

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 7: Zemědělství, potravinářství, lesní a vodní hospodářství

Jakou vodu pijeme?

**Adéla Randáková
Jihočeský kraj**

České Budějovice, 2022

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 7: Zemědělství, potravinářství, lesní a vodní hospodářství

Jakou vodu pijeme?

What water do we drink?

Autoři: Adéla Randáková

Škola: Česko-anglické gymnázium s.r.o., Třebízského 1010/9,
37006 České Budějovice

Kraj: Jihočeský kraj

Konzultant: Ing. Petra Nováková, RNDr. Květa Tůmová

České Budějovice, 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Českých Budějovicích dne 5.1. 2023
Adéla Randáková

Poděkování

Děkuji paní profesorce RNDr. Květě Tůmové za odborné vedení a pomoc při zpracování seminární práce.

Děkuji své konzultantce Ing. Petře Novákové z Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Fakulty rybářství a ochrany vod, Laboratoře environmentální chemie a biochemie (FROV JU – LECHB) za pomoc při laboratorním zpracování a za analýzu vzorků.

A v neposlední řadě děkuji všem, jenž mi poskytli vzorek k následnému analyzování v laboratoři.

Anotace

Ve své práci SOČ jsem se zabývala problematikou výskytu pesticidů a jejich metabolitů v malých (soukromých) zdrojích pitné vody a ve vodovodní síti napojené na centrální úpravný pitné vody v Jihočeském kraji a v Plzni. První část mé seminární práce je zaměřena na základní rozdělení pesticidů, na jejich výskyt ve složkách ekosystému a na vliv těchto látek na necílové organismy. Praktická část mé práce spočívala ve shromáždění vzorků z různých lokalit Jihočeského kraje a z Plzně, v následné přípravě odebraných vzorků k analýze a ve zpracování zjištěných výsledků. Analýzu provedla specializovaná analytická laboratoř. Získané výsledky byly využity k posouzení kvality sledovaných vodních zdrojů z hlediska jejich kontaminace pesticidy, k jejich vzájemnému porovnání a k porovnání s publikovanými informacemi týkajícími se aktuálního stavu zatížení vodních zdrojů v ČR.

Klíčová slova

Pitná voda; malé vodní zdroje; pesticidy; metabolity; Jihočeský kraj; Plzeň; kapalinová chromatografie

Annotation

In my work, I was interested in the issue of the occurrence of pesticides and their metabolites in small (private) sources of drinking water and also in the water supply network connected to the central drinking water treatment plants in the South Bohemian region and in Pilsen and the Pilsen drinking water treatment plant. The aim of my work was to analyze and assess the quality of well, spring and central sources of drinking water. The first part of my seminar work is focused on the basic distribution of pesticides, their occurrence in ecosystem components and the effect of these substances on living non-target organisms. The practical part of my work consisted in taking samples from various locations in the South Bohemian Region and from Pilsen and in the subsequent preparation and analysis of the samples taken. The analysis was carried out by a specialized analytical laboratory analysis of monitored analytes. The obtained results were used to assess the quality of the monitored water sources in terms of their pesticide contamination, to compare them with each other and to compare them with published information.

Keywords

Drinking water; small water sources; pesticides; South Bohemia; Plzeň; Liquid chromatography

Obsah

1. Úvod.....	7
2. Cíle práce a hypotéza	8
3. Literární rešerše	9
3.1 Pesticidy a jejich základní rozdělení	9
3.2 Pesticidy a jejich výskyt ve vodním prostředí ČR.....	11
3.3 Vliv pesticidních látek na živé organismy.....	14
3.3.1. Vliv na včelí společenstva.....	14
3.3.2 Vliv na ptactvo	15
3.3.3. Vliv na vodní organismy	15
3.3.4 Vliv na člověka.....	15
4. Metodika.....	16
4.1 Sledované zdroje vody	16
4.2 Odběry	17
4.3 Analýza.....	17
4.4 Vyhodnocení	18
5. Výsledky a diskuse.....	19
6. Závěr.....	25

1. Úvod

Voda je jedna z nejdůležitějších podmínek pro život na Zemi. Hydrosféra tvoří 71 % celého povrchu planety a je domovem milionů živých organismů. V průběhu evoluce se mnohé organismy dokázaly přizpůsobit životu na souši, nicméně voda je stále nedílná součást jejich života. Výjimku nepředstavuje ani člověk, který využívá zdroje vody k různým účelům, a to často i s negativním dopadem na životní prostředí.

V České republice máme omezené zdroje vody. Nacházíme se na „střeše“ Evropy a voda se k nám dostává pouze v podobě srážek. Měli bychom se snažit co nejvíce vody na svém území zadržet a následně rozumně využívat. Máme vybudováno mnoho přehradních nádrží a rybníků a velmi důležité jsou i podzemní zdroje vody. Bohužel kvůli vysoké hustotě osídlení a intenzivnímu zemědělskému hospodaření je kvalita většiny našich zdrojů vody negativně ovlivňována. Do vody se dostávají různé cizorodé chemické sloučeniny, které člověk ve svém životě používá a na kterých je už v podstatě závislý. V posledních letech, a to i díky rychlému vývoji citlivých analytických přístrojů, je stále větší pozornost věnována tzv. mikropolutantům, což jsou cizorodé chemické sloučeniny vyskytující se v životním prostředí v koncentracích odpovídajících řádově nanogramům (ng) až mikrogramům (μg) na litr (l) či kilogram (kg) analyzovaného vzorku. Jedná se zejména o zbytky humánních i veterinárních léčiv, kosmetických či dezinfekčních přípravků a také o pesticidy používané v zemědělství (Randák a kol., 2020). Intenzivní zemědělství se bez používání přípravků k hubení plevelů, plísní a škůdců neobejde. Nejvíce pesticidů je používáno při pěstování technických plodin (např. kukuřice pro bioplynové stanice, řepky pro produkci bionafty či cukrové řepy). Oproti pesticidům aplikovaných na plodiny sloužící ke konzumaci pro člověka a hospodářská zvířata není totiž u pesticidů využívaných na technické plodiny zapotřebí sledovat, zda zbytky těchto látek zůstanou ve vypěstovaných plodinách. Pesticidy se aplikují na polích, tedy na velké ploše našeho území. Bohužel část těchto látek zůstává v půdě nebo přechází do vody, a to jak do povrchové, tak podzemní. Zatímco účinky pesticidů na cílové organismy jsou známe, v životním prostředí se mohou jejich vlastnosti měnit a ovlivňovat i organismy, pro které nejsou určeny, bohužel i člověka. Pesticidy kontaminují i zdroje podzemních a povrchových vod včetně zdrojů pitné vody. Proto je velmi důležitý jejich monitoring. Kromě výskytu samotných pesticidů je nutné monitorovat i jejich degradační produkty (tzv. metabolity), které vznikají jejich rozkladem v přírodě. Často je velmi obtížné tyto metabolity ve složkách vodního prostředí stanovit, protože řada z nich není ani známa. Tyto látky mohou zůstat ve vodě či v půdě řadu let a mít tak negativní dopad na přítomné organismy.

Obsah pesticidů ve vodě bohužel často překračuje stanovené hygienické limity pro pitnou vodu. Jelikož jsou pravidelně monitorovány pouze významnější zdroje pitné vody, neuvědomujeme si, že tento problém se může týkat i menších do pravidelného sledování nezahrnutých zdrojů z našeho okolí.

Tato práce je zaměřena na zkoumání kvality pitné vody ze zdrojů využívaných mými spolužáky, kamarády a mou rodinou z hlediska přítomnosti pesticidních látek.

2. Cíle práce a hypotéza

- Zpracovat literární rešerši se zaměřením na v našem zemědělství nejvíce používané pesticidy a jejich metabolity vyskytující se v životním prostředí ČR a na rizika spojená s jejich výskytem.
- Posoudit kvalitu pitné vody z různých zdrojů nacházejících se v jižních Čechách a v Plzni z hlediska obsahu pesticidních látek a jejich metabolitů.
- Identifikovat hlavní kontaminanty ve sledovaných vzorcích odebrané pitné vody na základě jejich koncentrace ve vodě.
- Zpracovat získaná data a porovnat je s daty z pravidelně monitorovaných zdrojů.

Hypotéza: Předpokladem je výskyt vyšších koncentrací pesticidů v malých zdrojích pitné vody (např. ve studnách) nacházejících se v zemědělsky obhospodařovaných oblastech. Další předpoklad je, že kvalita vody pocházející z centrálních zdrojů (např. z úpravny pitné vody Plav-Římov) nebo pramenů nacházejících se v lesních či horských oblastech bude z hlediska přítomnosti pesticidních látek bezproblémová.

3. Literární rešerše

3.1 Pesticidy a jejich základní rozdělení

Pesticidy mají v dnešní době široké spektrum využití. Pesticidní látky se používají jako humánní a veterinární léčiva nebo jako běžné přípravky v domácnostech a zahradách. Nejčastěji se však pesticidy uplatňují v různých oblastech hospodářství jako je zemědělství, lesnictví a průmysl (chemický, potravinářský). Dnešní doba sebou nese i nové požadavky týkající se účinnosti pesticidních látek, jako jsou vyšší výnosy zemědělských produktů, hubení širšího spektra cílových organismů atd. V důsledku těchto požadavků dochází k intenzivnější aplikaci pesticidů a výrobě nových druhů pesticidních přípravků (Vaňharová, 2013).

Podle definice komise Codex Alimentarius Commission pesticidy zahrnují všechny sloučeniny nebo jejich směsi, které slouží k prevenci, zničení, potlačení, odpuzení či ke kontrole škodlivých organismů, jako jsou plevely, paraziti nebo živočichové, během produkce, skladování, transportu, distribuce a zpracování potravin, zemědělských komodit a krmiv a látky aplikované u zvířat proti ektoparazitům. Dále tato definice zahrnuje podskupinu pesticidních sloučenin definovanou Evropskou unií jako prostředky na ochranu rostlin a biocidy, které slouží jako desikanty (látky schopné absorbovat vlhkost), regulátory či stimulatory růstu rostlin, inhibitory, které se na plodiny aplikují před nebo po jejich sklizni a které zabráňují jejich předčasnému klíčení, a v neposlední řadě látky zabráňující nežádoucímu pádu plodů před sklizní (CAC, 2013).

Historie pesticidů sahá až do staré Číny., kde se 1000 let př. n. l. síra jako plynná dezinfekce aplikovala na plodiny k ochraně před škůdci a k odpuzování škůdců. O masové výrobě pesticidů však můžeme mluvit až od 30. let 20. století, kdy se začala rozvíjet jejich syntetická výroba. Dnes je na světě registrováno přes 1150 pesticidních látek a více jak 630 těchto přípravků se používá v České republice (Velíšek a kol., 2014).

Pesticidní látky je možné rozdělit do skupin podle několika kritérií:

a) Prostředky na ochranu rostlin (Velíšek a kol., 2014)

Tyto prostředky se hojně používají v zemědělství a pro jejich registraci je nutné složitě a široce testování negativních účinků na ekosystém. Prostředky na ochranu rostlin jsou produkty chemické či biologické povahy určené na:

- Ochranu rostlin a rostlinných produktů proti škodlivým organismům (např. insekticidy, fungicidy)
- Ovlivnění životních procesů v rostlinách jinými mechanismy, než působí nutrienty (např. stimulatory růstu, inhibitory klíčení)
- Zajištění skladovatelnosti rostlinných produktů
- Kontrolu a eliminaci nežádoucích rostlin, keřů či jejich částí (např. herbicidy, arborocidy)

b) Biocidy (Velíšek a kol., 2014)

Na rozdíl od prostředků na ochranu rostlin se biocidy aplikují v malých dávkách a využívají se hlavně v domácnostech či humánní a veterinární medicíně. U těchto látek se nevyžaduje širší testování a jejich registrace je tím pádem jednodušší. Jelikož u biocidů dochází k jejich časté a mnohdy i nadbytečné aplikaci, jsou tyto látky významným zdrojem pesticidů v životní prostředí. Do biocidů můžeme zahrnout široké spektrum produktů. Jedná se o:

- Látky s dezinfekčním účinkem (např. proti bakteriím a virům)
- Látky s konzervačním účinkem (např. proti plísním, hmyzu)
- Insekticidy (proti hmyzu)
- Rodenticidy (proti hrabošům)
- Látky zabraňující usazování organismů na površích předmětů (např. algicidy)

c) Pesticidy

Rozdělují se na několik skupin podle:

Určení k hubení určitého škůdce na (Zapletal a kol., 2001 – Velíšek a kol., 2014):

- Akaricidy – přípravky určené k hubení škůdců
- Algicidy – přípravky určené k hubení řas
- Arboricidy – pesticidy určené k hubení stromů a keřů
- Avicidy – přípravky určené k hubení ptáků
- Fungicidy – prostředky určené k ochraně před houbovými chorobami
- Herbicidy – pesticidy určené k hubení rostlin
- Insekticidy – přípravky určené k hubení hmyzu (dezinsekce)
- Moluskocidy – přípravky určené k hubení měkkýšů
- Piscicidy – přípravky určené k hubení ryb
- Rodenticidy – přípravky určené k hubení hlodavců (deratizace)

Způsobu aplikace na (Zapletal a kol., 2001 – Velíšek a kol., 2014):

- Postřiky
- Aerosoly – např. v deodorantech
- Fumiganty (páry nebo plyny) – využití proti škůdcům při exportu zboží
- Popraše
- Pevné a tekuté nástrahy
- Mořidla – barvicí látky
- Nátěry a impregnace

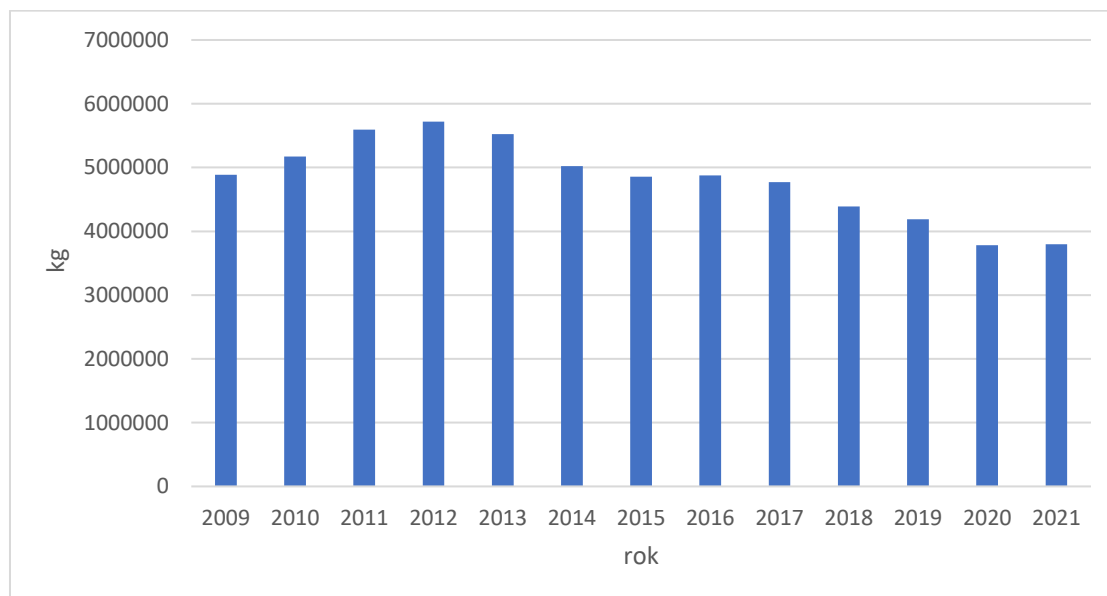
Podle původu na (Zapletal a kol., 2001 – Velíšek a kol., 2014):

- Přírodní látky (např. pyretriny)
- Syntetické látky (např. pyretroidy)
- Biopreparáty

3.2 Pesticidy a jejich výskyt ve vodním prostředí ČR

Každý rok se na území České republiky aplikuje několik tisíc tun účinných látek pesticidů (Obr. 1) a s tím souvisí i možnost jejich průniku do různých složek životního prostředí a potravních řetězců. (Vaňharová, 2013).

Obrázek 1: Spotřeba účinných látek v přípravcích na ochranu rostlin (POR) a pomocných prostředcích (PP) v letech 2009-2021 (kg) na zemědělské půdě, mořící stanice, sklady rostlinných produktů (zdroj: <https://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/pripravky-na-or/ucinne-latky-v-por-statistika-spotreba/spotreba-pripravku-na-or/spotreba-v-jednotlivych-letech/>)



Pesticidy se mohou dostávat do životního prostředí (voda, půda) přímo nebo nepřímo. Přímá cesta vstupu pesticidů do prostředí zahrnuje nesprávnou aplikaci, únik přípravku do recipientu při čerpání vody na zředění či nedodržování technologických postupů. Dalším přímým vstupem je likvidace nepoužitých zbytků (vylévání zbytků přípravků a vyplachování cisteren do recipientů či nezodpovědné manipulování s obaly, z čištění aplikačních strojů a pomocných zařízení). Mezi nejvýznamnější zdroje přímého znečištění pesticidními látkami patří odpady a odpadní vody z průmyslové výroby pesticidů nebo z domácností. Nepřímým vstupem je pak splach či průnik pesticidů do povrchových a podzemních vod v souvislosti s ošetřením polních kultur (Prousek, 2001; Svobodová a kol., 2008).

V životním prostředí působí na pesticidy různé fyzikální a biologické faktory – probíhá např. fotolýza (rozklad světlem), vypařování, hydrolyza (rozklad vodou), oxidace vzdušným kyslíkem, biotransformace (změna chemické struktury v důsledku působení živých organismů). Vlivem těchto faktorů dochází k rozkladu (degradaci) pesticidů a vzniku jejich degradačních produktů – metabolitů. Metabolity často mění své vlastnosti v závislosti na prostředí, kontaminují půdu a spodní vodu, kde mohou přetrvávat i mnoho let. I když tyto metabolity mohou ztrácet pesticidní účinky, v některých případech naopak působí toxičtěji než samotné účinné látky (Velíšek a kol., 2014).

Protože pesticidy tvoří jednu z nejvýznamnějších skupin kontaminantů vodních zdrojů, provádí Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) každoroční monitoring několika set míst zahrnujících povrchové i podzemní vody. Data z monitoringu jsou následně pravidelně zaznamenávána do databáze ČHMÚ a komentována ve „Zprávě o stavu hospodářství České republiky“ (<https://eagri.cz/public/web/mze/voda/osveta-a-publikace/publikace-a-dokumenty/modre-zpravy/>).

V roce 2020 bylo provedeno zpracování výsledků celkem z 525 odběrových míst povrchových vod (celkem ze 4950 vzorků), přičemž bylo sledováno 261 jednotlivých látek (analytů). Pesticidy byly nalezeny na 493 odběrových místech (93,9 % sledovaných profilů) celkem ve 4059 vzorcích (82 % vzorků). V tomto roce bylo v povrchových vodách nalezeno celkem 161 pesticidů a jejich metabolitů, z toho 42 látek bylo nalezeno ve více jak 5 % vzorků“ (Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2020).

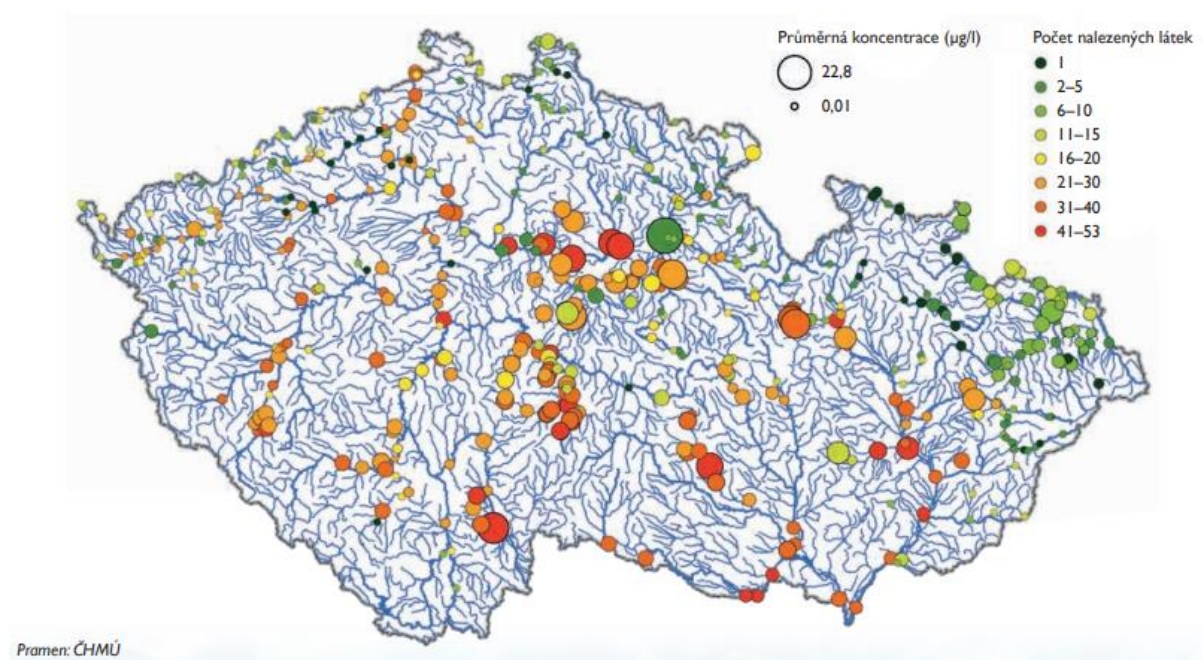
Ze sledovaného spektra pesticidů se nejčastěji ve vodním prostředí nacházejí metabolity herbicidů, které se aplikují na technické plodiny. Tyto metabolity mohou pocházet z herbicidů, které se stále používají, ale stejně tak i z herbicidů, jejichž používání bylo již v minulosti zakázáno. Ve sledovaných profilech se vyskytly metazachlor, dimethachlor, pethoxamid, které se používají pro ošetření řepky, ale také alachlor a acetochlor, jejichž používání bylo již zakázáno (2008). Mezi dalšími herbicidy, které se ve vzorcích našly, byly chloridazon používaný pro ošetření řepy, metalachlor, terbuthylazin používané pro ošetření kukuřice a atrazin, který se nepoužívá od roku 2004. Z fungicidů byl ve vzorcích nejčastější metabolit mancozebu (tzv. látka ETU), který se do letošního roku (2022) (EU 2020/2087) aplikoval hlavně na brambory, rajčata nebo cukrovou řepu. (Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2020)

Monitoring byl proveden celoplošně, tudíž do něj byly zahrnuty všechny významnější či větší toky České republiky. Na základě analýzy bylo vyhodnoceno, že nejvíce pesticidních látek bylo nalezeno v profilech řeky Sázavy v oblasti Bezměrov – Haná a Zruč nad Sázavou (celkem 53 látek), Hevlín – Dyje (50 látek), Pelhřimov – Bělá (48 látek). Podle sumární koncentrace pesticidů bylo největší množství pesticidů nalezeno v profilu Hradec Králové – Piletický potok, kde maximální koncentrace vyskytlých pesticidů byla 199,7 µg/l, přičemž sumární limit pro výskyt pesticidů je 0,5µg/l. Druhá největší sumární koncentrace byla naměřena nad rybníkem Káňov – Káňovský potok (maximum 33,1 µg/l) a třetí v Rychnově na Moravě – Rychnovský potok (maximum 19,6 µg/l). (Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2020). Obecně se pesticidy jak podle počtu látek, tak podle sumární koncentrace vyskytovaly hojněji v oblastech s intenzivní zemědělskou činností (Obr. 2).

V případě podzemních vod bylo v roce 2020 ve státní monitorovací síti jakosti podzemních vod pozorováno 695 objektů, z toho 201 pramenů, 224 mělkých vrtů a 270 hlubokých vrtů. Nejvýraznějšími ukazateli znečištění podzemních vod vzhledem k limitním hodnotám jsou stejně jako u vod povrchových pesticidy, a to zejména metabolity herbicidů jako jsou chloridazon, metazachlor, alachlor, dimethachlor, acetochlor a metolachlor. Obecně se vyskytují hodnoty ukazatelů překračujících limity častěji v podzemních vodách mělkých vrtů orientovaných do aluvií řek, které jsou antropogenní činností nejvíce ovlivněny (Obr. 3).

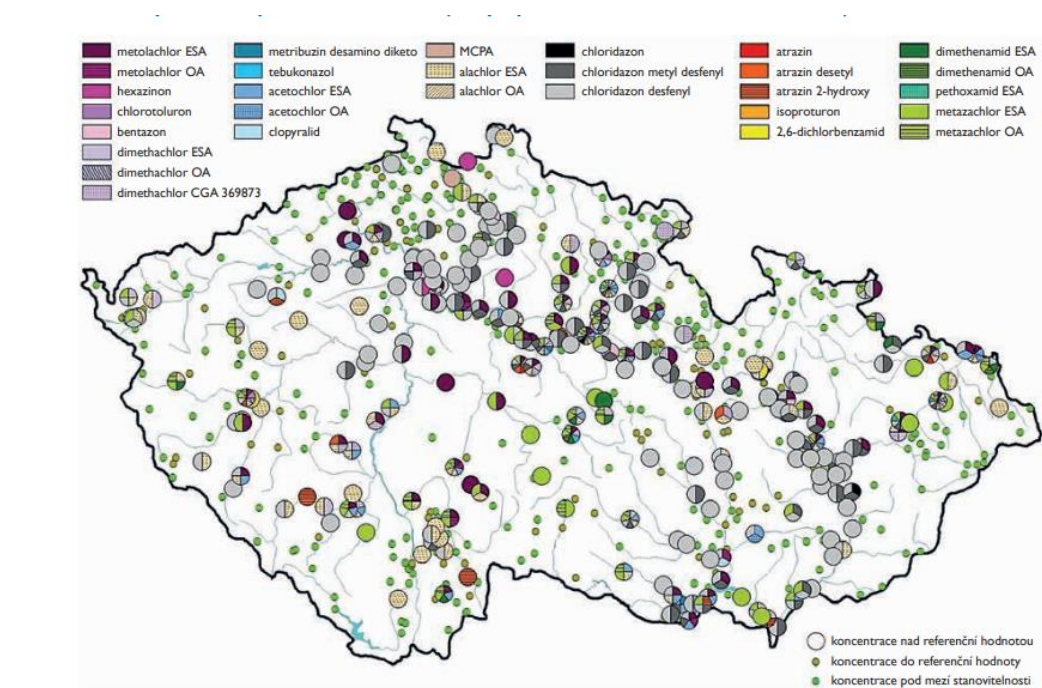
Obrázek 2: Pesticidy v povrchových vodách na území České republiky dle počtu a koncentrace v roce 2020

(https://eagri.cz/public/web/file/691951/Modra_zprava_2020_web.pdf)



Obrázek 3: Koncentrace pesticidů v podzemních vodách v roce 2020

(https://eagri.cz/public/web/file/691951/Modra_zprava_2020_web.pdf)



V roce 2017 provedl Státní zdravotní ústav cílené šetření pitných vod na vybraný okruh 21 pesticidních látek a jejich metabolitů (PL) v reprezentativním vzorku více než 170 vodovodů ve všech krajích ČR. Jen čtvrtina zdrojů (42 vodovodů) nevykázala ani při jednom odběru pozitivní nález PL, z čehož vyplývá, že $\frac{3}{4}$ vodovodů je více či méně kontaminováno pesticidními látkami – v jednom vzorku vody bylo v těchto případech nalezeno 1 až 11 PL. Četnost překročení hodnoty 0,1 µg/l se pohybovala od cca 3 % v podzemních odběrech po cca 5 % v jarních odběrech. Limitní hodnoty byly překročeny v 18 případech u jarních odběrů a v 13 případech u podzemních odběrů. V roce 2017 byly PL hlavní příčinou výjimek z kvality vody, když se týkaly celkem 64 vodovodů zásobujících více než 250 tisíc osob (Moulisová a kol., 2018)

3.3 Vliv pesticidních látek na živé organismy

Řada synteticky vyrobených sloučenin, mezi které patří i pesticidy, jsou vysoce stabilní látky, které mají velmi pomalý čas rozkladu, a tudíž jsou schopny dlouhodobě přetrvávat v různých složkách ekosystému. V důsledku nárůstu koncentrace pesticidů a jejich metabolitů v životním prostředí, dochází k jejich průniku do potravního řetězce, kde mohou mít významné toxikologické účinky (Velíšek a kol., 2018; Stará a kol., 2019).

Zásadním problémem při testování toxicity nově zaváděných přípravků je odlišná citlivost různých druhů živých organismů na testovanou účinnou látku. Toxicita nových přípravků se testuje pouze na úzkém spektru modelových druhů a na základě provedených testování prakticky nelze předpovídat vliv na necílové organismy žijící v prostředí, kde se přípravek aplikuje. Řádově odlišná citlivost na účinnou látku se může vyskytovat např. i u různých druhů živočichů stejného řádu (např. u raků). O toxicitě metabolitů účinných látek stejně tak jako o dlouhodobém působení nízkých koncentrací účinných látek na organismy se toho ví velmi málo. Na základě tohoto faktu nejsme schopni předpovědět, jaký vliv zejména z dlouhodobého hlediska budou mít tyto látky a jejich degradační produkty na necílové druhy organismů, které s nimi přijdou v životním prostředí do kontaktu. Dalším významným problémem je skutečnost, že na organismy nepůsobí pouze jedna chemická látka, ale většinou se zde vyskytuje rovnou celá řada různých cizorodých sloučenin, u nichž není možno určit, jaký výsledný dopad bude mít jejich společné působení na organismy a celý ekosystém. Mluvíme zde o tzv. koktejl-efektu (Randák a kol., 2020).

Pokud mluvíme o negativních účincích pesticidů na necílové organismy, je třeba si uvědomit, že do této skupiny organismů nespádají jenom živočichové stojící na vrcholu potravního řetězce, ale i organismy tvořící jeho základ. Do této skupiny patří např. společenstva mikrobiální, která hají klíčovou produkční a transformační funkci, hmyzí společenstva, jež zajišťují opylování rostlin a jsou potravou mnoha vyšších skupin organismů. I když nějaké negativní vlivy v těle organismů nemusí být viditelné hned, je přesto třeba na tento problém pohlížet pohledem předběžné opatrnosti, neboť nevíme, jaký dopad mohou mít tyto cizorodé látky na naše tělo a tělo jiných organismů za několik let (Randák a kol., 2020).

3.3.1. Vliv na včelí společenstva

Jelikož včely a další přirození opylovači jsou důležitým faktorem života na zemi, je úbytek jejich společenstev velmi závažný problém. Příčiny jejich úbytku mohou být různé a jednou z příčin může být i nadbytečné používání pesticidních látek. Výskyt vysoce toxických insekticidů byl potvrzen na základě analýzy vzorků odebraných z plástev včelstev. Ty samé

insekticidy byly pozorovány také ve vzorcích odebraných z okolních polí, ale i neosázených oblastí (Krupke, 2012). Bylo prokázáno, že přítomnost reziduí pesticidů, má zásadní vliv na imunitní systém včel, poškozuje jejich schopnost orientace. Ztráta schopnosti orientace v prostoru má přímý vliv na snížení počtu včel, neboť včely nejsou schopny se zpátky vrátit do úlu nebo dochází k snížení jejich výkon při sběru potravy. (Vondrášková, 2012).

3.3.2 Vliv na ptactvo

Škodlivost pesticidních látek mohou pociťovat i populace ptáků. Postiženy mohou být jak kolonie vodního ptactva, kdy se dostanou do styku s kontaminovanou vodou, tak hlavně druhy ptáků, jejichž přirozeným prostředím jsou právě pole. Negativní vliv pesticidů se u polních druhů ptáků projevuje nedostatkem potravy v důsledku úhynu hmyzu, kterým se hlavně živí (Petříková, 2010), ale i zásadním dopadem na schopnost reprodukce ptačí populace (Armstrong, 2013). Dokonce první práce poukazující na negativní ovlivnění organismů v životním prostředí cizorodými látkami vyrobenými a používanými člověkem se týkala pesticidu – konkrétně dichlordifenyltrichlorethanu neboli DDT, kdy jeho přítomnost v prostředí vedla k zeslabení skořápky ptačích vajec, což mělo za následek puknutí skořápky ještě před vylíhnutím, degeneraci a úhyn mláďat (Carson, 1962). Kvůli tomu bylo používání tohoto pesticidu na území vyspělých států postupně zakázáno (v ČR v roce 1974). Nicméně DDT je velmi perzistentní látka, která v životním prostředí může setrvat až po dobu 30 let (Velíšek a kol., 2014).

3.3.3. Vliv na vodní organismy

V 60.-80. letech minulého století zapříčiňovaly pesticidy poměrně často otravy ryb a tvořily 3-6 % případů (Svobodová a kol., 1987). Kromě úhynu ryb mohou pesticidy narušovat i jejich fyziologické a reprodukční procesy a ovlivňovat jejich chování. V 90. letech 20. století došlo k snížení počtu otrav ryb (2 %), v důsledku snížení spotřeby pesticidů (šetrné/ekologické zemědělství, biozemědělství, ekonomické důvody) a začátku využívání šetrnějších přípravků pro životní prostředí. V posledních letech dochází k hromadnému úhynu ryb jen výjimečně, přesto jsou pesticidy významným problémem pro celý vodní ekosystém. Zde totiž dochází k negativnímu ovlivňování vodních organismů, a to i přesto, že se tyto látky ve vodním prostředí nachází pouze v malých koncentracích (Guo a kol., 2021; Třešňáková a kol., 2022). Vzhledem k vysoké citlivosti některých druhů na přítomné cizorodé látky může dojít až k jejich vymizení, přítomnost cizorodých látek může narušovat potravní řetězce, a dokonce samočistící schopnosti vody (Heča, 2008)

3.3.4 Vliv na člověka

Pesticidy jsou nebezpečné nejen pro zvířata a prostředí, ale ohrožují i samotného člověka. Tyto látky vstupují do organismu člověka nejčastěji trávicím traktem, dýchacím ústrojím, kůží nebo přes oční sliznici. V těle člověka pak mohou způsobovat různá kožní a nervová onemocnění, alergie, dýchací problémy a při požití větší koncentrace pesticidní látky může v některých případech dojít i k otravě. Některé pesticidy při dlouhodobějším vystavení člověka těmto látkám mívají nepříznivé kancerogenní nebo xenoestrogenní (ovlivnění hormonální soustavy) účinky na jeho zdraví. (Šuta, 2009; Velíšek a kol., 2014).

4. Metodika

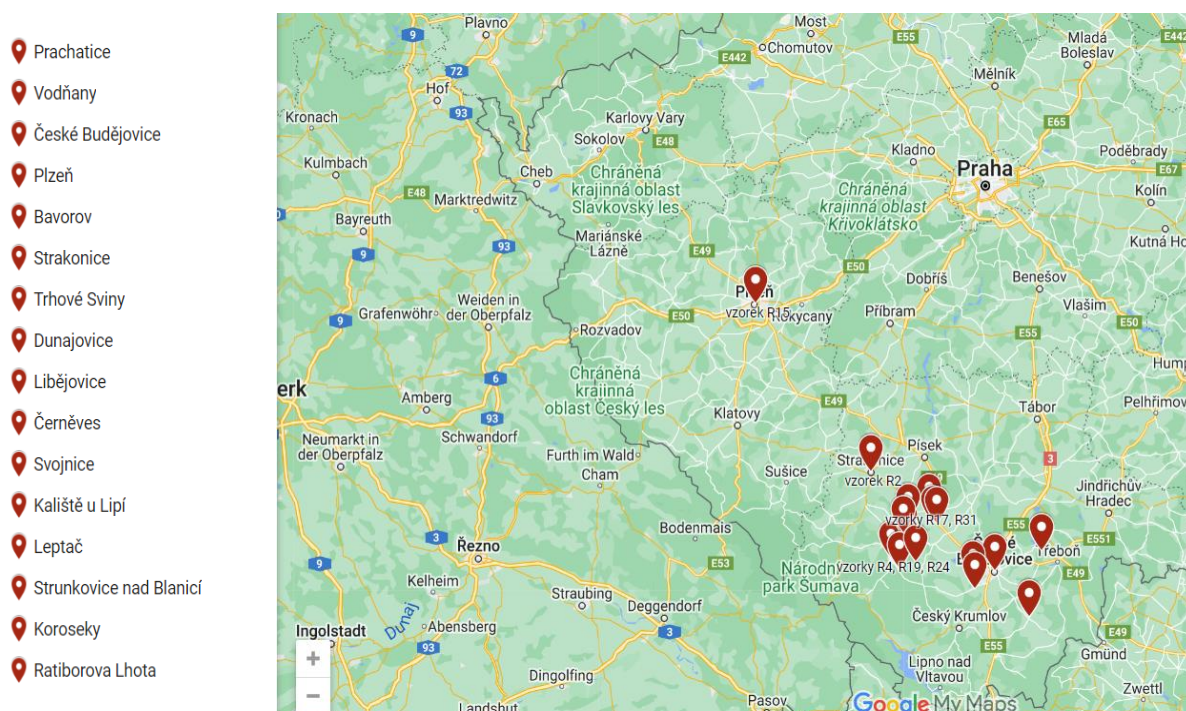
4.1 Sledované zdroje vody

Přehled sledovaných zdrojů vody a jejich charakteristika jsou uvedeny v Příloze č. 1. Vzorky byly odebrány z různých lokalit jižních Čech a z Plzně (Obr. 4). Vzorky byly odebrány jak z kohoutků napojených na rozvod pitné vody pocházející z centrálních úpravny pitné vody, tak z lokálních pitných zdrojů. Do sledování jsou zahrnuty studniční vody a vody z pramenů. V rámci charakteristiky odběrových míst se v případě lokálních zdrojů bral v úvahu i charakter krajiny, kde se zdroj nacházel. Sledované zdroje se nacházely v zemědělsky obhospodařovaných oblastech, v lesích i v intravilánech měst a obcí. Celkem bylo analyzováno 21 vzorků vody.

Z celkového počtu vzorků byly sledované vzorky odebrány takto:

- 12 vzorků studniční voda
- 2 vzorky vody z lesních pramenů
- 7 vzorků z vodovodní sítě napojené na centrální úpravny pitné vody

Obrázek 4: Místa odběru vzorků



Dostupné online na:

<https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1IWlfSQbeSECjfasZnRJVNHmbiit0RIM&usp=sharing>

4.2 Odběry

Vzorky byly odebírány od 6.9. do 11.10. 2022. Odběry vzorků vody byly prováděny do plastových uzavíratelných 200 ml zkumavek, přičemž bylo obvykle odebráno 100–150 ml vody. Než byla voda do zkumavek nabrána, byly zkumavky touto vodou vypláchnuty, aby se zamezilo případnému zkreslení dat v důsledku nečistot, které by se mohly ve zkumavce vyskytovat. Následně byl vzorek uložen v chladničce, co nejdříve transportován k autorce práce a zamražen při $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po shromáždění všech vzorků byly zamražené vzorky v termoboxu transportovány do analytické laboratoře.

4.3 Analýza

Vzorky byly analyzovány v analytické laboratoři FROV JU ve Vodňanech (Obr. 5). Před vlastní analýzou byly vzorky rozmrazeny v chladničce, následně proběhla jejich filtrace na membránovém filtru (velikost pórů 0.20 μm , výrobce Sartorius) a ke vzorkům byly přidány izotopicky značené standardy sledovaných látek pro korekci matricových efektů při analýze. Vlastní analýza byla provedena metodou tandemové kapalinové chromatografie spojené s hmotnostní spektrometrií (LC-LC/MS) na hmotnostním analyzátoru Altis™ Plus Triple Quadrupole (výrobce Thermo Fisher Scientific). Pomocí autosampleru byl přefiltrovaný vzorek o objemu 1 mL vpraven do LC systému. Vzorek byl zakoncentrován na SPE koloně pro zvýšení citlivosti metody a separace analytů probíhala na chromatografické koloně (Hypersil Gold aQ, Thermo Fisher Scientific). Výpočet koncentrace cílených analytů byl proveden v softwaru (TraceFinder 4.1) za využití kalibrační křivky (odezva (plocha píku) analytů v kalibrační řadě). Limity quantifikace (LOQ) byly odvozeny z nejnižšího bodu kalibrační řady. V odebraných vzorcích bylo sledováno 33 pesticidních látek. Z tohoto 15 tvořily původní (mateřské) pesticidní látky a 18 jejich metabolity. Tento rozsah byl zvolen na základě zkušenosti analytického pracoviště z hlediska nejčastěji zachycovaných pesticidních látek ve vodě v rámci monitoringů kontaminace vodního prostředí ČR.

Obrázek 5: Analytická laboratoř FROV JU Vodňany



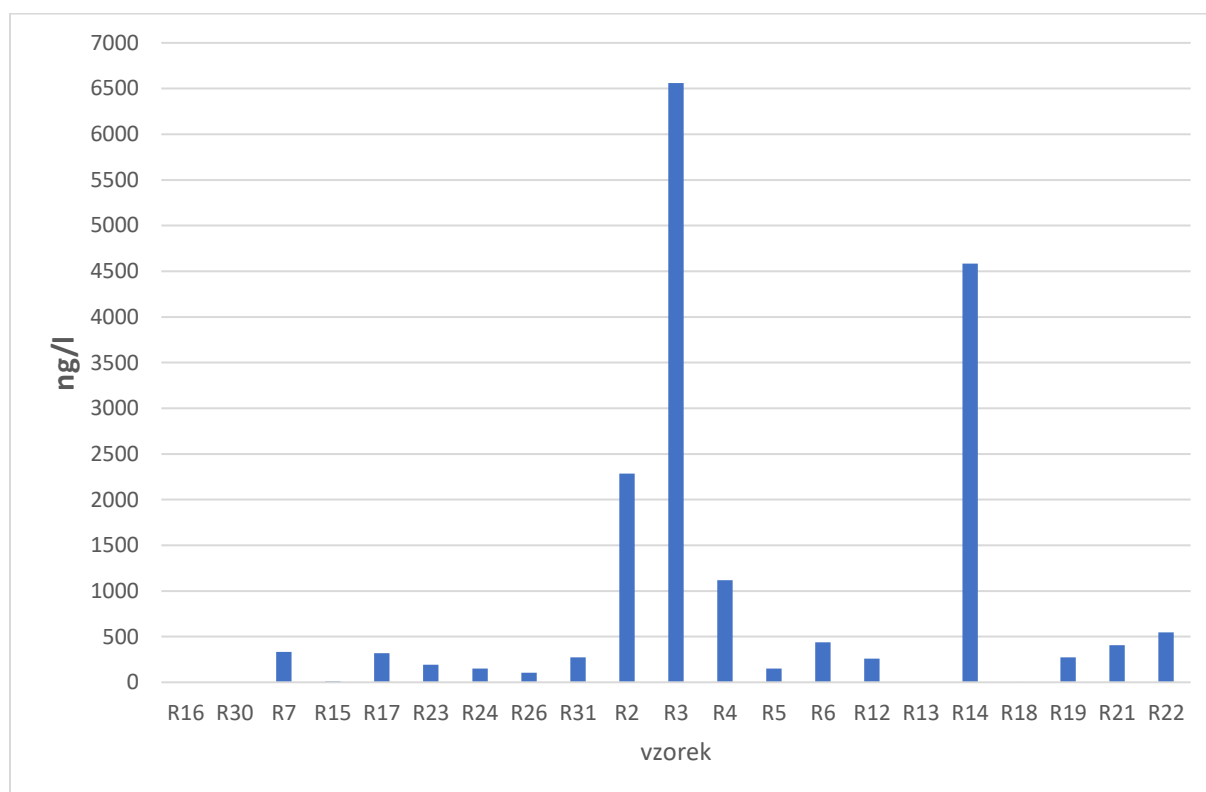
4.4 Vyhodnocení

Výsledky chemických analýz jsou uvedeny v Příloze č. 2. Zjištěné výsledky byly porovnány s limity uvedenými ve Vyhlášce č. 252/2004 Sb. a v její novele č. 83/2014 Sb., kterými se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Tato vyhláška udává jako nejvyšší mezní hodnotu (NMH) pro jednotlivé pesticidní látky včetně tzv. relevantních metabolitů $0,1 \mu\text{g.l}^{-1}$ a NMH pro sumu všech pesticidních látek a relevantních metabolitů $0,5 \mu\text{g.l}^{-1}$. Ministerstvem zdravotnictví ČR byl vydán „Seznam posouzených nerelevantních metabolitů pesticidů a jejich doporučené limitní hodnoty v pitné vodě“. Tyto limity byly využity pro nerelevantní metabolity. Limity pro sledované látky jsou uvedeny v Příloze 3. Nerelevantní metabolity (v Příloze č. 2 jsou uvedeny modře) se dle legislativy nezapočítávají do sumy pesticidních látek, která je porovnávána s NMH pro sumu PL. Jednotlivé sledované zdroje byly porovnány mezi sebou pomocí vypočtených sum naměřených sledovaných cizorodých látek. Na základě zjištěných výsledků byly identifikovány nejčastěji a v největších koncentracích přítomné pesticidní látky v analyzovaných vzorcích.

5. Výsledky a diskuse

Z celkového počtu 21 sledovaných vzorků, byl pozitivní výskyt pesticidních látek zjištěn v 19 vzorcích (90,5 %) (Obr. 6). U 17 vzorků byla celková suma naměřených pesticidů a relevantních metabolitů dle Vyhlášky č. 252/2004 Sb. a její novely č. 83/2014 Sb. v limitu, a tudíž lze tyto vzorky označit jako zdravotně nezávadné. Nejvyšší suma koncentrací detekovaných pesticidních látek a jejich relevantních metabolitů byla zjištěna ve vzorcích R3 a R14. U obou těchto vzorků došlo k překročení limitní hodnoty pro sumu pesticidních látek a jejich relevantních metabolitů 500 ng/l. Ve vzorku R14 byla celková koncentrace vztahující se k uvedenému limitu 1516 ng/l, ve vzorku R3 pak 2325,2 ng/l. Ve vzorcích R15, R13 a R18 byly téměř všechny sledované látky pod mezí detekce analytické metody.

Obrázek 6: Celkové koncentrace sledovaných pesticidů a jejich metabolitů ve vzorcích pitné vody



Ze sledovaných 33 analytů bylo ve vzorcích pozitivně zachyceno 24. Celkem 9 látek bylo ve všech vzorcích pod mezí detekce analytické metody. V případě prvních 5 nejčastěji se vyskytujících pesticidních látek ve vzorcích se jednalo o metabolity herbicidů (Obr. 7).

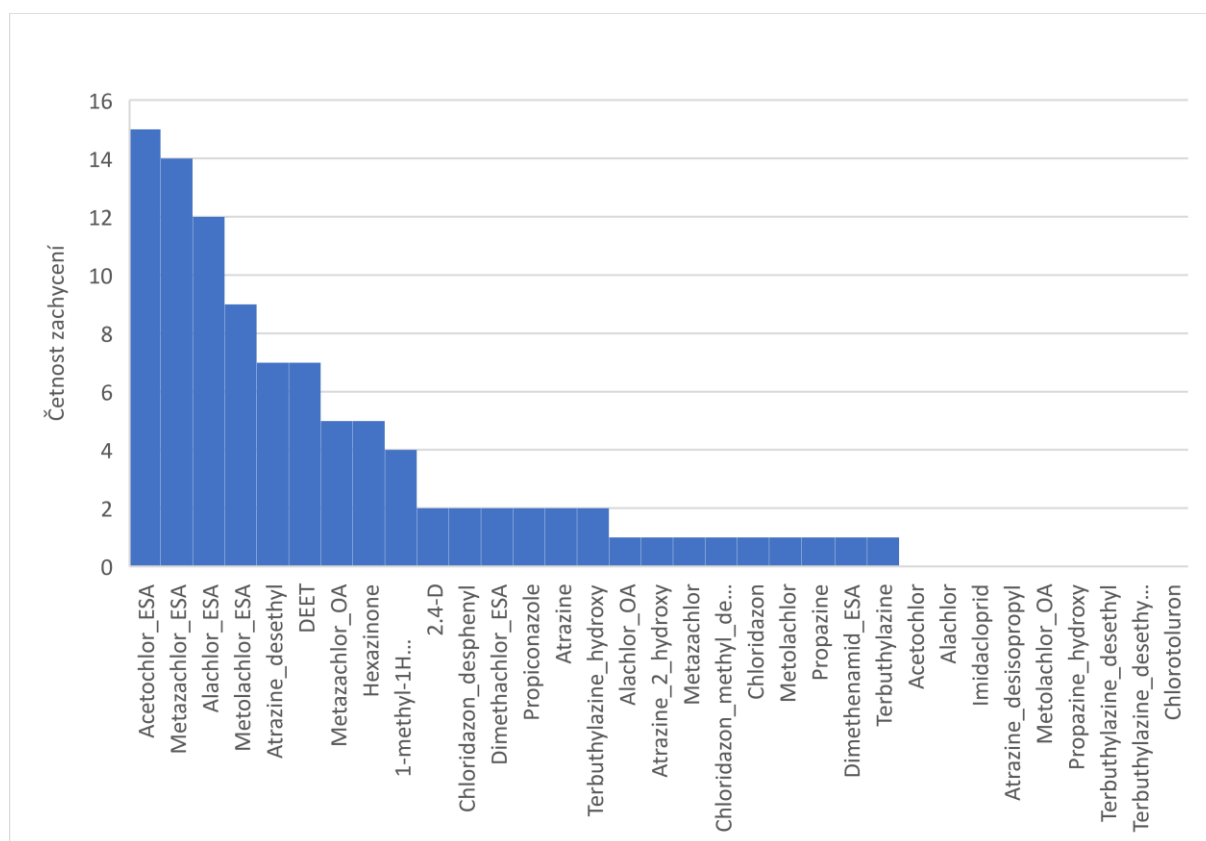
Nejčastěji byl ve vzorcích detekován (relevantní) metabolit acetochloru - acetochlor_ESA. Celkem byl tento metabolit zjištěn v 15 vzorcích z celkového počtu 21. Jeho mateřský herbicid acetochlor se především využíval na ochranu rostlin (hlavně kukuřice) proti plevelům. Používání acetochloru bylo dle nařízení Komise (EU) č. 73/2013 ze dne 25. ledna 2013 zakázáno.

Druhým nejčastěji se vyskytlým analytem ve zkoumaných vzorcích byl nerelevantní metabolit metazachlor_ESA. Ten byl detekován ve 14 vzorcích. Mateřská látka metazachlor patří mezi jeden z nejpoužívanějších herbicidů. Je určen zejména k hubení plevelů na polích s řepkou olejkou.

Jako třetí nejhojněji se vyskytující pesticidní látkou byl (nerelevantní) metabolit alachloru - alachlor_ESA. Jeho přítomnost byla zjištěna ve 12 vzorcích. Pesticid alachlor slouží k likvidaci plevelů na kukuřičných polích, slunečnicových polích a na polích s řepkou olejkou. Jde ale také o látku, která je vysoce toxická pro vodní organismy.

Mezi dalšími látkami ve vzorcích byl např. detekován DEET (Diethyltoluamid), který je běžnou složkou repelentních přípravků na odpuzení hmyzu, Atrazine (a jeho metabolity), což je látka, která bývala aplikována při pěstování kukuřice, ale také se využívala v lesnictví. Od 1. srpna 2005 dle rozhodnutí Evropské komise 2004/248/EC je používání atrazinu na území ČR zakázáno.

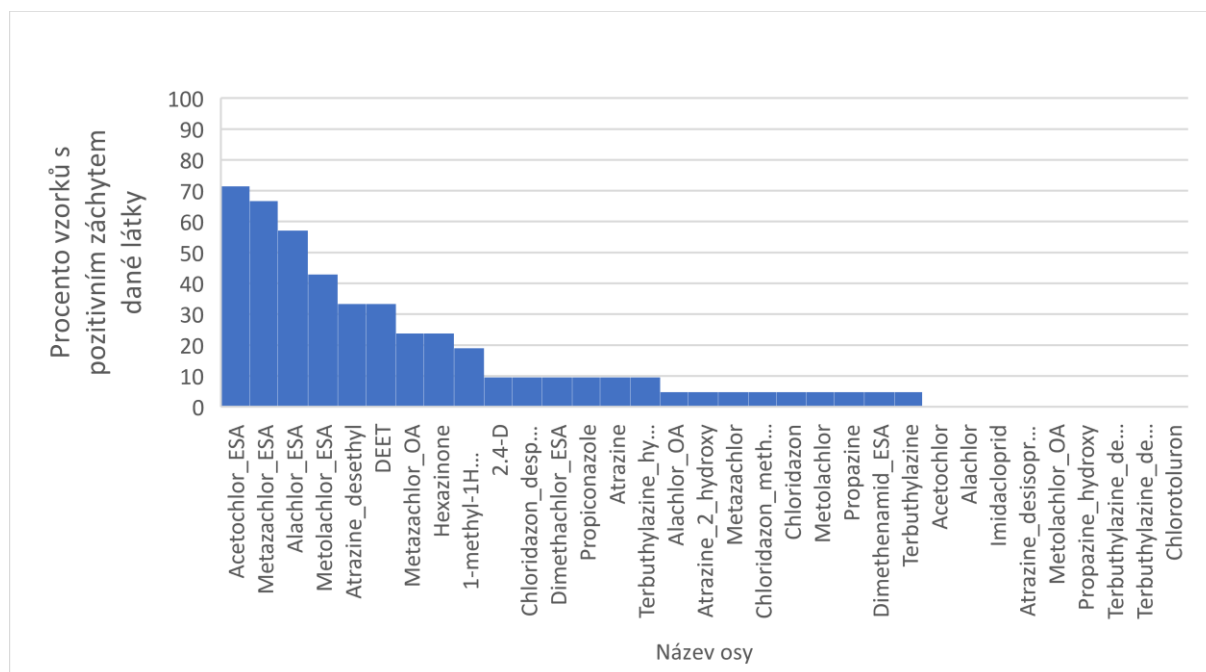
Obrázek 7: Četnost detekce monitorovaných pesticidů a jejich metabolitů ve sledovaných vzorcích (21) pitné vody



Na Obr. 8 je znázorněna četnost zachycení jednotlivých sledovaných látek v části vzorků vyjádřené v procentech. Ve vzorcích bylo nalezeno 24 pesticidních látek, jejichž četnost pozitivního zachycení ve vzorcích se pohybovala od 0 % do 71,4 % (Obr.7). Z toho 15 látek se vyskytlo v méně než 10 % vzorků. Další 6 látek bylo nalezeno ve více jak 10 % vzorků, ale méně než v 50 % vzorků. Zbýlé 3 látky pak měly četnost výskytu u vzorků vyšší než 50 %. Metabolit alachlor_ESA se vyskytl v 57,1 % odebraných vzorků. Druhé nejvyšší četnosti

dosáhl metazachlor_ESA, jenž byl detekován v 66,7 % vzorků. Nejvyšší procento záchytu bylo zjištěno v případě acetochloru_ESA, který byl pozitivně zachycen v 71,4 % analyzovaných vzorků.

Obrázek 8: Procentuální množství vzorků s pozitivním záchytem daného pesticidu či metabolitu

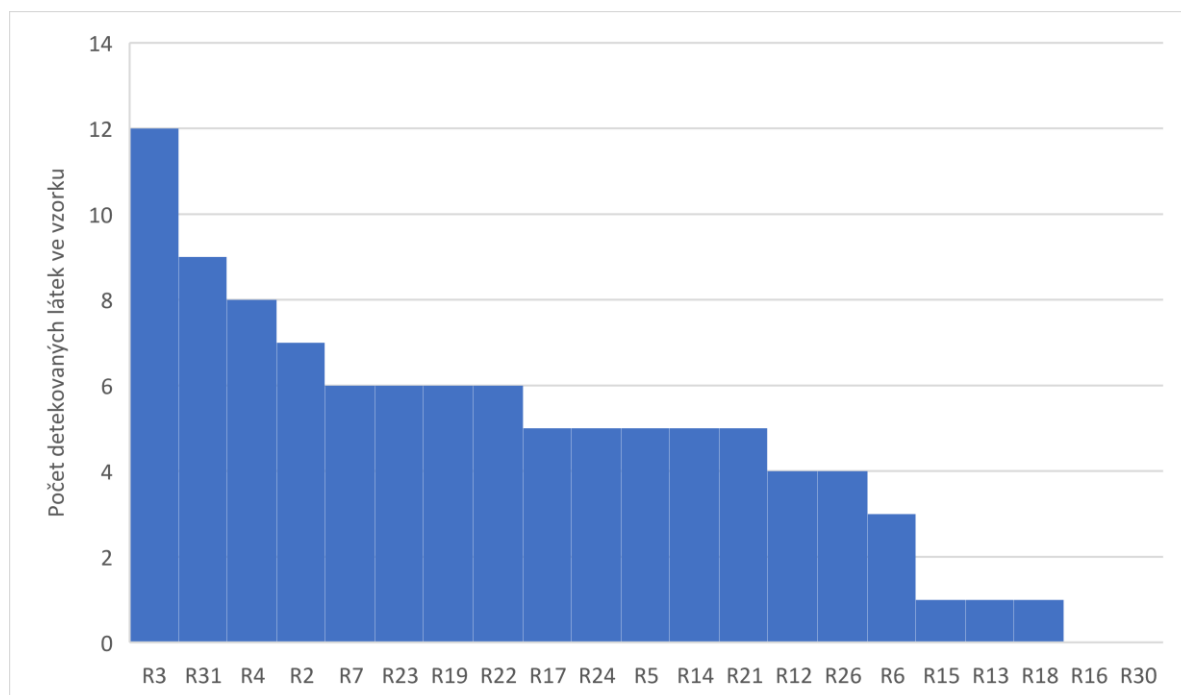


Nejvíce vzorků bylo odebráno z lokálních zdrojů pitné vody v zemědělsky využívaných oblastech (12 vzorků) (Příloha 2). Ve všech těchto vzorcích byla detekována alespoň jedna pesticidní látka. Nejvyšší kontaminace pesticidními látkami byla zaznamenána u vzorku R3. Vzorek R3 je studniční voda z oblasti Dunajovice. Celkem tento vzorek obsahoval 12 pozitivních hodnot pesticidů a jejich metabolitů (Obr.9). Tento vzorek vyšel také jako nejvíce závadný, protože limit pro jednotlivou pesticidní látku byl překročen u tří látek přítomných v tomto vzorku (Acetochlor_ESA, Alachlor_ESA a DEET). U tohoto vzorku došlo i k překročení celkového limitu $0,5 \mu\text{g.l}^{-1}$ pro sumu pesticidů a relevantních metabolitů. Druhý nejvyšší počet pesticidních látek ve vzorku z oblasti ovlivněné zemědělskou činností byl naměřen ve vzorku R4. Tento vzorek pochází z Pivovarského pramene v Prachaticích (příloha 1). Zde bylo celkem naměřeno 8 pesticidních látek. U vzorku R4 byl limit pro jednotlivou látku překročen v jednom případě (Acetochlor_ESA). U tohoto vzorku však nebyla překročena limitní hranice $0,5 \mu\text{g.l}^{-1}$ pro sumu pesticidů a relevantních metabolitů. Další vzorek, u kterého byly překročeny limitní hodnoty je vzorek R14. Vzorek R14 pochází ze studniční vody z obce Strunkovice (Řídký). Tento vzorek obsahuje „pouze“ 5 pesticidních látek, ale limit pro tyto jednotlivé analyty byl překročen ve dvou případech (Acetochlor_ESA a Alachlor_ESA). Také zde jako u vzorku R3 došlo k překročení limitní hodnoty pro sumu, tudíž se tento vzorek řadí mezi ty nejvíce kontaminované. Nejméně pesticidů a jejich metabolitů u tohoto typu vzorků bylo naměřeno ve vzorcích R13 a R18. U obou těchto vzorků byla naměřena jedna pesticidní látka (hexazinone u R13 a propazine u R18).

U 7 vzorků, které pocházejí z vodovodní sítě napojené na centrální úpravný pitné vody, bylo naměřeno od 1 do 9 pesticidních látek v jednotlivých vzorcích. Nejvyšší počet pesticidů a jejich metabolitů obsahoval vzorek R31 (9 látek). U tohoto vzorku dosáhl nejvyšší hodnoty metabolit alachlor_ESA, celkem 110 ng/l (Příloha 2). Voda vzorku R3 pochází ÚV Plav a byla odebrána z vodovodní sítě ve Vodňanech. Nicméně všechny odebrané vzorky vody z různých míst jižních Čech pocházející z ÚV Plav vykazovaly velmi podobný charakter kontaminace. Nejméně naměřených pesticidních látek měl vzorek R15, který obsahoval 1 látku metabolit metazachlor_ESA. Tento vzorek pochází z vodovodní sítě napojenou na ÚV Plzeň (Příloha 1). U žádného ze vzorků z úpraven pitné vody nebyl překročen limit pro jednotlivou pesticidní látku a ani celkový limit pro sumu. Z výsledků je zřejmé, že pitná voda pocházející z centrálních úpraven pitné vody má z hlediska přítomnosti pesticidních látek vysokou kvalitu. Případně nalezené koncentrace jsou velice nízké. Výhodou velkých úpraven pitné vody Plav a Plzeň je využívání moderních technologií pro odstranění mikropolutantů z upravované vody. V ÚV Plav je používána filtrace přes granulované aktivní uhlí (GAU) a v ÚV Plzeň je ještě před GAU stupeň doplněna ozonizace. Vzhledem k tomu, že zdrojem vody pro ÚV Plzeň je poměrně kontaminovaná řeka Úhlava (Švecová a kol., 2021) a zdrojem pro ÚV Plav pak poměrně čistá nádrž Římov, jeví se vzhledem k výsledným koncentracím pesticidů v pitné vodě jako účinnější kombinace ozonizace s GAU filtrací. Velmi příznivý vliv provedeného opatření ke zlepšení kvality vody je vidět na vzorku R12, což je lokální zdroj zásobující město Bavorov. Na základě opakovaných nepříznivých výsledků analýz pitné vody na obsah mikropolutantů byla do procesu úpravy pitné vody na místním zdroji doplněna GAU filtrace, čímž se kvalita vody povedlo významně zlepšit, což je možno dokumentovat i výsledky našich analýz.

Vzorky R16 a R30 pocházejí z výše položených lesních pramenů. V těchto vzorcích nebyla zjištěna přítomnost žádných sledovaných pesticidních látek a kvalita vody byla z tohoto pohledu vynikající.

Obrázek 9: Počet detekovaných pesticidů a metabolitů v jednotlivých vzorcích



V roce 2021 Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) provedl plošný rozbor 4732 odebraných vzorků povrchové vody. Z tohoto počtu byla u 86 % vzorků (4072 vzorků) pozitivně detekována alespoň jedna pesticidní látka (Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2021). V mém odběru se pesticidní látky vyskytly dokonce u 90,5 % odebraných vzorků.

Stejně tak jako u mnou zkoumaných vzorků z malých lokálních zdrojů, tak i u celoplošného monitoringu kvality povrchových i podzemních vod provedeného vodohospodářskými laboratořemi, byl potvrzen nejčastější výskyt metabolitů herbicidů, které se používají pro ošetření technických plodin (řepky olejky či kukuřice). V obou případech byly nalezeny metabolity pesticidů, které se v současné době stále využívají (např. metazachlor, dimetachlor, metolachlor), ale i látky, jejichž používání je zakázáno (např. alachlor, acetochlor, atrazine, chloridazon).

Nejvyšší procento nalezených látek v jednom vzorku z celoplošného odběru bylo 19 % (51 látek z celkového počtu 262 zkoumaných pesticidů a metabolitů). Toto procento látek v jenom vzorku obsahovaly vzorky, které byly odebrány z přítoků řek Sázavy (řeka Želivka) a Lužnice (Maršovský potok). Nejvyšší sumární koncentraci 22,78 $\mu\text{g.l}^{-1}$ obsahoval vzorek pocházející z Piletického potoka (Hradec Králové). V mém vzorku (R3) bylo nejvíce detekováno 12 pesticidních látek ze hledaných 33 analytů (36 %). Tento vzorek měl také nejvyšší sumární koncentraci kontaminace, která činila 6,56 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Polohou všechny tyto nejvíce kontaminované vzorky spadají do zemědělsky obhospodařovaných oblastí.

Lze říci, že mé výsledky jsou také v souladu se zjištěními Moulisové a kol. (2018), kde ve studii Státního zdravotního ústavu zaměřené na monitoring 21 pesticidních látek a jejich metabolitů v reprezentativním vzorku více než 170 vodovodů ze všech krajů ČR autoři

konstatovali, že pouze v přibližně 25 % sledovaných vodovodech nebyla nalezena žádná ze sledovaných pesticidních látek. Ve vzorcích s pozitivním nálezem bylo zjištěno 1 až 11 sledovaných kontaminantů. U několika vodovodů byly překročeny i hygienické limity. Velmi podobné mým výsledkům bylo i spektrum nejčastěji se vyskytujících pesticidních látek.

6. Závěr

Z výsledků provedených analýz vyplývá, že množství pesticidů a jejich metabolitů v lokálních zdrojích pitné vody významně závisí na charakteru krajiny v okolí těchto zdrojů.

Vyšší koncentrace pesticidních látek byla zaznamenána ve vzorcích pocházejících z malých lokálních zdrojů pitné vody v zemědělsky obhospodařovaných oblastech. Ve všech 12 vzorcích pocházejících z takovýchto zdrojů byla prokázána přítomnost pesticidních látek. Ve 2 případech zde také dle Vyhlášky č. 252/2004 Sb. a její novely č. 83/2014 Sb. došlo k překročení limitních hodnot pro sumu a v 6 případech pak pro jednotlivé pesticidy a metabolity.

Dle předpokladu uvedeného v hypotéze této práce voda pocházející z vodovodní sítě napojené na centrální úpravny pitné vody byla z hlediska kontaminace pesticidními látkami zdravotně nezávadná. Také bylo zjištěno, že množství obsažených pesticidů a metabolitů v pitné vodě souvisí s technologií čištění vody na úpravnách. Nejlépe z toho vyšla technologie, jež se provozuje v ÚV Plzeň. Tato technologie zahrnuje kombinaci ozonizace a GAU filtrace. Vzorek R15, jenž byl z této vodovodní sítě odebrán, měl pouze jeden pozitivní analyt, a to i přesto, že voda v Úhlavě, která je zdrojem vody pro tuto úpravnu, je významně pesticidy kontaminována. Ani u jednoho z těchto vzorků nebyly překročeny limitní hodnoty pro koncentraci pesticidů a jejich metabolitů stanovené aktuální legislativou a doporučením Ministerstva zdravotnictví ČR.

Také byla potvrzena hypotéza o jakosti vod z pramenů nacházejících se v lesních či horských oblastech. U těchto vzorků nebyl detekován ani jeden pozitivní výskyt pesticidů či jejich metabolitů. Tyto vody můžeme tedy označit za vysoce kvalitní.

Nejčastěji zjišťovanými pesticidními látkami v mých vzorcích byly látky aktuálně či v minulosti používané hlavně k ošetřování technických plodin (řepka, kukuřice). Je tedy otázkou, zda přínosy intenzivního pěstování technických plodin jsou skutečně tak významné, aby převážily cenu, kterou za ně naše společnost a krajina zaplatí...

Přehled použité literatury

- Armstrong, D., 2013. Pesticide is costly for bees, then birds, then?. Earthtimes.org [online]. <http://www.earthtimes.org/pollution/pesticide-costly-bees-birds/2298/>.
- CAC (Codex Alimentarius Commission), 2013. Dostupné na: <http://www.codexalimentarius.org/about-codex/en/>.
- Carson, R., 1962. Silent Spring. Houghton Mifflin Co., Boston, USA, 16 pp.
- Guo, W., Weiperth, A., Hossain, Md.S., Kubec, J., Grabicová, K., Ložek, F., Veselý, L., Bláha, M., Buřič, M., Kouba, A., Velíšek, J., 2021. The effects of the herbicides terbuthylazine and metazachlor at environmental concentration on the burrowing behaviour of red swamp crayfish. Chemosphere 270: 128656.
- Heča, R., 2008. Akumulace rizikových látek u ryb: Bakalářská práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- Krupke, C., 2012. Multiple Routes of Pesticide Exposure for Honey Bees Living Near Agricultural Fields <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0029268> (navštíveno 15.12.2022)
- Metodické doporučení SZÚ – Národního referenčního centra pro pitnou vodu pro hodnocení relevance metabolitů pesticidů v pitné vodě. Č.j. SZÚ-2466/2014, ze dne 9.7. 2014
- Moulisová, A., Bendakovská, L., Kožíšek, F., Vavrouš, A., Jeligová, H., Kotal, F. 2018. Pesticidy a jejich metabolity v pitné vodě: jaký je současný stav v České republice? Vodní hospodářství, 68(7), 4-10. ISSN 1211-0760.
- Nařízení Komise (EU) č. 2004/248/EC z 1. srpna 2005.
- Nařízení Komise (EU) č. 73/2013 ze dne 25. ledna 2013. <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32013R0073> (navštíveno 27.12.2022)
- Petříková, M., 2010. Environmentální pozadí golfových hřišť. Green jako potenciální hrozba: Diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita v Brně
- Prousek, J., 2001. Rizikové vlastnosti látek. Slovenská technická univerzita v Bratislave, Bratislava, Slovensko, pp. 60-93
- Prováděcí nařízení Komise (EU) 2020/2087 ze dne 14. prosince 2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A32020R2087> (navštíveno 3.12.2022)
- Randák, T., Grabicová, K., Fedorova, G., Švecová, H., Vojs Staňová, A., Červený, D., Golovko, O., Turek, J., Bořík, A., Žlábek, V., Grabic, R., 2020. Mikropolutanty – významné riziko pro kvalitu vodních zdrojů i ekosystémy. Vodohospodářský bulletin 12: 42-47.
- Ministerstvo zdravotnictví ČR. Seznam posouzených nerelevantních metabolitů pesticidů a jejich doporučené limitní hodnoty v pitné vodě. <https://www.mzcr.cz/seznam->

[posouzenych-nerelevantnich-metabolitu-pesticidu-a-jejich-doporucene-limitni-hodnoty-v-pitne-vode/](#)

- Stará, A., Kubec, J., Zusková, E., Buřič, M., Faggio, C., Kouba, A., Velíšek, J., 2019. Effects of S-metolachlor and its degradation product metolachlor OA on marbled crayfish (*Procambarus virginalis*). Chemosphere 224: 616-625.
- Svobodová, Z., Gelnarová, J., Justýn, J., Krupauer, V., Máchová, J., Simanov, L., Valentová, V., Wolgemuth, E., 1987. Toxikologie vodních živočichů. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 231 s.
- Šuta, M., 2009. Opatrně s pesticidy. Ekolist.cz. <http://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/opatrne-s-pesticidy>.
- Švecová H., Grabic R., Grabicová K., Vojs Staňová A., Fedorova G., Cervený D., Turek J., Randák T., Brooks B.W., 2021. De facto reuse at the watershed scale: Seasonal changes, population contributions, instream flows and water quality hazards of human pharmaceuticals. Environmental Pollution 268: 115888.
- Třešňáková, N., Kubec, J., Stará, A., Zusková, E., Faggio, C., Kouba, A., Velíšek, J., 2022. Chronic Toxicity of Primary Metabolites of Chloroacetamide and Glyphosate to Early Life Stages of Marbled Crayfish *Procambarus virginalis*. Biology 11, 927.
- Vaňharová, L., 2013. Sledování průniku pesticidů do složek životního prostředí, Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 51 s. <http://hdl.handle.net/10563/25495>.
- Velíšek, J. a kol., 2014. Vodní toxikologie pro rybáře. FROV JU, Vodňany, 600 s., ISBN 978-80-87437-89-6
- Velíšek, J., Stará, A., 2018. Effect of thiacloprid on early life stages of common carp. Chemosphere 194: 481-487.
- Vondrášková, Š., 2012 Revize výzkumu vlivu neonikotinoidů na včely. Agronavigator.cz <http://www.agronavigator.cz/service.asp?act=email&val=119551>.
- Vyhláška č. 252/2004 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-252>
- Vyhláška č. 83/2014 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-83>
- Zapletal, O., a kol., 2011. Speciální veterinární toxikologie. VFU Brno, Brno, 148 s.
- Zpráva o stavu hospodářství České republiky <https://eagri.cz/public/web/mze/voda/osвета-a-publikace/publikace-a-dokumenty/modre-zpravy/> (navštíveno 30.12.2022)
- Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2020. https://eagri.cz/public/web/file/691951/Modra_zprava_2020_web.pdf (navštíveno 30.12.2022)
- Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2021. https://eagri.cz/public/web/file/715326/Vodni_hospodarstvi_2021_web.pdf (navštíveno 30.12.2022)

Seznam obrázků

Obr. 1: Spotřeba účinných látek v letech 2009-2021 (graf)	11
Obr. 2: Koncentrace pesticidů v povrchových vodách v roce 2020.....	13
Obr. 3: Koncentrace pesticidů v podzemních vodách v roce 2020	13
Obr. 4: Místa odběru vzorků	16
Obr. 5: Analytická laboratoř FROV JU Vodňany	19
Obr. 6: Celkové koncentrace sledovaných pesticidů a jejich metabolitů (graf).....	19
Obr. 7: Četnost detekce monitorovaných pesticidů a jejich metabolitů (graf).....	20
Obr. 8: Procento vzorků s pozitivním záchytem daného pesticidu či metabolitu (graf).....	21
Obr. 9: Počet detekovaných pesticidů a metabolitů v jednotlivých vzorcích (graf).....	23