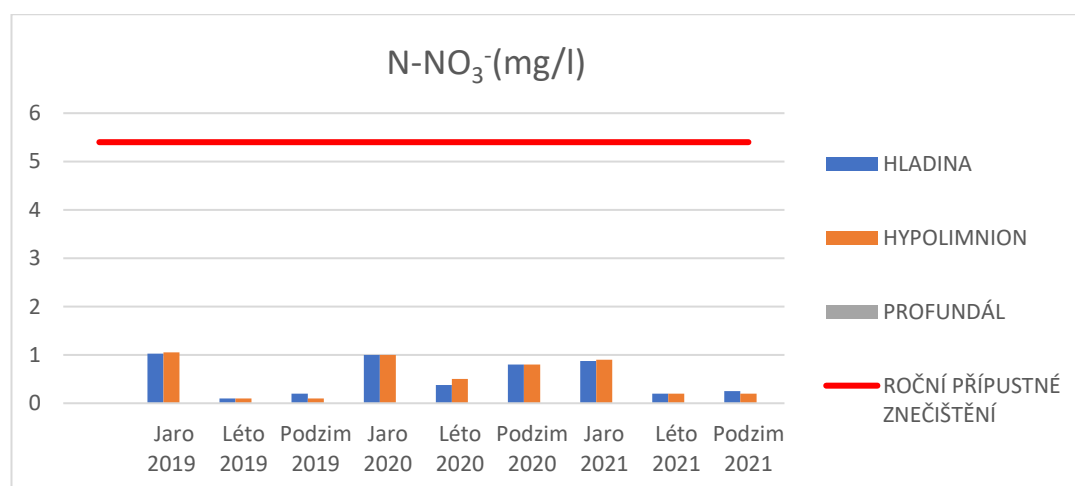
Obrázek 23: Koncentrace dusičnanového dusíku (Povodí Labe, státní podnik)

Vodní nádrž Křižanovice



Obrázek 24: Koncentrace dusičnanového dusíku (Povodí Labe, státní podnik)

Vodní nádrž Hamry



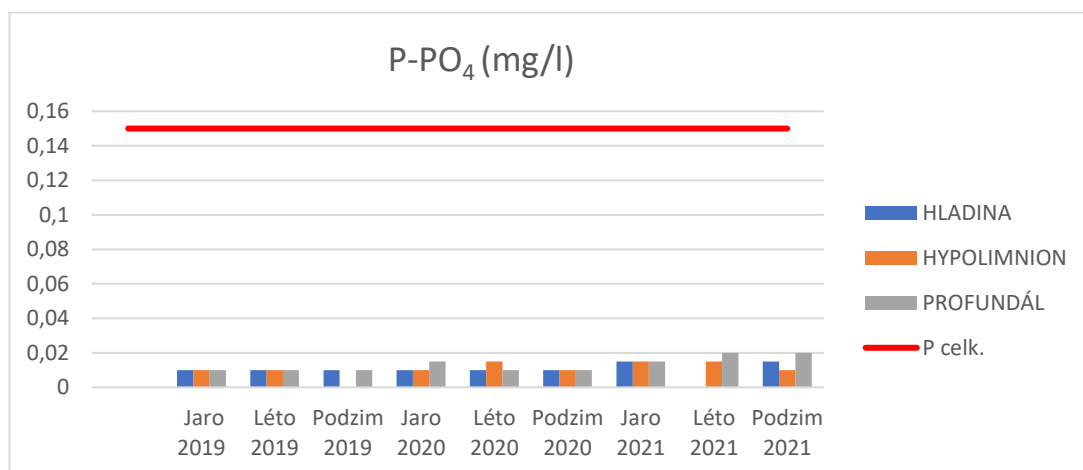
Obrázek 25: Koncentrace dusičnanového dusíku (Povodí Labe, státní podnik)

Dle obrázku č. 22, 23, 24, 25 nebyla v žádné nádrži překročena roční přípustná koncentrace znečištění. Pro N-NO₃⁻ je stanoven limit 5,4 mg/l. U vodní nádrže Seč byly naměřeny nejvyšší koncentrace látky ve zmiňovaných letech v období jara. Rozložení látek ve vodním sloupci v rámci ročního období a roku bylo s minimálními rozdíly. Vodní nádrž Pastviny zaznamenala v porovnávaných letech a obdobích téměř stejné hodnoty. Výjimka nastala v létě, kdy byla koncentrace v rámci hloubkového profilu nejnižší v profundálu. Na podzim nebyly vzorky odebrány. Jedná se o nejstabilnější nádrž z posuzovaných nádrží. Spolu s vodní nádrží Hamry byla koncentrace do 1 mg/l. Vodní nádrž Křižanovice měla stejně jako Seč vyšší koncentrace N-NO₃⁻, a to v rozmezí 3–4 mg/l. Nejvyšší koncentrace byly naměřeny na jaře ve všech částech vodního sloupce. Nejnižší koncentrace byla zaznamenána na podzim 2019, nejvyrovnanější na podzim 2021. Vodní nádrž Hamry měla nejvyšší koncentraci na jaře v hypolimniu a při hladině. V létě a na podzim byla koncentrace v rozmezí 0,1–0,2 mg/l. Hodnoty pro profundál nebyly měřeny.

11.5 P-PO₄

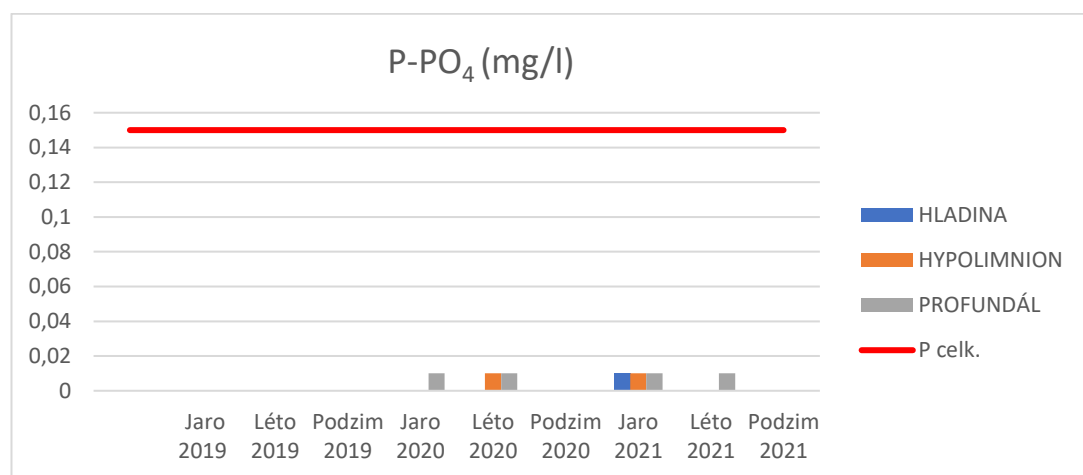
Pro P-PO₄ nejsou stanoveny žádné limitní hodnoty, jelikož se ve vodách vyskytuje ve velmi nízkých koncentracích a je zdravotně nezávadný. V povrchových vodách podporuje výskyt sinic v letním období. Je důležitým zdrojem pro autotrofní organismy. V letním období je koncentrace u hladiny nižší, jelikož je zelenými organismy spotřebováván a přesouvá se do profundálu. Jeho koncentrace se mění v závislosti na vegetačním období. Je důležitým ukazatelem eutrofizace vod. Pro celkový fosfor, který zahrnuje i P-PO₄, bylo nařízením vlády č. 401/2015 Sb. stanoveno roční průměrné přípustné znečištění na 0,15 mg/l.

Vodní nádrž Seč



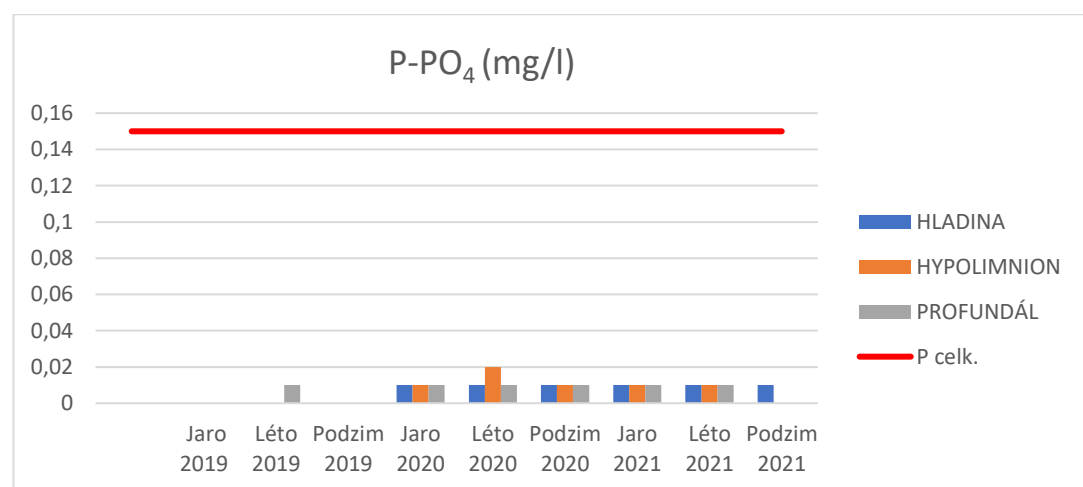
Obrázek 26: Koncentrace orthofosforečnanového fosforu (Povodí Labe, státní podnik)

Vodní nádrž Pastviny



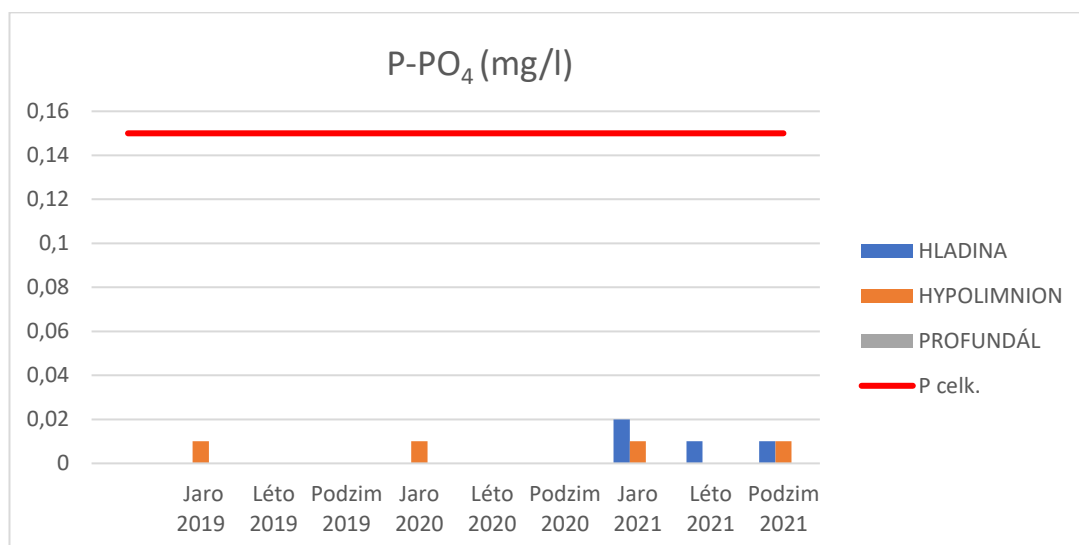
Obrázek 27: Koncentrace orthofosforečnanového fosforu (Povodí Labe, státní podnik)

Vodní nádrž Křižanovice



Obrázek 28: Koncentrace orthofosforečnanového fosforu (Povodí Labe, státní podnik)

Vodní nádrž Hamry



Obrázek 29: Koncentrace orthofosforečnanového fosforu (Povodí Labe, státní podnik)

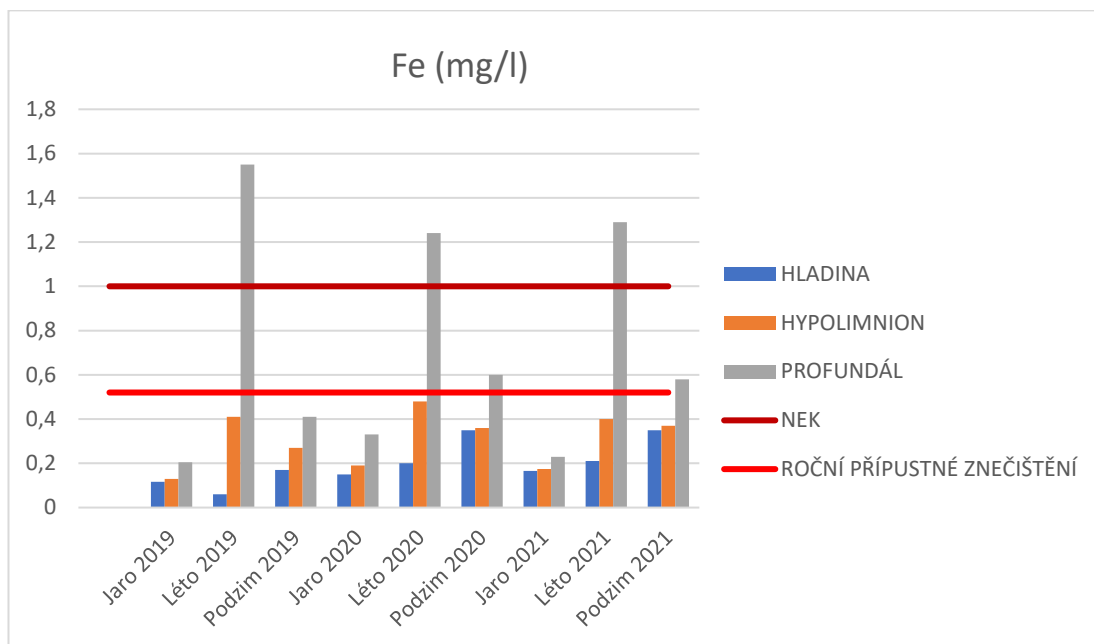
Naměřené hodnoty na obrázku č. 26, 27, 28 a 29 dosahovaly ve většině případů maximálně 0,01 mg/l. V rámci vodního sloupce jsou hodnoty téměř vyrovnané. V některých případech došlo k úplnému vyčerpání koncentrace u hladiny v létě. Pokud chybí u některého grafu sloupec, nebylo možné hodnotu stanovit, jelikož byla pod mezí stanovitelnosti <0,01 mg/l. Hodnoty orthofosfátu se mění v závislosti na vegetačním období. Na jaře ho bývá obvykle nejvíce a poté se s nástupem vegetace snižuje, jelikož ho organismy spotřebovávají, a přesouvá se do profundálu.

11.6 Železo Fe

Pro vyhodnocení, zda voda vyhovuje nárokům pro úpravu na pitnou vodu, je stanovena koncentrace 0,52 mg/l. Dle normy environmentální kvality je stanovena roční průměrná hodnota na 1 mg/l nařízením vlády 401/2015 Sb.

Železo je důležitý prvek pro vodní organismy v nádrži. Oxidací železa získávají chemolitotrofní organismy energii. Jeho přítomnost působí také na cykly ostatních prvků. Zdrojem můžou být odpadní vody a sedimenty na dně vod.

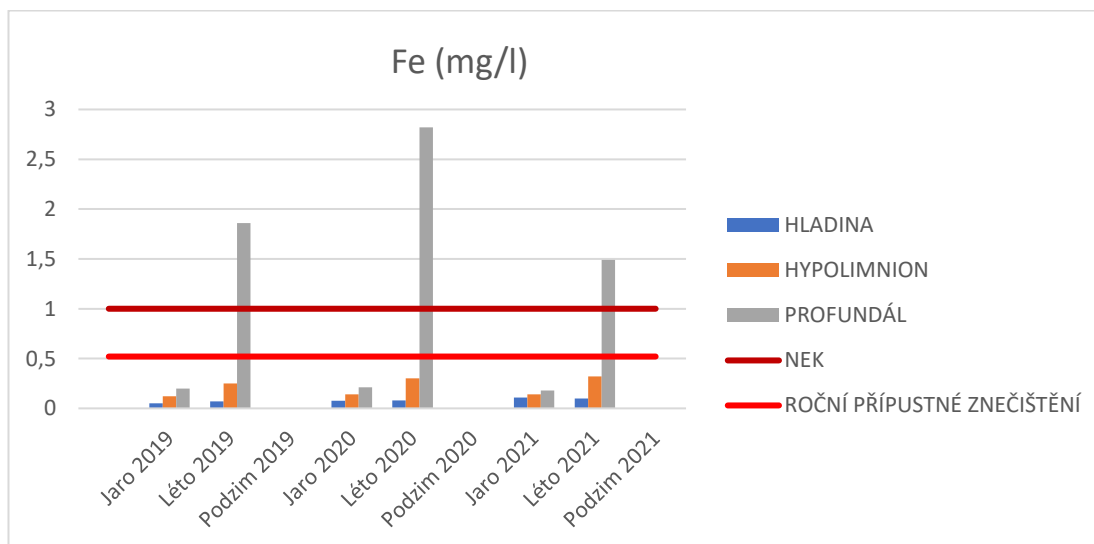
Vodní nádrž Seč



Obrázek 30: Koncentrace železa (Povodí Labe, státní podnik)

K překročení limitní hranice došlo v létě let 2019, 2020 a 2021. V rámci hloubkového profilu byla nejnižší koncentrace naměřena ve vzorcích odebraných z hladiny. Nejvyšší koncentrace byla v profundálu.

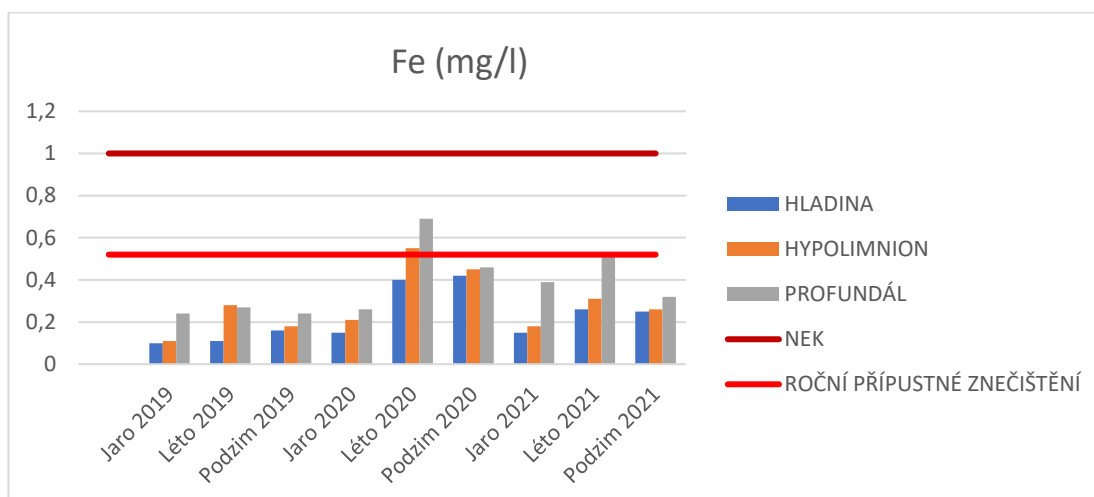
Vodní nádrž Pastviny



Obrázek 31: Koncentrace železa (Povodí Labe, státní podnik)

Stejně jako u předchozí nádrže došlo i zde k překročení stanovené koncentrace v letním období v profundálu. Na podzim nebyly vzorky odebírány. Tato nádrž má ze všech ostatních posuzovaných nádrží nejnižší koncentraci Fe, a tudíž nejlepší kvalitu vody.

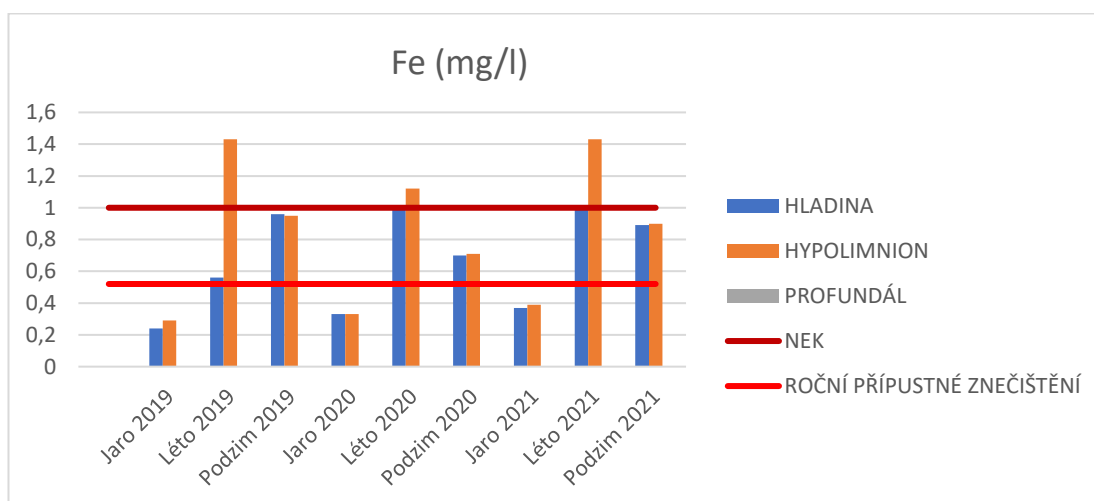
Vodní nádrž Křižanovice



Obrázek 32: Koncentrace železa (Povodí Labe, státní podnik)

U vodní nádrže Křižanovice nedošlo k překročení stanovené hranice normy environmentální kvality. Roční přípustné znečištění bylo překročeno nepatrně v létě 2020. Nejvyšší koncentrace byla naměřena v profundálu, nejnižší opět u hladiny.

Vodní nádrž Hamry



Obrázek 33: Koncentrace železa (Povodí Labe, státní podnik)

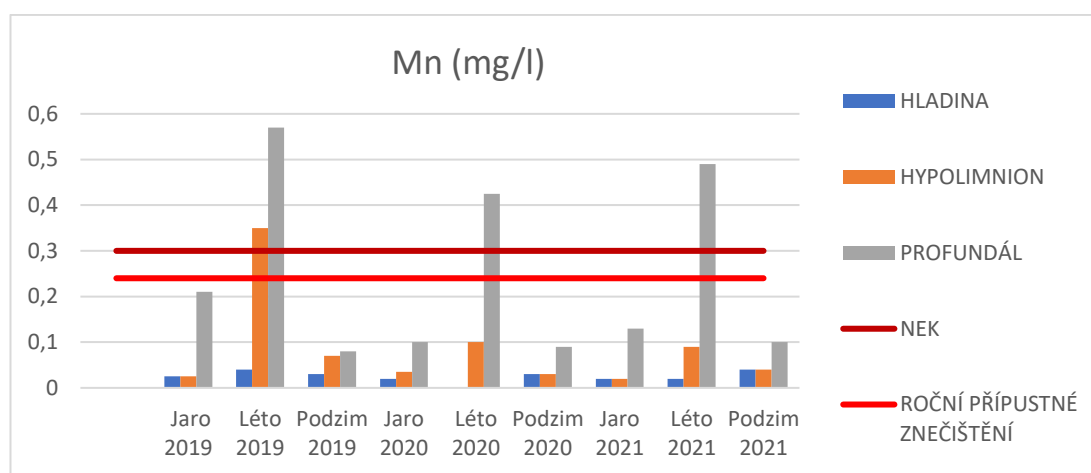
Ze všech posuzovaných nádrží došlo ve vodní nádrži Hamry k překročení koncentrace přípustného znečištění na jaře a na podzim každého roku. Největší koncentrace byla naměřena v hypolimniu. Vzorky z profundálu nebyly odebrány. Kvalita vody v této nádrži v rámci všech posuzovaných nádrží je velmi špatná.

11.7 Mangan Mn

Dle nařízení vlády 401/2015 Sb. je stanovena koncentrace roční přípustné průměrné hodnoty pro přeměnu vody na pitnou na 0,24 mg/l. Norma environmentální kvality stanovuje hranici 0,3 mg/l.

Zdrojem manganu jsou sedimenty ze dna a průmyslové vody. Nadbytek manganu má škodlivý vliv na organismus.

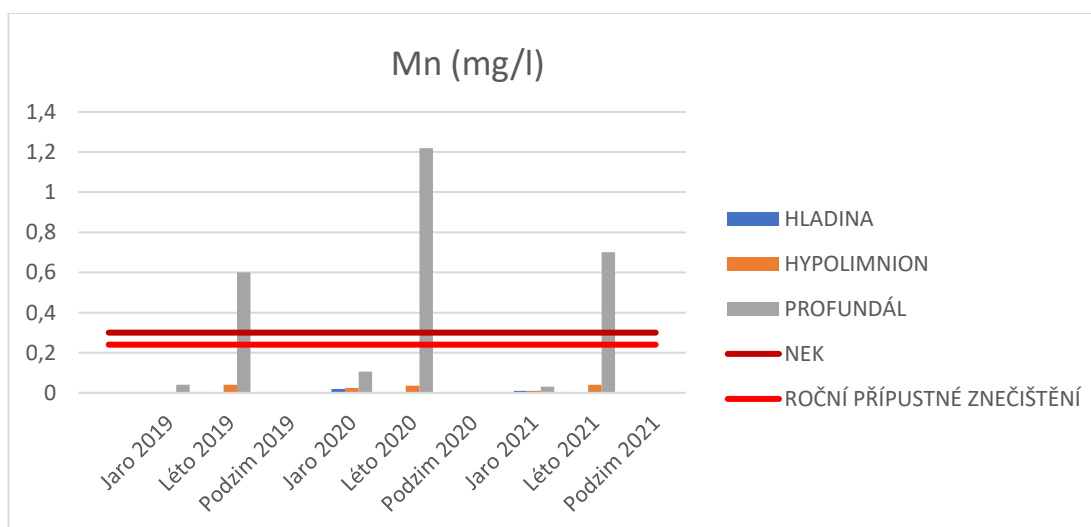
Vodní nádrž Seč



Obrázek 34: Koncentrace manganu (Povodí Labe, státní podnik)

Z grafu vyplývá, že k překročení obou limitů došlo v letním období ve všech posuzovaných letech, a to v profundálu. V ostatních částech sloupce se koncentrace pohybuje kolem 1 mg/l.

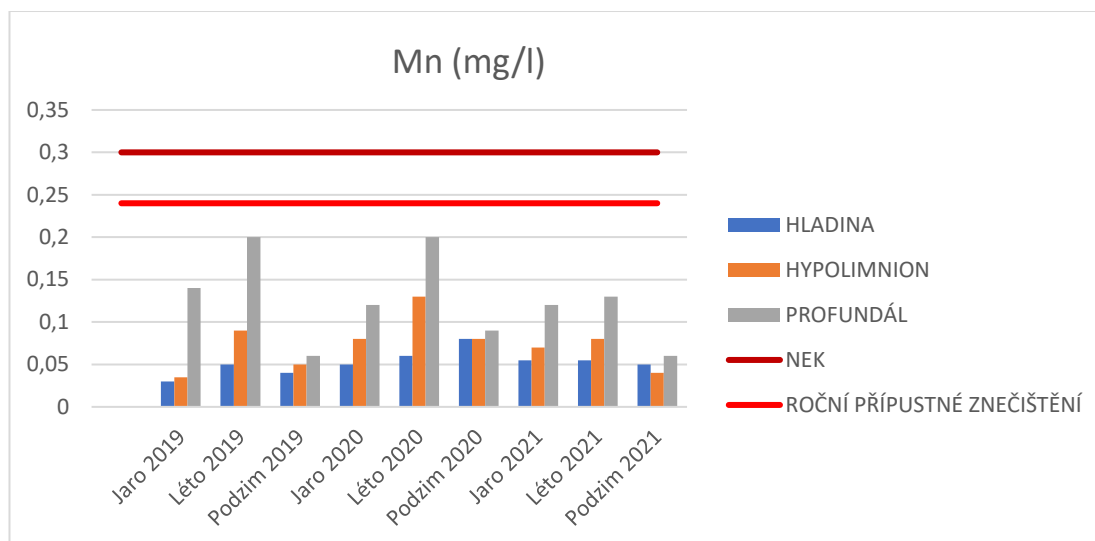
Vodní nádrž Pastviny



Obrázek 35: Koncentrace manganu (Povodí Labe, státní podnik)

Jedná se obecně o nádrž s nejkvalitnější vodou v rámci všech posuzovaných nádrží. K překročení limitu došlo pouze v letním období v profundálu. V ostatních částech vodního sloupce byly hodnoty ve většině případů pod mezí stanovitelnosti <0,02 mg/l.

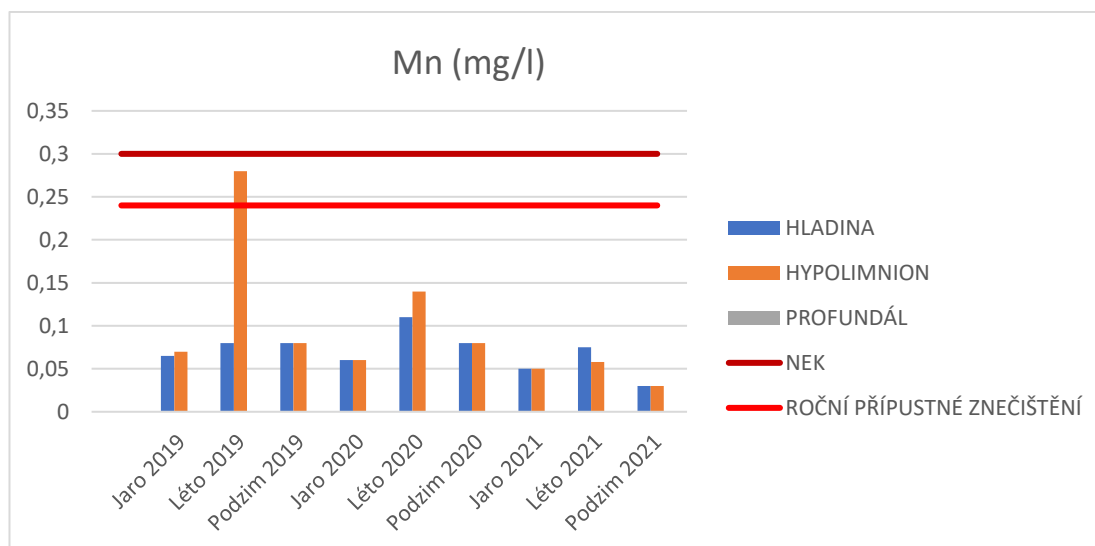
Vodní nádrž Křižanovice



Obrázek 36: Koncentrace manganu (Povodí Labe, státní podnik)

V nádrži nedošlo k překročení žádné stanovené limitní koncentrace. Největší koncentrace byly naměřeny taktéž v profundálu.

Vodní nádrž Hamry



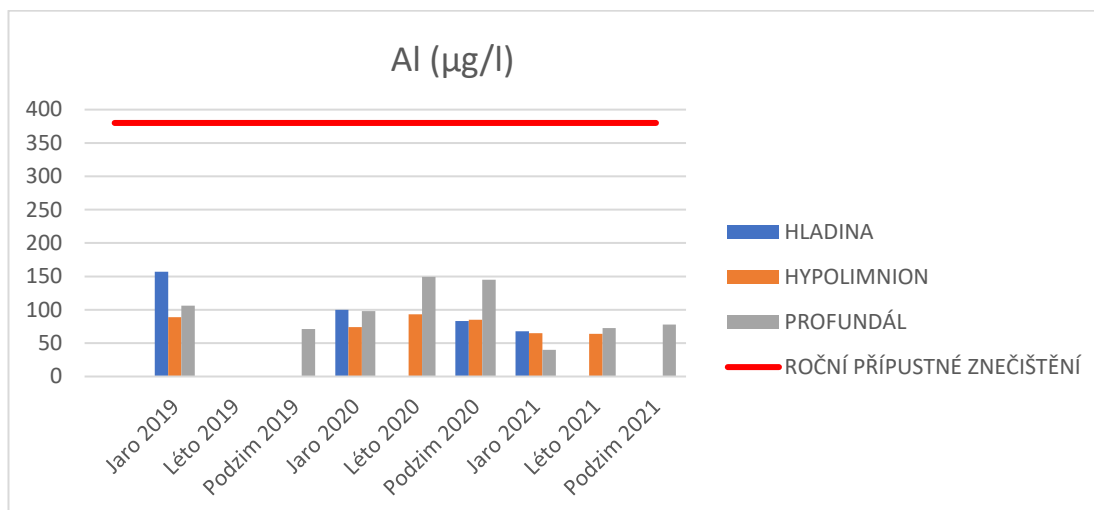
Obrázek 37: Koncentrace manganu (Povodí Labe, státní podnik)

Kromě léta 2019, kdy došlo k překročení ročního přípustného znečištění v hypolimniu, se hodnota manganu drží okolo 0,1 mg/l ve všech částech.

11.8 Hliník Al

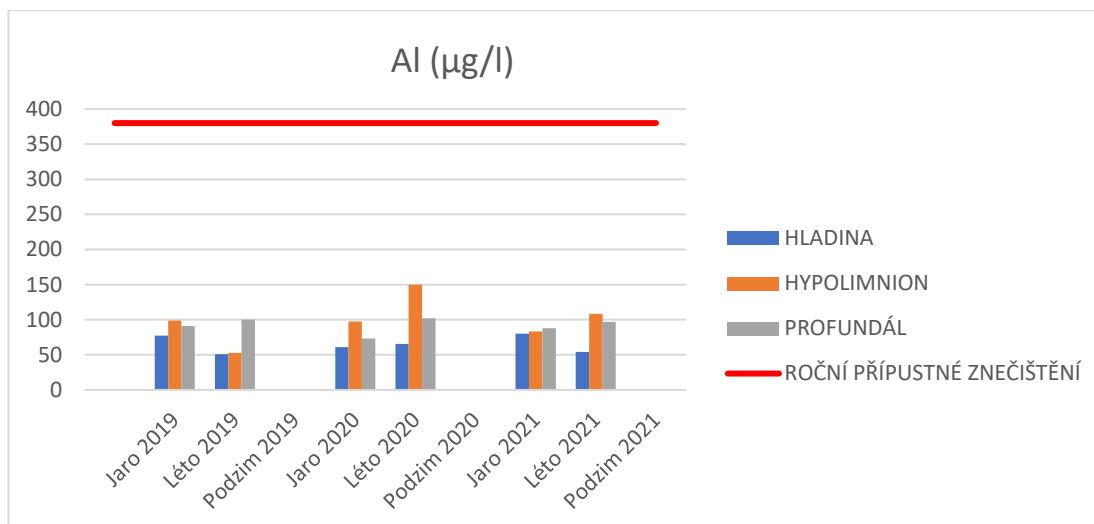
Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. stanovuje normu environmentální kvality na 1 000 µg/l. Pro posouzení, zda je voda vhodná pro úpravu na pitnou, byla stanovena roční přípustná průměrná koncentrace 380 µg/l. Do vody se hliník dostává prostřednictvím kyselých dešťů.

Vodní nádrž Seč



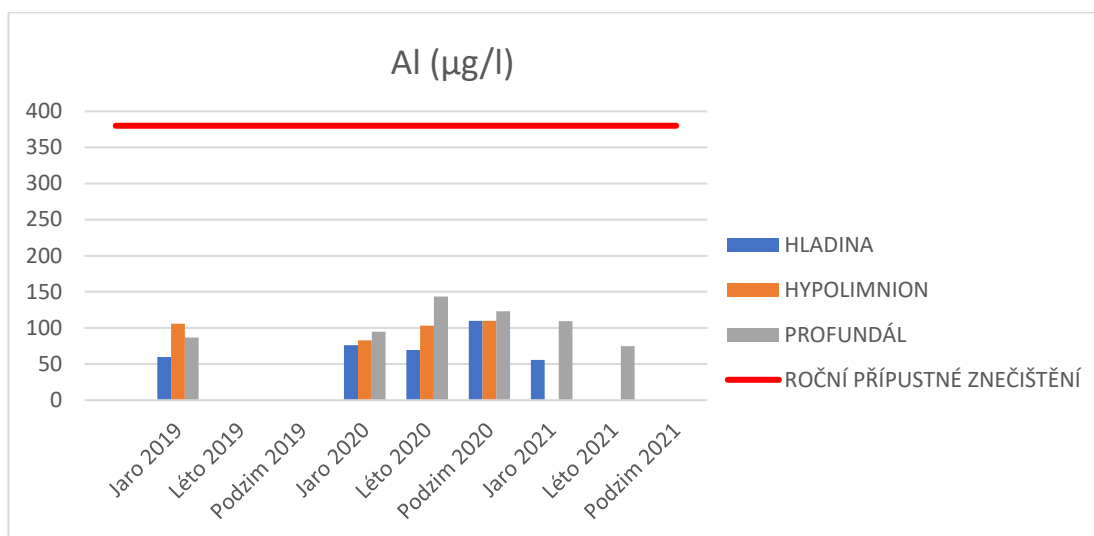
Obrázek 38: Koncentrace hliníku (Povodí Labe, státní podnik)

Vodní nádrž Pastviny



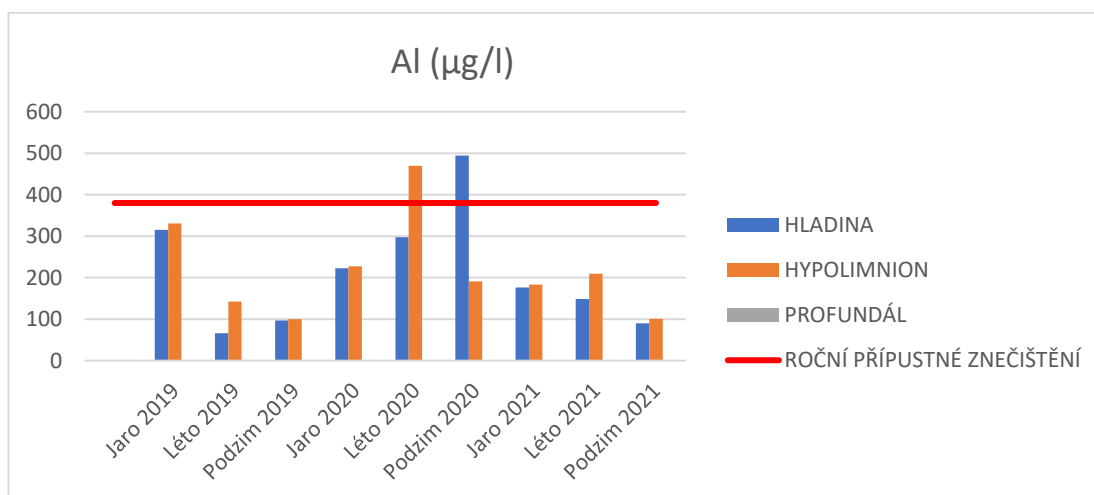
Obrázek 39: Koncentrace hliníku (Povodí Labe, státní podnik)

Vodní nádrž Křižanovice



Obrázek 40: Koncentrace hliníku (Povodí Labe, státní podnik)

Vodní nádrž Hamry



Obrázek 41: Koncentrace hliníku (Povodí Labe, státní podnik)

Dle obrázků č. 38, 39, 40, 41 nedošlo s výjimkou vodní nádrže Hamry k překročení roční přípustné koncentrace pro pitnou vodu, která činí 380 µg/l. U této nádrže došlo k překročení hodnoty v roce 2020 v létě v hypolimniu a na podzim při hladině. Pro tuto nádrž nebyla měřena data pro profundál. U ostatních nádrží byla větší koncentrace zastoupena v profundálu. U vodní nádrže Seč a Křižanovice nebylo možné v létě a na podzim 2019 stanovit hodnotu hliníku, jelikož byla <50 µg/l, tedy pod mezí stanovitelnosti. Pro vodní nádrž Pastviny se neprováděly odběry na podzim. Koncentrace u těchto nádrží nepřesáhla 150 µg/l.

12. Diskuze

Za zhoršování kvality vod může rostoucí počet obyvatel, napojení na veřejnou kanalizaci a také eutrofizace vod způsobená dusíkem, fosforem a dalšími látkami. Vody se stávají toxickými i pro vyšší organismy. Dochází ke zhoršování kvality vody v nádržích. Jedním z důvodů je přítok vody horší kvality (Synáčková 1994).

K zajištění dostatku pitné a kvalitní vody byly vládou stanoveny horní hranice přípustné koncentrace znečištění danou látkou.

Kvalita vody v posuzovaných vodních nádržích Seč, Pastviny, Křižanovice a Hamry je různá. V praktické části jsem posuzovala kvalitu vody z hlediska zastoupení chemických a biochemických ukazatelů ve vodním sloupci. Srovnávala jsem hodnoty naměřené mezi lety 2019 a 2021 ve třech ročních obdobích.

Naměřené hodnoty jsem porovnávala s nařízením 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. Tyto hodnoty byly stanoveny jako roční průměrné přípustné koncentrace znečištění a v mé praktické části chci tedy pouze upozornit na možná překročení těchto limitů. Zejména na to, v jakém ročním období a v jaké části hloubkového profilu k překročením došlo. Samozřejmě, že vliv má teplota vody, pH, fáze vegetačního období a podobně. Některé hodnoty byly srovnány s hodnotami uvedenými ve vyhlášce č. 252/ 2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Prvním posuzovaným ukazatelem byla chemická spotřeba manganistanem. Ve všech případech došlo k překročení maximální přípustné koncentrace – viz obrázky č. 10, 11, 12 a 13. Kvalita vody z hlediska naměřených hodnot byla ve všech částech vodního sloupce v daném ročním období a roce podobná. Dle mého názoru se nejkvalitnější voda nachází ve vodní nádrži Pastviny. Většinu období patřila do I.–II. Třídy znečištění. Naopak nejhorší kvalitu vykazala voda ve vodní nádrži Hamry, která se řadila do III. – IV. Třídy.

Dále jsem srovnávala naměřené hodnoty pro N-NO_2^- . K překročení maximální přípustné hodnoty znečištění nedošlo ani u jedné z nádrží. V rámci porovnání vodního sloupce byla ve většině případů nepatrně vyšší koncentrace v hypolimniu. Avšak hodnoty byly téměř vyrovnané. Nejstabilnější z hlediska koncentrace N-NO_2^- byla vodní nádrž Hamry – viz obrázek č. 17. Dle Koppa (2015) lze desetiny mg/l N-NO_2^- nalézt v hypolimniu a ve vodách s nízkou koncentrací rozpuštěného kyslíku. Větší koncentrace dusitanů se mohou vyskytovat v rybochovných nádržích. Pokud je nerovnováha v procesu nitrifikace a nedochází k rychlé přeměně dusitanů na dusičnany, dochází k hromadění dusitanů ve vodě.

Dále jsem posuzovala kvalitu vod z hlediska koncentrace N-NH_4^+ . Langhammer (2002) uvádí, že je amoniakální dusík důležitým zdrojem pro fotosyntetizující organismy a tvorbu jejich biomasy. Vzniká přeměnou z rostlinných a živočišných částí organismů a také se do vod dostává se splachem dusíkatých hnojiv a z odpadních vod. Kopp (2015) uvádí, že může vznikat ve vodě přímo jako primární produkt rozkladu dusitanů nebo dusičnanů. Podle koncentrace můžeme posoudit, jaké procesy ve vodě převládají. Největší podíl amoniakálního dusíku byl ve většině nádrží naměřen v profundálu v letním období – viz obrázky č. 18, 19, 20, 21. Domnívám se, že je to způsobeno letní stagnací, eutrofizací a také větším množstvím organické hmoty. Větší koncentrace může indikovat procesy v aerobním prostředí, jež mohou blokovat biochemické procesy. V případě vodní nádrže Hamry došlo k překročení přípustné koncentrace na podzim 2019 a v létě 2021 v hypolimniu a u hladiny – viz obrázek č. 21. Důvodem vyššího množství amoniakálního dusíku a celkově zhoršené kvality vody v této vodní nádrži je vypouštění odpadních vod do přítoků a také eutrofizace.

Dalším ukazatelem byl dusičnanový dusík N-NO_3 . Ve vegetačním období je jeho koncentrace proměnlivá. Dusičnany jsou zdrojem živin pro rostliny, které je průběžně využívají, a tudíž snižují N-NO_3 ve vodě. Dle Koppa (2015) jsou v zimě koncentrace dusičnanů ve vodě většinou nejvyšší. Zvýšená koncentrace je způsobena také výluhem do vod. S rozvojem vegetace dochází k odčerpávání dusičnanů, a proto se v nejproduktivnějších měsících objevují nejnižší koncentrace tohoto ukazatele. Ke zvýšení koncentrace dusičnanového dusíku dochází znovu na konci vegetačního období, kdy dojde k poklesu množství vegetace. Ve sledovaných letech 2019–2021 nedošlo k překročení přípustné koncentrace v žádné z nádrží – viz obrázky č. 22, 23, 24, 25.

Největší koncentrace byla ve všech nádržích naměřena na jaře, což potvrzuje tvrzení výše. Rozložení látky ve vodním sloupci bylo rovnoměrné. Vodní nádrž Pastviny opět dokazuje, že je nádrž s nejkvalitnější vodou, neboť hodnoty N-NO₃ byly na jaře i v létě téměř stejné. Z toho usuzují, že nedošlo k rozvoji vegetace. Naopak v případě vodní nádrže Hamry došlo v létě a na podzim 2019 a 2021 téměř k vyčerpání dusičnanů. Povodí Labe, státník podnik, (2021) uvádí, že u této nádrže došlo jako každoročně k výrazným projevům eutrofizace, rozvoji řas a sinic. Vodní nádrž Seč a Křižanovice měly hodnoty podobné, protože nádrž Křižanovice byla postavena pod vodní nádrží Seč, a tedy Seč ovlivňuje jakost vody v této nádrži.

Dalším posuzovaným ukazatelem byl P-PO₄. Pitter (2009) uvádí, že pro autotrofní organismy je jediná využitelná forma fosforu v podobě orthofosfátu. Fosforečnany jsou nezbytné pro výživu a růst řas a sinic. Proto je-li ve vodě mnoho orthofosforečnanu, můžeme vidět tzv. vodní květ nebo masivní růst rostlin. Kopp (2015) píše, že se obvykle stanovuje orthofosforečnanový fosfor a fosfor celkový. Krása (2013) ve své práci uvádí, že orthofosforečnanový fosfor je nejúčinnější v procesu eutrofizace. Koncentrace fosforu je ovlivněna vegetačním obdobím. V létě bývá nižší, jelikož fosfor do sebe organismy poutají a přesouvá se od hladiny do profundálu. Na jaře a na podzim dochází k přísunu ze zemědělství a také není rozvinuta vegetace, dochází k cirkulaci, takže je koncentrace rozložena v rámci celého sloupce. Je-li nízká koncentrace fytoplanktonu, nastává „clear water“. Na základě výsledků obrázků č. 26, 27, 28 a 29 mohu říct, že se koncentrace P-PO₄ držela ve většině období pod hranicí stanovitelnosti <0,01 mg/l nebo okolo 0,01 mg/l. Vodní nádrž Seč měla stabilní hodnoty tohoto ukazatele, pouze v roce 2021 došlo k úplnému vyčerpání koncentrace u hladiny a největší byla v profundálu. Domnívám se, že došlo k masivnímu rozvoji zelených organismů. Vodní nádrž Pastviny je opět kvalitou nejlepší. Nedochozí zde často k eutrofizaci. Vodní nádrž Hamry je ovlivněna eutrofizací a odpadní vodou. Dle mého názoru, pokud byl v některé nádrži vyšší obsah P-PO₄, mohou za to splachy z hnojiv a také eutrofizace. Celkově mohu říct, že je ve všech nádržích koncentrace nízká.

Dále jsem srovnávala naměřené hodnoty pro železo. Nejvyšší hodnoty železa byly naměřeny v létě v profundálu ve všech nádržích – viz obrázky č. 30, 31, 32, 33 – kromě vodní nádrže Hamry, kde nebyly hodnoty v profundálu měřeny a maximální koncentrace byla naměřena v hypolimniu, ale domnívám se, že pokud by byly hodnoty měřeny i v profundálu, byla by zde také největší koncentrace. Tato nádrž opět vykazuje špatnou kvalitu vody. Obecně je nejmenší koncentrace železa na hladině a největší v profundálu. V létě byla nejvyšší koncentrace naměřena v profundálu, jelikož zde dochází k hromadění obou forem železa a redukci na dvojmocné železo. V období jara a podzimu dochází k cirkulaci a železo se dostává do celého sloupce. U vodní nádrže Křižanovice nedošlo k překročení normy environmentální kvality.

Po železu jsem vyhodnocovala naměřené hodnoty manganu. Jeho množství je ovlivněno ročním obdobím. Z obrázků č. 34, 35, 36, 37 je vidět, že nejvyšší koncentrace byla naměřena v profundálu v létě, stejně jako v případě železa. Na podzim a na jaře se mangan opět dostává do vodního sloupce. U vodních nádrží Pastviny a Křižanovice nebylo ve většině období možné stanovit koncentraci manganu, jelikož byla pod mezí stanovitelnosti. Vodní nádrž Hamry je trvale eutrofizovaná, objevují se u ní stabilně vyšší koncentrace, jak se již dalo předpokládat. K překročení hranic došlo u všech nádrží.

Posledním pozorovaným ukazatelem byl hliník. V nádržích Seč, Pastviny a Křižanovice nedošlo k překročení ročního přípustného znečištění – viz obrázky č. 38, 39, 40 a 41. Koncentrace se zde pohybovala mezi 50 a 150 µg/l. Rozložení hodnot ve vodním sloupci bylo proměnlivé. Z grafů lze vyčíst, že nejvyšší koncentrace hliníku byla naměřena opět ve vodní nádrži Hamry. Dle mého názoru je to způsobeno vypouštěním odpadních vod do přítoků nádrže. Borovec a kol. (2000) zmiňují, že vysoké koncentrace hliníku negativně narušují koloběh fosforu.

Došla jsem k názoru, že kvalita vody v nádržích na Pardubicku je rozdílná. Z hodnot grafů jsem usoudila, že nejkvalitnější voda je ve vodní nádrži Pastviny, neboť většina ukazatelů zde vyšla velmi dobře. Ke kvalitě vody v této nádrži přispívá také čistička odpadních vod v Klášterci nad Orlicí. Mou domněnku potvrzuje i výroční zpráva Povodí Labe, státní podnik (2021), podle níž se vodní nádrž Pastviny řadí k nádržím s nejkvalitnější vodou. Voda nejhorší kvality pochází z vodní nádrže Hamry, jelikož ta je opakovaně dlouhodobě eutrofizovaná a kvalita vody je ovlivněna vypouštěním odpadních vod.

Povodí Labe, státní podnik, se snaží zlepšit kvalitu vody snížením počtu kaprovitých ryb, a tím posílit filtrující zooplankton. Co se týče vodní nádrže Seč, ta je ovlivněna zemědělstvím a odtokem odpadních vod. Vodní nádrž Seč je také oblíbeným místem pro rekreaci, což také přispívá ke zhoršení kvality vody. Dle Povodí Labe (2020) se projevovaly důsledky eutrofizace během celého období. Poslední nádrží, kterou zmíním, je vodní nádrž Křižanovice, kvalita jejíž vody je ovlivněna vodní nádrží Seč. Kvalita vody je ovlivněna externím režimem, rychlým promýváním vody a eutrofizací. Ve vegetačním období docházelo k velkému rozvoji fytoplanktonu.

Jako možné řešení ke zlepšení kvality vody v nádržích bych navrhovala zamezit přísunu nutrientů do vod, zamezit vypouštění odpadních vod do přítoků nádrží, odstranit fosfor z vod a také možná zvýšit počet čističek odpadních vod.

13. Závěr

Bakalářská práce „Kvalita vody ve vodních nádržích na Pardubicku“, kterou jsem zpracovávala, je zaměřena na čtyři vodní nádrže v tomto kraji. Jedná se o nádrže Seč, Hamry, Křižanovice a Pastviny. Data o obsahu vybraných chemických ukazatelů v těchto nádržích mi poskytlo Povodí Labe, státní podnik. Cílem práce bylo posoudit kvalitu vody v nádržích mezi lety 2019 a 2021. Kvalita vody byla posuzována pro každou nádrž v rámci celého vodního sloupce.

První část mé práce je literární rešerše týkající se povrchové vody. Tuto část jsem zpracovávala za pomoci odborných knih a článků. Zabývala jsem se v ní dělením povrchové vody dle různých kritérií. Dále je zde část věnovaná chemismu povrchových vod. V této stati jsem zpracovávala informace jak o ukazatelích znečištění vyhodnocených následně v grafech, tak i ukazatelích, které považuji za důležité zmínit. Nechybí také část zabývající se legislativou vodního hospodářství, kvalitou vody v České republice a v neposlední řadě pasáž věnovaná vodním nádržím.

Druhá část práce seznamuje s Pardubickým krajem a jednotlivými nádržemi.

Praktická část porovnává kvalitu vody vybraných nádrží v letech 2019–2021 dle vybraných ukazatelů a hodnot, jež mi poskytlo Povodí Labe, státní podnik.

Byly mi poskytnuty hodnoty pro CHSK_{Mn} , N-NO_2^- , N-NH_4^+ , N-NO_3^- , P-PO_4 , Fe, Mn, Al. Naměřené hodnoty pro jednotlivé ukazatele byly porovnány pomocí grafů v celém vodním sloupci, ve třech ročních obdobích mezi lety 2019 a 2021.

Cíle práce byly splněny. Zpracovala jsem literární rešerši a v praktické části jsem vyhodnotila kvalitu vody jednotlivých nádrží v Pardubickém kraji.

Na kvalitu vody má vliv jak antropogenní činnost, tak i příroda. Nejvyšší kvalita vody v rámci posuzovaných nádrží byla zjištěna ve vodní nádrži Pastviny, což je také způsobeno tím, že je tato nádrž pozitivně ovlivňována čističkou odpadních vod v Klášterci nad Orlicí. Naopak nejhorší kvalita vody byla zjištěna ve vodní nádrži Hamry, kde je kvalita vody ovlivněna vypouštěním odpadních vod do přítoků nádrže. Vodní nádrž Seč je ovlivněna eutrofizací a odpadními vodami, což se projevuje i ve vodní nádrži Křižanovice, jež se nachází pod ní a je kvalitou vody v nádrži Seč významně ovlivňována.

Většina ukazatelů kvality vody je ovlivněna fází vegetačního období a množstvím vegetace. Některé prvky jsou důležitými zdroji pro fotosyntetizující organismy, které je využívají. Proto v rámci vodního sloupce byla v létě koncentrace většiny ukazatelů vyšší v profundálu, jelikož u hladiny došlo k vyčerpání látek organismy. Naopak na jaře a na podzim, kdy dochází k cirkulaci vody, se dostávají látky do celého vodního sloupce.

Závěrem tedy mohu říct, že kvalita vod a rozložení látek jsou ovlivněny antropogenně i přírodními procesy. Rozhodně je nutné dbát na zlepšení kvality vody, neboť pitná voda je pro život nepostradatelná. Důležité je zamezit znečišťování vod a následné eutrofizaci.

Hlavní přínos této práce vidím především ve shrnutí a vyhodnocení informací o jednotlivých nádržích v Pardubickém kraji a kvalitě vody v těchto nádržích, neboť vodní nádrž Seč a Pastviny navštěvuji. Další přínosem je také rozhodně zjištění, jak se mění koncentrace jednotlivých látek ve vodním sloupci vzhledem k fázi vegetačního období.

Za další přínos považuji zpracování literární rešerše, která mi poskytla nové znalosti a umožnila nalezení souvislostí mezi zjištěnými skutečnostmi.

14. Přehled literatury a použitých zdrojů

Odborné publikace (odborné knihy, monografie, články v odborných periodikách, kapitoly v knize, články ve sbornících)

Adámek L., 2021: Seč 1920–1936. Výstavba jedné přehrady. Vodní zdroje Chrudim, Chrudim, 240 s. ISBN 978-80-878-8315-0.

Bartoš Š., Šebek F., 2004: Pardubický kraj. Helios, Pardubice, 199 s. ISBN 80-85211-16-5.

Blažek V., Hladný J., Němec J., 2006: Voda v České republice. Consult, Praha, 256 s. ISBN 80-903482-1-1.

Borovec J., Hejzlar J., Kopáček J., Kotorová I., Porcal P., 2000: Phosphorus inactivation by aluminium in the water column and sediments: Lowering of in-lake phosphorus availability in an acidified watershed-lake ecosystem. *Limnology and Oceanography* 45. S. 212–225.

Boyd E. C., 2000: Water Quality: An Introduction. Springer, Switzerland, 356 s. ISBN 978-3-319-17445-7.

Cílek V., Just T., Sůvová Z., 2017: Voda a krajina: kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině. Dokořán, Praha, 198 s. ISBN 978-80-7363-837-5.

Čurdová E., Helán V., Horálek V., Ševčík J., 2010: Vzorování I. Obecné zásady. THETA, Český Těšín, 131 s. ISBN 978-80-86380-537.

Dušek B., Flemr V., 2001: Chemie pro gymnázia I. (obecná a anorganická). SPN-pedagogické nakladatelství, Praha, 120 s. ISBN 80-7235-147-8.

Dušek J., Kostka P., 2020: Zázrak jménem voda. Fragment, Praha, 88 s. ISBN 978-80-253-4939-7.

Gentry T., Gerba CH., Pepper I., 2014: Environmental microbiology. Academic press, Cambridge, 729 s. ISBN 9780123946263.

Hartman P., Příkryl I., Štědranský E., 2005: Hydrobiologie. Informatorium, Praha, 359 s. ISBN 80-7333-046-6.

Hlavínek P., Říha J., 2004: Jakost vody v povodí. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 209 s. ISBN 80-214-2815-5.

Hrabal A., Jůva K., Pustějovský R., 1980: Malé vodní nádrže. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 280 s.

Hruška J., Majer V., Zoulková V., 2012: Atlas chemismu povrchových vod České republiky. Česká geologická služba, Praha, 104 s. ISBN 978-80-7075-780-2.

Jenkins D., Snoeyink V. L., 1980: Water chemistry. Quinn-Woodbine, New York, 477 s. ISBN 0-471-05196-9.

Karas F., Landa S., 1952: Jakost a úprava vod. Technicko-vědecké vydavatelství, Praha, 200 s.

Kopp R., 2015. Hydrochemie nejen pro rybáře. MZLU, Brno, 120 s. ISBN 978-80-7509-352-3.

Krása J., 2013: Hodnocení ohroženosti vodních nádrží sedimentem a eutrofizací podmíněnou erozí zemědělské půdy: certifikovaná metodika pro praxi. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Praha, 55 s. ISBN 978-80-01-05428-4.

Kratochvíl S., 1961: Vodní nádrže a přehradý. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 956 s.

Kult A., 2020: Před sto padesáti lety byl vydán vodní zákon č. 71/1870 čes. Z. z. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace 5. S. 36–42. ISSN 0322-8916.

Langerová B., 2004: Vítejte v Pardubickém kraji. ACR Alfa, Praha, 287 s. ISBN 80-86408-12-4.

Laws E. A., 2000: Aquatic pollution: An introductory text. John Wiley and Sons, Hoboken, 639 s. ISBN 0-471-34875-9.

Madrid Y., Zayas Z. P., 2007: Water sampling: Traditional methods and new approaches in water sampling strategy. Trends in Analytical Chemistry 26. S. 292–299. ISSN 0165-9936.

Mika Z., Šálek J., Tresová A., 1989: Rybníky a účelové nádrže. SNTL, Praha, 272 s. ISBN 80-03-00092-0.

Mrkvička J., Skála M., 2000: Voda nad zlato. Vesmír 2. S. 88–89. ISSN 0042-4544.

Neruda M., Slavík L., 2007: Voda v krajině. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem, 176 s. ISBN 978-80-7044-882-3.

Pavlica J., 1964: Malé vodní nádrže a rybníky. Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 200 s. ISBN 04-748-64.

Pitter P., 1999: Hydrochemie. VŠCHT, Praha, 568 s. ISBN 80-03-00525-62.

Pitter P., 2009: Hydrochemie. VŠCHT, Praha, 592 s. ISBN 978-80-7080-701-9.

Plecháč V., 1989: Voda problém současnosti a budoucnosti. Nakladatelství Svoboda, Praha, 320 s. ISBN 80-205-0096-0.

Reichholf J., 1998: Pevninské vody a mokřady: ekologie evropských sladkých luhů a bažin. IKAR, Praha, 224 s. ISBN 80-7202-185-0.

Shiklomanov I. A., 1993: World fresh water resources. In gleick P. H.: Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources. Oxford university press, New York. S. 13–24. ISBN 0-19-507627-3.

Stráský J., 2010: Přehrady Čech, Moravy a Slezska. Knihy 555, Liberec, 208 s. ISBN 978-80-86660-31-1.

Synáčková M., 1994: Čistota vod. České vysoké učení technické, Praha, 208 s. ISBN 80-01-01083-x.

Štefáček S., 2010: Encyklopedie vodních ploch Čech, Moravy a Slezska. Libri, Praha, 367 s. ISBN 978-80-7277-440-1.

Tureček K., 2003: Zákon o vodách. Sondy, Praha, 611 s. ISBN 80-903134-3-4.

Žáček L., 1998: Hydrochemie. Vysoké učení technické v Brně, Nakladatelství VUTIUM, Brno, 80 s. ISBN 80-214-1167-8.

Legislativní zdroje (zákon, vyhláška, norma)

Benešová L., Komínková D., Šťastná G., 2014: Úprava pitných a čištění odpadních vod (online) [cit. 2022.01.30], dostupné z <<https://projekty.czu.cz/mod/forum/discuss.php?d=1901>>.

ČSN 75 7221: Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod. Český normalizační institut, Praha, 1998. 12 s.

Langhammer J., 2002: Kvalita povrchových vod a jejich ochrana (online) [cit. 2021.09.28], dostupné z <https://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/skripta/skriptaWQ_2009_web.pdf>.

MOSS, B., 2008: Water Pollution by Agriculture. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 363. S. 659–666.

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, v platném znění.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.

Internetové zdroje

Ambrožová Říhová J., 2006: encyklopedie hydrobiologie (online) [cit. 2021.09.28], dostupné z <https://vydavatelstvi-old.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.help.htm>.

Baudišová D., Hanslík E., Mičaník T., Němejcová D., 2017: Klasifikace kvality povrchových vod (online) [cit. 2021.10.09], dostupné z <<https://vtei.cz/wp-content/uploads/2017/12/5790-VTEI-Klasifikace-kvality-povrchovych-vod.pdf>>.

Bendakovská L., Jeligová H., Kotal F., Kožíšek F., Moulisová A., Vavrouš A., 2017: Pesticidy a jejich metabolity v pitné vodě (online) [cit. 2021.10.08], dostupné z <<https://vodnihospodarstvi.cz/pesticidy-a%E2%80%AFjejich-metabolity-pitne-vode/>>.

Bendová H., 2016: Předmět činnosti (online) [cit. 2021.10.23], dostupné z <http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/cs/obsah/predmet-cinnosti_495.html>.

Bendová H., 2022: Vývoj jakosti v nádržích ve správě státního podniku Povodí Labe – rok 2021 (online) [cit. 2022.01.29], dostupné z <http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/cs/obsah/informace-o-jakosti-vody_745.html>.

CZSO, ©2007: Charakteristika kraje a jeho postavení v rámci České republiky (online) [cit. 2022.01.29], dostupné z <<https://www.czso.cz/documents/10180/20537004/13-530706a01.pdf/b009f7cb-2173-4064-adc4-4e36e5b6a5fb?version=1.0>>.

CZSO, ©2022: Charakteristika kraje (online) [cit. 2022.01.29], dostupné z <<https://www.czso.cz/documents/10180/142303632/33009221chcz.pdf/8ef94657-f145-44e2-b29e-5c013d2e6e44?version=1.5>>.

EAGRI, ©2009: Vodní rámcová směrnice 2000/60/ES (online) [cit. 2021.10.23], dostupné z <<http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-vody/vodni-ramcova-smernice/>>.

Eriksson E., 1977: Water chemistry and Water Quality (online) [cit. 2021.10.01], dostupné z <<https://www.jstor.org/stable/4312237>>.

GEOWEB, ©2016: Geologie Pardubického kraje (online) [cit. 2022.01.29], dostupné z <<http://www.gweb.cz/dotazy/d-245/>>.

Horská M., Marton D, 2017: Legislativa ve vodním hospodářství (online) [cit. 2021.10.23], dostupné z <<https://vodnihospodarstvi.cz/legislativa-ve-vodnim-hospodarstvi/>>.

MŽP, ©2019: Modrá zpráva 2019 (online) [cit. 2021.10.09], dostupné z <http://eagri.cz/public/web/file/669424/Modra_zprava_2019_web.pdf>.

PLA, ©2021: Přehrada Křižanovice (online) [cit. 2021.10.23], dostupné z <http://www.pla.cz/planet/public/vodnidila/prehrada_krizanovice.pdf>.

Skalická I., Zapletal T., ©2021: Vodohospodářská bilance za rok 2020 (online) [cit. 2022.02.11], dostupné z <http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/VH_bilance/2020/1_2020.pdf>.

Volaufová L., 2008: Kvalita povrchových vod v České republice (online) [cit. 2021.09.28], dostupné z <<https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2008/cislo-11/kvalita-povrchovych-vod-ceske-republice.html>>.

Water Science School, 2019: The atmosphere and the Water cycle (online) [cit. 2021.10.02], dostupné z <https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/atmosphere-and-water-cycle?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects>.

WHO, ©2019: Drinking-water (online) [cit. 2021.10.08], dostupné z <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>>.

Seznam obrázků, tabulek a grafů:

Obrázek 1: Koloběh vody	15
Obrázek 2: Znečištění povrchových a podzemních vod pesticidy	21
Obrázek 3: Ohraničení a lokalizace Pardubického kraje	32
Obrázek 4: Červené šipky ukazující vodní nádrže v Pardubickém kraji	36
Obrázek 5: Vodní nádrž Pařížo	37
Obrázek 6: Vodní nádrž Seč	38
Obrázek 7: Vodní nádrž Hamry	39
Obrázek 8: Vodní nádrž Pastviny	39
Obrázek 9: Vodní nádrž Křižanovice	40
Obrázek 10: Chemická spotřeba kyslíku manganistanem	42
Obrázek 11: Chemická spotřeba kyslíku manganistanem	43
Obrázek 12: Chemická spotřeba kyslíku manganistanem	43
Obrázek 13: Chemická spotřeba kyslíku manganistanem	44
Obrázek 14: Koncentrace dusitanového dusíku	45
Obrázek 15: Koncentrace dusitanového dusíku	45
Obrázek 16: Koncentrace dusitanového dusíku	46
Obrázek 17: Koncentrace dusitanového dusíku	46
Obrázek 18: Koncentrace amoniakálního dusíku	47
Obrázek 19: Koncentrace amoniakálního dusíku	48
Obrázek 20: Koncentrace amoniakálního dusíku	48
Obrázek 21: Koncentrace amoniakálního dusíku	49
Obrázek 22: Koncentrace dusičnanového dusíku	49
Obrázek 23: Koncentrace dusičnanového dusíku	50
Obrázek 24: Koncentrace dusičnanového dusíku	50
Obrázek 25: Koncentrace dusičnanového dusíku	50
Obrázek 26: Koncentrace orthofosforečnanového fosforu	52
Obrázek 27: Koncentrace orthofosforečnanového fosforu	52
Obrázek 28: Koncentrace orthofosforečnanového fosforu	52
Obrázek 29: Koncentrace orthofosforečnanového fosforu	53
Obrázek 30: Koncentrace železa	54
Obrázek 31: Koncentrace železa	54
Obrázek 32: Koncentrace železa	55

Obrázek 33: Koncentrace železa	55
Obrázek 34: Koncentrace manganu	56
Obrázek 35: Koncentrace manganu	56
Obrázek 36: Koncentrace manganu	57
Obrázek 37: Koncentrace manganu	57
Obrázek 38: Koncentrace hliníku.....	58
Obrázek 39: Koncentrace hliníku.....	58
Obrázek 40: Koncentrace hliníku.....	59
Obrázek 41: Koncentrace hliníku.....	59

Obrázek 1: Koloběh vody (Water Science School: The water cycle (online) [cit. 2021.10.02], dostupné z <https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/fundamentals-water-cycle?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects>).

Obrázek 2: Znečištění povrchových a podzemních vod pesticidy (Balcarová D.: Znečištění vod v Česku je alarmující (online) [cit. 2021.10.09], dostupné z <<https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/danan-balcarova-znecistenivod-v-cesku-je-alarmujici>>).

Obrázek 3: Ohraničení a lokalizace Pardubického kraje (www.mapy.cz upravila Petrová, 2022).

Obrázek 4: Červené šipky ukazující vodní nádrže v Pardubickém kraji (Povodí Labe, státní podnik, 2015).

Obrázek 5: Vodní nádrž Pařížov (ČÚZK ©2022).

Obrázek 6: Vodní nádrž Seč (ČÚZK ©2022).

Obrázek 7: Vodní nádrž Hamry (ČÚZK ©2022).

Obrázek 8: Vodní nádrž Pastviny (ČÚZK ©2022).

Obrázek 9: Vodní nádrž Křižanovice (ČÚZK ©2022).

Obrázek 10: chemická spotřeba kyslíku manganistanem (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 11: chemická spotřeba kyslíku manganistanem (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 12: chemická spotřeba kyslíku manganistanem (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 13: chemická spotřeba kyslíku manganistanem (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 14: koncentrace dusitanového dusíku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 15: koncentrace dusitanového dusíku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 16: koncentrace dusitanového dusíku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 17: koncentrace dusitanového dusíku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 18: koncentrace amoniakálního dusíku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 19: koncentrace amoniakálního dusíku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 20: koncentrace amoniakálního dusíku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 21: koncentrace amoniakálního dusíku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 22: koncentrace dusičnanového dusíku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 23: koncentrace dusičnanového dusíku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 24: koncentrace dusičnanového dusíku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 25: koncentrace dusičnanového dusíku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 26: koncentrace orthofosforečnanového fosforu (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 27: koncentrace orthofosforečnanového fosforu (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 28: koncentrace orthofosforečnanového fosforu (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 29: koncentrace orthofosforečnanového fosforu (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 30: koncentrace železa (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 31: koncentrace železa (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 32: koncentrace železa (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 33: koncentrace železa (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 34: koncentrace manganu (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 35: koncentrace manganu (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 36: koncentrace manganu (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 37: koncentrace manganu (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 38: koncentrace hliníku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 39: koncentrace hliníku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 40: koncentrace hliníku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Obrázek 41: koncentrace hliníku (zpracování vlastní, zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik).

Tabulka 1: mezní hodnoty dle tříd vody (norma ČSN 75 7221)