

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie



Fakulta životního
prostředí

**Vyhodnocení vlivu vývoje znečištění surové vody na
postup úpravy pitné vody v úpravně vody Podolí**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Michal Slaboch

Vedoucí práce: prof. RNDr. Dana Komínková, Ph.D.

Praha 2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Michal Slaboch

Regionální environmentální správa

Název práce

Vyhodnocení vlivu vývoje znečištění surové vody na postup úpravy pitné vody v úpravně pitné vody Podolí

Název anglicky

Evaluation of the impact of changes of raw water pollution on the drinking water treatment process in Podolí drinking water treatment plant

Cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit dlouhodobé změny znečištění vody ve Vltavě a následně vyhodnotit vliv na změnu úpravy vody v úpravně vody Podolí.

Dílčím cílem práce je návrh opatření vedoucích k zlepšení kvality pitné vody s ohledem na výskyt nových prioritních polutantů v surové vodě.

Metodika

- 1) Literární rešerše věnovaná problematice znečišťování vod a novým technologiím v úpravě pitné vody
- 2) Sběr dat o kvalitě vody ve Vltavě a kvalitě upravené vody z různých zdrojů
- 3) Statistické vyhodnocení získaných dat
- 4) Návrh opatření vedoucích ke zlepšení kvality pitné vody

Doporučený rozsah práce

75 stran

Klíčová slova

pitná voda, úprava pitné vody, znečištění, voda,

Doporučené zdroje informací

- Akoto, O., Gyamfi, O., Darko, G. et al, (2017). Changes in water quality in the Owabi water treatment plant in Ghana. *Applied Water Science*. Volume 7, Issue 1, pp 175–186
- Drinan, J.E., Spellman, F.R. (2013). *Water and wastewater treatment. A guide for the nonengineering professionla*. CRC Press, Boca Raton
- Gang Liu, Ya Zhang, Willem-Jan Knibbe, Cuijie Feng, Wentso Liu, Gertjan Medema, Walter van der Meer, (2017). Potential impacts of changing supply-water quality on drinking water distribution: A review. *Water Research*. Volume 116, pp 135-148
- Laws, Edward A. (2017) *Aquatic Pollution. An Introductory Text*. John Wiley & Sons Inc. New York
- Pitter, P. (2015) *Hydrochemie*. VŠCHT Praha (5. vydání)
- Stumm, W., Morgan, J.J. (1995). *Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*. John Wiley & Sons Inc. New York

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. RNDr. Dana Komínková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 17. 2. 2019

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 2. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 28. 03. 2019

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Vyhodnocení vlivu vývoje znečištění surové vody na postup úpravy pitné vody v úpravně pitné vody Podolí vypracoval samostatně, pod vedením prof. RNDr. Dany Komínkové, Ph.D. Další informace mi poskytlo Povodí Vltavy s. p. a Pražské vodovody a kanalizace, a.s. Uvedl jsem všechny literární zdroje, prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne:2019

.....

Bc. Michal Slaboch

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád vyjádřil své poděkování vedoucí práce prof. RNDr. Daně Komínkové, Ph.D. za trpělivost, cenné rady a připomínky a Ing. Bohdaně Tláskalové za ochotu a poskytnutí potřebných informací a v neposlední řadě mé rodině, že mi po celou dobu byli oporou.

Abstrakt

Znečištění povrchových vod pesticidními látkami je velkým problémem nejen v České republice, ale i v zahraničí. Hlavní zdroj znečištění představuje současné zemědělství. Nejčastějším způsobem je splach aplikovaných přípravků na ochranu rostlin ze samotných rostlin nebo z půdy při srážkových epizodách. Ty způsobují erozi půdy a odnos jemných částic povrchovým odtokem do vodních toků.

Cílem práce bylo na základě shromážděných dat vyhodnotit dlouhodobý stav kvality vody na dolním toku řeky Vltavy. V reakci na kvalitu vody, popsat změny, ke kterým došlo v procesu úpravy vody v ÚV Podolí pro zlepšení výsledné kvality vody. Pozornost je věnována zejména zařazení filtrace přes granulované uhlí, do procesu úpravy a ozonizaci jako posledního stupně zabezpečení kvality vody.

Z vyhodnocení získaných dat vyplývá, že kvalita vody určená na základě obsahu vybraných pesticidních látek (acetochloru, dimethachloru, chlortoluronu, isoproturonu, metazachloru, metolachloru a terbuthylazinu) se mírně zlepšovala. V průběhu celého zájmového období celková spotřeba vybraných pesticidních látek v České republice mírně rostla. U ukazatelů jakosti vody dle NV č. 401/2015 Sb. (reakce vody pH, teploty vody, biochemické spotřeby kyslíku, chemické spotřeby kyslíku, celkového organického uhlíku, celkového fosforu a celkového dusíku) došlo ve sledovaném období jak k poklesu, tak i k mírnému nárůstu naměřených hodnot.

Klíčová slova

pitná voda, úprava pitné vody, znečištění, voda, pesticidy, granulované aktivní uhlí, ozonizace

Abstract:

Contamination of surface water by pesticides is a major problem not only in the Czech Republic but also abroad. The main source of pollution represents contemporary agriculture. The most common way is the washing applied plant protection products from plants or from the soil during precipitation episodes. These cause soil erosion and the drainage of fine particle

The aim of the thesis was to evaluate the long-term water quality on the lower course of the Vltava River based on the collected data. In response to the water quality describe the changes that have occurred in the water treatment process in WTP Podolí to improve the resulting water quality. Attention is paid in particular to the inclusion of filtration through granular activated carbon into the process of treatment and ozonization as the last stage of water quality assurance.

From the evaluation of the obtained data shows that the quality of water designated on the basis of the content of selected pesticides (acetochlor, dimethachlor, chlorotoluron, isoproturon, metazachlor, metolachlor and terbuthylazin) slightly improved.

Over the entire period of interest, the overall consumption of selected pesticide substances in the Czech Republic increased slightly. The characteristics of water quality according to the Government order No. 401/2015 Coll. (the reaction of water pH, water temperature, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, total organic carbon, total phosphorus and total nitrogen) occurred in the period under review how to drop, so even a slight increase in the measured values.

Key words:

drinking water, drinking water treatment, water pollution, water, pesticides, granulated active carbon, ozonisation

Obsah

Seznam zkratek	9
1. Úvod	10
2. Cíle práce	12
3. Literární rešerše	13
3.1 Znečištění povrchových vod	13
3.2 Pesticidní látky	14
3.3 Zkoumané pesticidy	16
3.4 Hodnocení jakosti povrchových vod	24
3.5 Pesticidy v legislativě	27
3.6 Znečištění povrchových vod v ČR	28
3.7 Znečištění povrchových vod v zahraničí	30
4. Popis lokality	33
4.1 Povodí Dolní Vltavy	33
4.2 ÚV Podolí - Historie Podolské vodárny	34
4.3 Současný proces úpravy vody v ÚV Podolí	35
4.4 I. Stupeň úpravy	35
4.5.1 Odběr surové vody	35
4.5.2 Čerpací stanice surové vody	37
4.5.3 Chloroxidery	38
4.5.4 Čiřiče	39
4.5 II. Stupeň úpravy	42
4.6 Technologie v úpravě vody	46
5. Výsledky	50
5.1 Vývoj osevních ploch v ČR	59
5.2 Vývoj znečištění dle ukazatelů jakosti vod a pesticidních látek	61
6. Návrh opatření	70
6.1 Návrh opatření v ÚV Podolí	70
6.2 Návrh opatření v povodí	72
7. Diskuze	77
8. Závěr	80
Seznam literatury	82

Seznam zkratk

ADI	Acceptable daily intake (připustná denní dávka)
BSK ₅	biochemická spotřeba kyslíku, určuje míru organického znečištění
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
EPA	U.S. Environmental Protection Agency (Agentura pro ochranu životního prostředí USA)
ESA	derivát karboxylové kyseliny
CHSK _{Cr}	chemická spotřeba kyslíku stanovená dichromanem draselným
CHSK _{Mn}	chemická spotřeba kyslíku stanovená manganistanem draselným
ESA	derivát sulfonové kyseliny
NEK-NPK	norma environmentální kvality, vyjádřená jako nejvyšší možná koncentrace
NEK-RP	norma environmentální kvality, vyjádřená jako celoroční průměrná hodnota
MZe	ministerstvo zemědělství
MŽP	ministerstvo životního prostředí
NV	nařízení vlády
OA	derivát karboxylové kyseliny
PPCPs	Pharmaceuticals and personal care products – farmaka a produkty osobní péče
SOVAK	Sdružení oboru vodovodů a kanalizací České republiky
SZÚ	Státní zdravotní ústav
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
ÚV	úpravna vody
WHO	WorldHealthOrganization (Světová zdravotnická organizace)

1. Úvod

Na Zemi je cca 1,4 miliardy km³vody, avšak 96,5% je ve formě slané mořské vody, necelá 2% tvoří voda podzemní a zanedbatelné množství pak voda povrchová, voda v půdě, v atmosféře a v živých organismech (Nátr, 2011). Povrchové vody tvoří zdroj pitné i užitkové vody. Jejich zásoba není nevyčerpatelná, proces úpravy povrchové vody na pitnou je poměrně složitý, avšak dnes již díky moderním technologiím jsme schopni takto ročně upravit obrovské množství nezávadné pitné vody. Kvalita povrchových vod se v posledních letech zhoršila. V povrchových vodách jsou zjišťovány stále větší koncentrace chemických látek. Jak uvádí Švecová (2017), velkou skupinu mikropolutantů tvoří léčiva, či tzv. PCPPs, čili farmaka a látky každodenního užití, a pesticidní látky nebo jejich metabolity. Ročně je podle EPA (2017) použito 2,7 milionu tun látek na ochranu rostlin. Identifikace těchto látek v samotném zdroji pitné vody představuje závažný problém, vedoucí ke snížení kvality surové vody. Tato zjištění vyžadují velké finanční prostředky na obnovu zdroje, někdy dokonce i vybudování zdroje nového (Kohout, 2017).

Práce se zabývá hodnocením kvality povrchové vody, a to zejména v profilu 1045 Vltava – Praha Podolí za období pěti let. Tento úsek řeky Vltavy slouží jako vodní zdroj, pro úpravu pitné vody v ÚV Podolí, která slouží od roku 2002 jako pohotovostní rezerva.

V práci je popsáno znečištění povrchových vod v ČR a v zahraničí, a hlavní zdroje vybraných znečišťujících látek. Pozornost byla věnována pesticidním látkám a základním ukazatelům kvality povrchových vod dle Nařízení vlády č. 401/2015, kterými jsou například, teplota vody, nasycení vody kyslíkem, CHSK_{Cr}, BSK₅a obsah dusíku a fosforu. Tyto hodnoty poskytl s. p. Povodí Vltavy.

V praktické části práce jsou statisticky zpracována poskytnutá data za období let 2012 - 2017, se zaměřením na pesticidní látky, které představují v procesu úpravy vody velký problém. Dále jsou detailně popsány jednotlivé kroky technologie procesu

úpravy vody a jejich vývoj v důsledku rozvoje hl. m. Prahy a vývoje znečištění povrchových vod.

V závěru práce jsou navržena opatření, která mohou pomoci ovlivnit jednak kvalitu povrchových vod a zmírnit jejich znečištění tak i opatření týkající se procesu úpravy vody a dosažení její požadované kvality při následné distribuci.

2. Cíle práce

Práce měla za cíl:

- 1) vyhodnotit dlouhodobé změny znečištění vody ve Vltavě
- 2) vyhodnotit vliv na změnu úpravy vody v úpravně vody Podolí
- 3) navrhnout opatření vedoucí ke zlepšení kvality pitné vody s ohledem na výskyt nových prioritních polutantů v surové vodě

3. Literární rešerše

3.1 Znečištění povrchových vod

Každý z nás vypouští do prostředí různé množství chemických látek, při běžných činnostech jako je osobní hygiena či mytí nádobí. Bylo tomu tak vždy, ale s rostoucí populací lidstva na Zemi souvisí i zvýšený rozvoj chemického průmyslu. To způsobilo, že se z běžné činnosti stal vážný problém. Jak dále uvádí Jánišová (2013), všechny sloučeniny jsou jedy, a neexistuje sloučenina, která by jedem nebyla. Rozdíl mezi jedem a lékem tvoří pouze dávka. Laicky řečeno, každý z nás využívá různé druhy kosmetiky, nebo čisticí prostředky. Tyto prostředky mají regulovaný obsah potenciálně nebezpečných látek, ovšem v kanalizaci dochází k smíchání těchto látek a jejich dalšímu působení.

Richter (2014), popisuje znečištění jako vstup znečišťujících látek do povrchových vod, které nepříznivě ovlivňují složení vody a mají negativní dopad na stav celého vodního toku. Nahromaděné znečišťující látky, které dlouhodobě působí ve vodním prostředí, mají negativní dopady na životní prostředí, kvalitu vody případně i na zdraví člověka. Mezi tento druh látek se řadí např. pesticidy a farmaka (Halešová, 2017).

Zdroje znečištění povrchových vod pocházejí většinou z průmyslu, nebo z intenzivně využívané zemědělské oblasti. Tato znečištění jsou vzhledem k současné legislativě pro nás víceméně známá a dlouhodobě sledovaná. Jak uvádí Fedorova a kol. (2014), klíčovým parametrem, který zvyšuje obsah znečišťujících látek v povrchových vodách v ČR, jsou klimatické podmínky, nařazení vyčištěných vod v recipientu a vzdálenost od zdroje.

Přestože řada látek, které jsou sledovány, jako ukazatele kvality vody jsou v toku přítomny i v důsledku přírodních procesů, ke znečištění dochází tehdy, je-li jejich transport a uvolňování podmíněno lidskou činností.

3.2 Pesticidní látky

Pesticidy jsou syntetické organické látky, které představují prostředky k ochraně rostlin, živočichů a člověka před škůdci. Halešová (2017) popisuje pesticidy jako přípravky k tlumení a hubení rostlinných a živočišných škůdců. Aplikace pesticidů po celém světě je tvořena z 40% herbicidy, 33% představují insekticidy, zatímco 10% jsou fungicidy a 17% je klasifikováno jako jiné. Mnohé z těchto sloučenin, se mohou po aplikaci snadno odpařit díky svým fyzikálním vlastnostem (Stokstad a Grullón, 2013).

V současné době intenzivního zemědělství jsou nezbytnou součástí výroby. Jak uvádí Peters a kol. (2013), při jejich průniku do vodního prostředí působí negativně a zhoršují chemický a ekologický stav vodních toků. Pesticidy spolu s těžkými kovy, farmaky a produkty osobní péče (PPCPs) byly více než před 10-ti lety označeny za hlavní antropogenní stresory v útvarech povrchových vod (MEA, 2005). Ke znečištění a vstupu pesticidních látek do vodních útvarů dochází především prostřednictvím plošných zdrojů ze zemědělsky a lesnicky intenzivně obhospodařovaných pozemků (Lefrancq a kol., 2017).

Podle Evropského programu pro modelování pesticidů FOCUS, existují tři hlavní vstupy pesticidů do vodních toků z plošných zdrojů. Jedná se o vstupy povrchovým odtokem, drenážním odtokem a aerosolovým rozptylem. Identifikace a monitoring těchto zdrojů je velmi obtížný, neboť faktory a procesy, které ovlivňují působení těchto látek, jsou značně proměnlivé (Doppler a kol., 2014). Halešová (2017) popisuje další způsob, kterým se pesticidní látky a jejich metabolity dostávají do vodních zdrojů. Je to pomocí odpadních vod, které přitékají na ČOV. Zde však nejsou některé z nich dostatečně zachyceny či rozloženy a odtékají z ČOV do recipientů a není tak vyloučena kontaminace povrchových a podzemních vod.

Monitorovací studie prokazují, že průměrné hodnoty koncentrací pesticidů a jejich metabolitů přesahují limity pro obsah těchto látek povolených v surové vodě, která je určena pro výrobu pitné vody, někdy až několika násobně. Tímto výzkumem se zabývají např. Bereswill a kol., 2014, Lefrancq a kol., 2017, Sandin a kol. 2018, Grabic a kol., 2017 a mnoho dalších. Výsledky těchto studií dále dokazují, že největší množství pesticidních látek, se do vodních zdrojů dostává převážně při tzv. srážko-odtokových

epizodách, a to právě povrchovým odtokem nebo drenážními systémy ze zemědělských pozemků. Fučík a kol. (2017), zmiňují vyplavování pesticidních látek z půdy.

To je spojeno s řadou fyzikálních a chemických vlastností půdy, počasím, hydrologickými faktory, a s parametry užitých pesticidů. Nejvíce s jejich dávkami, načasováním aplikace, mobilitou (potenciálem vyplavení) a degradačními procesy těchto látek v půdě (Boithias a kol., 2014; Bundschuh a kol., 2014; Doppler a kol., 2014; Gassmann a kol., 2015; Lefrancq a kol., 2017; Klaus a kol., 2014).

Pesticidní látky, které se vyskytují v našich tocích, mají, jak již bylo řečeno původ především v činnostech současného zemědělství. Tyto látky jsou v nezanedbatelném množství využívány při pěstování řepky, kukuřice, řepy cukrovky, brambor, obilovin a dalších hospodářských rostlin. Jak uvádí Zajíček (2017), v České republice je používáno více než 400 druhů pesticidních přípravků, v roce 2017 byla celková spotřeba těchto látek 12 841 228 kg, l/ rok (graf č. 8.)

Jakost vod je ovlivněna obsahem pesticidních látek, kde se nacházejí ve vysokých koncentracích. Bohužel nejsou ušetřeny ani povodí vodárenských zdrojů. A právě přítomnost pesticidních látek v surové vodě představuje pro dnešní vodárenství závažný problém a v poslední době i hojně diskutované téma. Jak uvádí Zajíček (2017), v povodí Vltavy ať už v povrchových, drenážních, či podzemních vodách, se vyskytuje velké množství těchto látek. Jsou to především pesticidy triazinového typu, deriváty kyseliny močové, chloracetanilidové pesticidy, glysofáty a metabolity většiny uvedených látek. Původní formy pesticidních látek se mohou ve vodě měnit na jednotlivé metabolické produkty, které ve vodách přetrvávají dlouhou dobu. V současnosti se v tocích vyskytuje i mnoho nových pesticidů, které nahrazují látky používané dříve, dnes již zakázané. Jsou to např. látky pethoxamid, isoxaflutole, thien carbazon-methyl, bentazon a další nově registrované a používané látky. Ve vodohospodářských laboratořích státního podniku Povodí Vltavy se zabývají sledováním pesticidních látek v povrchových vodách již více než 10 let.

Této problematice je věnována praktická část této práce, neboť vliv těchto látek na proces úpravy a následnou kvalitu upravené vody spolu úzce souvisí. Kvalita pitné vody se v České republice v posledních letech mírně zlepšovala. Jak uvádí Jelingová (2018), tento vývoj se zastavil v roce 2015. Bylo vysledováno výrazněji

nedodržení NMH než v dřívějších letech. NMH je nejvyšší mezní hodnota podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. se jedná o hodnotu zdravotně závažného ukazatele jakosti pitné vody, v důsledku jejíhož překročení je vyloučeno použití vody jako pitné, neurčí-li orgán ochrany veřejného zdraví na základě zákona jinak. Jak uvádí Jelginová a kol. (2018), příčinou je především sledování většího počtu pesticidních látek a jejich metabolitů.

3.3 Zkoumané pesticidy

Zkoumané pesticidy tvoří tyto přípravky acetochlor, dimethachlor, chlorotoluron, isoproturon, metazachlor, metolachlor a terbuthylazin. Dle Světové zdravotnické organizace lze rozdělit pesticidy do pěti tříd nebezpečnosti, podle jejich toxicity vyjádřené jako LD50. Jedná se o přípustnou denní dávku v miligramech látky na kg tělesné hmotnosti pro laboratorní potkany, kteří jsou vystaveni chemické látce v potravě perorálně / perkutánně (vstřebáním pokožkou):

Ia - extrémně nebezpečné <5 / <50

Ib - vysoce nebezpečné 5-50 / 50-200

II - středně nebezpečné 50-2000 / 200-2000

III - málo nebezpečné nad 2000/ nad 2000

U – nepravděpodobné, že by představoval nebezpečí>5000.

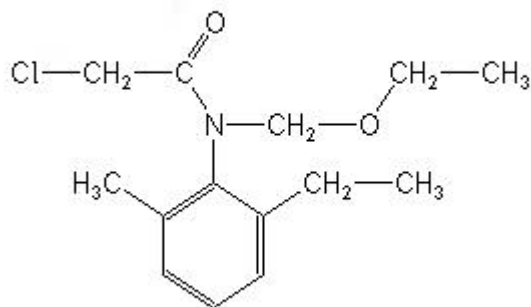
(WHO, 2009)

Acetochlor

systematický název:

(E)-N-[(6-chloro-3-pyridinyl)methyl]-N-cyano-N methylethanimidamide

strukturní vzorec:



toxická podoba:

ADI – Acceptable daily intake (mg/kg tělesné hmotnosti na den)	Vyhláška č. 232/2004 Sb.	WHO
0.0105	Neuveдено	III - málo nebezpečný

toxická	hodnota – medián (mg/l)	organismus	druh
LD50	2148	potkan	Potkan (<i>Ratus ratus</i>)
LC50	0.36	ryby	Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)
EC50	12.15	dafnie	Hrotnatka velká (<i>Daphnia magna</i>)

(ČHMÚ, 2019)

charakteristika:

Acetochlor patří do třídy herbicidů známých jako chloracetanilidy. Acetochlor v půdě rychle degraduje dvěma hlavními způsoby. První způsob spočívá ve vytěsnění chloruglutathionem a následný katabolismus vzniklého konjugátu, až na produkty acetochlorethansulfonic acid (ESA) a acetochlorsulfanylacetic acid (SAA). Druhý způsob je hydrolyticko-oxidační vytěsnění chlóru za vzniku alkoholu, který dále oxiduje na metabolit acetochloroxalinic acid. Chloracetanilidové herbicidy jsou v půdě či vodě degradovány na sloučeniny spolu s deriváty kyseliny sulfonové (ESA) a deriváty kyseliny karboxylové (OA). Jedná se o metabolity, které jsou více polární než samotné

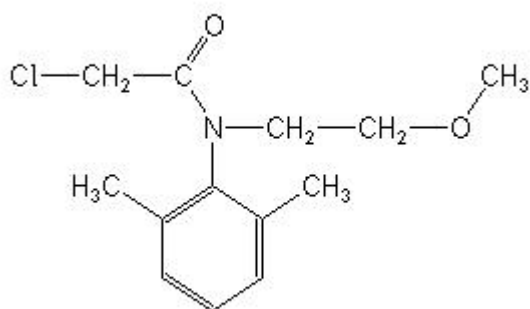
mateřské pesticidy. Využívá se pro kontrolu konkurenční vegetace při pěstování kukuřice. Jeho poločas rozpadu DT50 v půdě je 8 – 18 dní (Fučík a kol., 2017).

Dimethachlor

systematický název:

2-chloro-N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(2-methoxyethyl)acetamide

strukturní vzorec:



toxická podle:

ADI – Acceptable daily intake (mg/kg tělesné hmotnosti na den)	Vyhláška č. 232/2004 Sb.	WHO
0.12	Xn (zdraví škodlivý)	III - málo nebezpečný

toxická	hodnota – medián (mg/l)	organismus	druh
LD50	1700	potkan	Potkan (<i>Ratus ratus</i>)
LC50	3.9	ryby	Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)
LC50	8	ryby	Kapr obecný (<i>Cyprinus carpio</i>)
LC50	0.053	řasy	<i>Desmodesmus subspicatus</i>
LC50	19.1	dafnie	Hrotnatka velká (<i>Daphnia magna</i>)
EC50	24	dafnie	Hrotnatka velká (<i>Daphnia magna</i>)

(ČHMÚ, 2019)

charakteristika:

Dimethachlor patří do třídy herbicidů známých jako chloracetanilidy. Metabolizace v půdě probíhá stejným způsobem jako např. u acetochloru či alachloru. Hlavní metabolity jsou dimethachlorethansulfonic acid (ESA) a dimethachloroxalinic acid (OA). Jeho využití spočívá v tom, že zpomaluje klíčení plevelů, je přijímán kořeny,

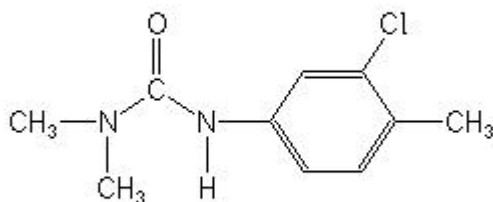
klíčky a děložními lístky. V ČR je nejčastěji využíván u řepky ozimé. Poločas rozpadu DT 50 v půdě je 4 – 15 dní (Fučík a kol., 2017).

Chlortoluron

systematický název:

N-(3-chloro-4-methylphenyl)-N,N-dimethylurea

strukturní vzorec:



toxická podle:

ADI – Acceptable daily intake (mg/kg tělesné hmotnosti na den)	Vyhláška č. 232/2004 Sb.	WHO
0.04	Neuvedeno	U – pravděpodobně bezpečný

toxická	hodnota - medián (mg/l)	organismus	druh
LD50	10000	potkan	Potkan (<i>Ratus ratus</i>)
LC50	27.5	ryby	Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)
EC50	41.667	ryby	Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)
LC50	100	ryby	Kapr obecný (<i>Cyprinus carpio</i>)
EC50	0.024	řasy	<i>Desmodesmus subspicatus</i>
LC50	67	dafnie	Hrotnatka velká (<i>Daphnia magna</i>)
EC50	67	dafnie	Hrotnatka velká (<i>Daphnia magna</i>)

(ČHMÚ,2019)

charakteristika:

Chlortoluron je fenylureový herbicid. Hlavními metabolity jsou chlortolurondesmethyl a 3-chlor-4-methylanilin. Využívá se pro preemergentní a postemergentní kontrolu

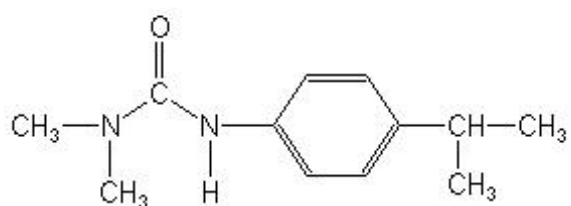
šírokolistých a travních plevelů při pěstování především zimních obilovin. Jeho poločas rozpadu DT 50 v půdě je 30 - 52 dní (Fučík a kol., 2017).

Isoproturon

systematický název:

N,N-dimethyl-N-[4-(1-methylethyl)phenyl]urea

strukturní vzorec:



toxická podle:

ADI – Acceptable daily intake (mg/kg tělesné hmotnosti na den)	Vyhláška č. 232/2004 Sb.	WHO
0.015	Xn (zdraví škodlivý)	III - málo nebezpečný

toxická	hodnota - medián (mg/l)	organismus	druh
LD50	1973.75	potkan	Potkan (<i>Ratus ratus</i>)
LC50	37	ryby	Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)
LC50	193	ryby	Kapr obecný (<i>Cyprinus carpio</i>)
EC50	0.04525	řasy	<i>Desmodesmus subspicatus</i>
LC50	507	dafnie	Hrotnatka velká (<i>Daphnia magna</i>)
EC50	1	dafnie	Hrotnatka velká (<i>Daphnia magna</i>)

(ČHMÚ, 2019)

charakteristika:

Isoproturon je fenylureový herbicid, je stabilní ve vodním prostředí za mírných teplot a v rozmezí pH 4-10. Chemická degradace je málo významná i v zemědělské půdě. Hlavní metabolická cesta spočívá v postupném odštěpení methylových skupin (n-dealkylace), následuje hydrolýza na anilinový derivát. Hlavními metabolity jsou isoproturonmonodesmethyl (MDIPU), isoproturondesmethyl (DDIPU) a 4-isopropyl-

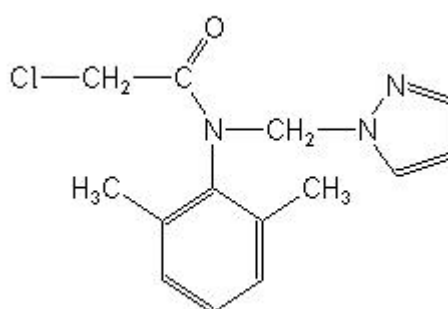
aniline (4IA). Využíván je proti širokolistým a travním plevelům při pěstování obilovin. Poločas rozpadu DT 50 v půdě je 6 – 28 dní (Fučík a kol., 2017).

Metazachlor

systematický název:

2-chloro-N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(1H-pyrazol-1-ylmethyl)acetamide

strukturní vzorec:



toxická podle:

ADI – Acceptable daily intake (mg/kg tělesné hmotnosti na den)	Vyhláška č. 232/2004 Sb.	WHO
0.036	Neuvedeno	U - pravděpodobně bezpečný

toxická	hodnota - medián (mg/l)	organismus	druh
LD50	2075	potkan	Potkan (<i>Ratus ratus</i>)
LC50	8.5	ryby	Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)
LC50	33.7	dafnie	Hrotnatka velká (<i>Daphnia magna</i>)
EC50	33	dafnie	Hrotnatka velká (<i>Daphnia magna</i>)

(ČHMÚ, 2019)

charakteristika:

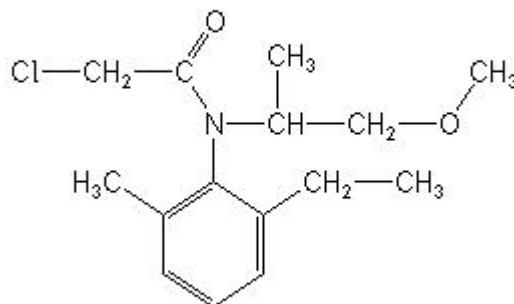
Metazachlor patří mezi chloracetanilidy. Hlavními metabolity jsou metazachlorethanesulfonic acid (ESA) a metazachloroxalamic acid (OA). Využívá se k hubení jednoděložných a dvouděložných plevelů v řepce olejce ozimé, poločas rozpadu DT 50 v půdě 3 – 21 dní (Fučík a kol., 2017).

Metolachlor

systematický název:

2-chloro-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)-N-(2-methoxy-1-methylethyl)acetamid

strukturní vzorec:



toxicita podle:

ADI – Acceptable daily intake (mg/kg tělesné hmotnosti na den)	Vyhláška č. 232/2004 Sb.	WHO
0.1	Neuvedeno	III - málo nebezpečný

toxicita	hodnota - medián (mg/l)	organismus	druh
LD50	1744.75	potkan	Potkan (<i>Ratus ratus</i>)
LC50	3.45	ryby	Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)
LC50	4.9	ryby	Kapr obecný (<i>Cyprinus carpio</i>)
EC50	28.6	řasy	<i>Desmodesmus subspicatus</i>
LC50	25	dafnie	Hrotnatka velká (<i>Daphnia magna</i>)
EC50	23.725	dafnie	Hrotnatka velká (<i>Daphnia magna</i>)

(ČHMÚ, 2019)

charakteristika:

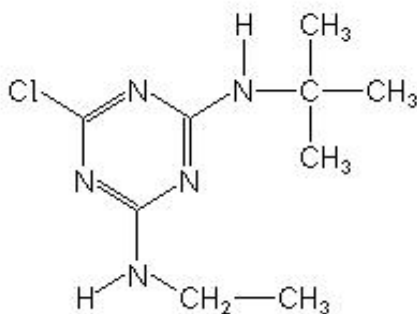
Metolachlor patří do skupiny chloracetanilidů. Hlavními metabolity jsou metolachlorethanesulfonic acid (ESA) a metolachloroxalamic acid (OA). Využívá se na regulaci plevelů v kukuřici. Jeho poločas rozpadu DT50 v půdě je 15 – 70 dní (Fučík a kol, 2017).

Terbuthylazin

systematický název:

6-chloro-N-(1,1-dimethylethyl)-N-ethyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine

strukturní vzorec:



toxicita podle:

ADI – Acceptable daily intake (mg/kg tělesné hmotnosti na den)	Vyhláška č. 232/2004 Sb.	WHO
0.0022	Xn (zdraví škodlivý) N (nebezpečný pro životní prostředí)	U – pravděpodobně bezpečný

toxicita	hodnota - medián (mg/l)	organismus	Druh
LD50	1795	potkan	Potkan (<i>Ratus ratus</i>)
LC50	4.2	ryby	Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)
LC50	7	ryby	Kapr obecný (<i>Cyprinus carpio</i>)
LC50	0.016	řasy	<i>Desmodesmus subspicatus</i>
EC50	0.018	řasy	<i>Desmodesmus subspicatus</i>
LC50	35.95	dafnie	Hrotnatka velká (<i>Daphnia magna</i>)
EC50	21.1	dafnie	Hrotnatka velká (<i>Daphnia magna</i>)

(ČHMÚ, 2019)

charakteristika:

Terbuthylazin patří do skupiny pesticidů na bázi triazinů. Jeho majoritním metabolitem je terbuthylazin-2-hydroxy. Využívá se proti širokolistým a travním plevelům při pěstování kukuřice, poločas rozpadu DT50 v půdě je 30 – 116 dní (Fučík a kol., 2017).

3.4 Hodnocení jakosti povrchových vod

Hodnocení povrchových vod se provádí podle jejich fyzikálních, chemických a biologických vlastností (Pošta a kol., 2005). Tyto ukazatele upravuje norma ČSN 75 7221 – Klasifikace jakosti povrchových vod.

Tato norma je dělí do pěti jakostních tříd:

I. třída – velmi čistá voda – vhodná pro všechny užití

II. třída – čistá voda – vhodná pro většinu užití

III. třída – znečištěná voda – vhodná obvykle pro zásobování průmyslu

IV. třída – silně znečištěná voda – vhodná jen pro omezené účely

V. třída – velmi silně znečištěná voda – nevhodná pro užití

Dále je hodnocení jakosti povrchových vod upraveno nařízením vlády č. 401/2015, kterým se mění nařízení vlády č. 23/2011Sb., 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, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb.

Ve výše uvedených předpisech, jsou uvedeny průměrné a maximální přípustné hodnoty ukazatelů jakosti vod. Podle této klasifikace se jednotlivé skupiny ukazatelů v povrchových vodách dělí na 6 skupin.

<u>Skupina ukazatelů</u>	<u>označení skupiny</u>
kyslíkového režim	A
základní chemické a fyzikální	B
doplňující chemické	C
těžké kovy	D
biologické a makrobiologické	E
radioaktivity	F

Do skupiny ukazatelů kyslíkového režimu patří např. rozpuštěný kyslík, hodnota BSK₅, CHSK_{Mn}, nebo CHSK_{Cr}. Mezi chemické a fyzikální ukazatele patří pH, nerozpuštěné látky, rozpuštěné látky, vodivost, amoniakální dusík, dusičnanový dusík a fosfor. Doplnující ukazatele, jak uvádí Janda a Strnadová (1999) zastupují vápník, hořčík, chloridy, sírany a fosfor. Ukazatele těžkých kovů můžeme uvést např. rtuť, kadmium, olovo či arsen. K ukazatelům biologickým a mikrobiologickým řadíme termotolerantní (fekální) koliformní bakterie, intestinální (střevní) enterokoky a bakterie *Escheria coli*. Poslední skupinu ukazatelů radioaktivity uzavírají tyto ukazatele: celková objemová aktivita alfa, celková objemová aktivita beta, radium 226 tritium, stroncium 90 a cesium 137.

Zařazení jakosti vody do jednotlivých tříd jakosti vody je provedeno výpočtem charakteristické hodnoty pro sledovaný ukazatel, který je porovnán s hodnotou ukazatele v dané třídě jakosti (Janda a Strnadová, 1999). Charakteristická hodnota ukazatele jakosti vody je hodnota s pravděpodobností nepřekročení 90%. U rozpuštěného kyslíku se jedná o hodnotu s pravděpodobností překročení 90% (tj. pravděpodobnost nepřekročení 10%). Tato hodnota je vypočítaná ze souboru s rozsahem minimálně 24 hodnot, což při běžné četnosti odběrů 12 x za rok představuje pozorování v období dvou let (Sušienková, 2017).

Jakostně lze vody rozdělit dle jejich využití, a to na vodu:

- *pitnou*: tato voda je určena primárně pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou, využívá se na pití, vaření a je také využívána při výrobě nápojů v potravinářském průmyslu.

- *užitkovou*: tato voda je hygienicky nezávadná, není však určena k pití a vaření. Ze zdravotního hlediska jsou na vodu užitkovou kladeny stejné nároky jako na vodu pitnou, některé požadavky jsou však mírnější. Mohou být i přísnější vzhledem k tomu, že se užitková voda nesmí stát možným článkem přenosu různých chorob prostřednictvím patogenních organismů ohrožujících zdraví člověka např. při kropení silnic, chodníků a vegetace ve městech. Velká pozornost je věnována zejména vodám využívaným k rekreačním účelům, kde se voda dostává do přímého kontaktu s fyzickou osobou (Ambrožová, 2003).

- *provozní*: s touto vodou se setkáváme nejčastěji v různých provozech, průmyslu či v zemědělství. Jedná se o vodu, která plní nejrůznější funkce od mytí, chlazení, hydraulickou dopravu či zavlažování (Pošta a kol. 2005).

Množství látek, které znečišťují povrchové vody je velmi rozsáhlé, jak uvádí Langhamer (2002), můžeme je rozdělit a klasifikovat. Obecně jsou využívány dva hlavní přístupy. Je to přístup analytický a holistický. *Analytický přístup* hodnotí kvalitu vody sledováním tzv. fyzikálně – chemických vlastností vody. *Holistický přístup* jinak také celostní, hodnotí kvalitu vody na základě celkového stavu vody získaného z nepřímých ukazatelů. Mezi hodnocení vlastností jakosti vod, můžeme zařadit také tzv. organoleptické a fyzikální vlastnosti vody. Jedná se o takové vlastnosti, které na první pohled ovlivňují smyslový vjem. Je to především barva vody, pach a chuť, zákal a teplota. Některé z těchto organoleptických vlastností lze stanovit objektivně, jak uvádí Horáková (2003), tzv. instrumentální analýzou jedná se o barvu, teplotu a zákal. Další hodnocení lze provést pomocí smyslových orgánů tzv. senzoričnou analýzou (pach a chuť vody). Důležitost senzoričného zkoumání vody uvádí Horáková (2003), a to

z důvodu, že některé typy sloučenin mohou působit smyslové obtíže i v nižších koncentracích, než je analytická mez stanovitelnosti.

3.5 Pesticidy v legislativě

Problematika pesticidů je v české legislativě zaštitěna těmito zákony a vyhláškami:

- zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů
- vyhláška č. 32/2012 Sb., o obecných zásadách integrované ochrany rostlin
- vyhláška č. 83/2014 Sb., která stanovuje hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody
- vyhláška č. 205/2012 Sb., o obecných zásadách integrované ochrany rostlin

NAP – Národní akční plán k bezpečnému používání pesticidů v ČR 2018 - 2022

Národní akční plán k bezpečnému používání pesticidů je soubor opatření, kterým je ve členských státech EU realizován program snížení nepříznivého vlivu přípravků na ochranu rostlin, na zdraví lidí a životní prostředí. Podle čl. 4 směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/128/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství za účelem dosažení udržitelného používání pesticidů, každý členský stát připraví vlastní národní akční plán a sdělí jej Evropské komisi a ostatním členským státům

NAP stanoví kvantitativně měřitelné úkoly, průběžné i konečné cíle, opatření a harmonogramy pro snížení rizik a omezení dopadů používání přípravků na lidské zdraví a životní prostředí, s cílem podpořit vývoj a zavádění integrované ochrany rostlin a alternativních přístupů nebo postupů, aby se snížila závislost na používání přípravků. NAP zohledňuje plány, které jsou pro používání pesticidů stanoveny jinými právními

předpisy Společenství, jako například opatření podle směrnice EP a Rady 2000/60/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

Při vypracování a revizi NAP je přihlíženo k dopadům na veřejné zdraví, dopadům zamýšlených opatření v hospodářské a sociální oblasti, a v oblasti ŽP. Konkrétně je přihlíženo i na celostátní, regionální a místní podmínky a oprávněné zájmy všech zúčastněných stran (NAP, 2018).

NAP 2013 - 2017

Jak uvádí Hušková (2017), od samého začátku se program potýkal s nedostatky. I když se podařilo vyčlenit důležité dílčí cíle pro oblast ochrany voda k těmto cílům stanovit opatření a k nim odpovědné garanty, při realizaci nebyla ochraně vod věnována náležitá pozornost. Tak byly některé cíle splněny jen z části, některé však vůbec. Celkem nedošlo k naplnění 15-ti cílů. Garantem za plnění bylo stanoveno ministerstvo zemědělství. Pozitivním výsledkem může tedy být alespoň to, že pesticidy ve vodním hospodářství začaly být otevřené a diskutované téma. V reakci na to došlo k otevření dialogu mezi ministerstvy, SZÚ, ČHMÚ, ÚKZÚZ, výzkumným ústavem rostlinné výroby, státními podniky Povodí, rostlinolékaři, zástupci hospodářských subjektů a v neposlední řadě spolkem SOVAK ČR a provozovateli vodovodů.

3.6 Znečištění povrchových vod v ČR

Znečištění povrchových vod v České republice je poměrně dlouho sledováno. Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s ministerstvem životního prostředí každoročně vydává Zprávu o stavu vodního hospodářství České republiky tzv. Modrou zprávu. V této zprávě jsou popsány trendy a vývoje, dosažené v oblastech vodního hospodářství. Mimo jiné jsou zde uvedeny zdroje bodového a plošného znečištění. Jako bodové zdroje znečištění jsou uvedeny města a obce, průmyslové závody a objekty soustředěné zemědělské živočišné výroby. Mezi plošné zdroje, které ovlivňují jakost povrchových vod, patří podle (2018) znečištění ze zemědělské činnosti, atmosférické depozice a erozní splachy z povrchu. Jak dále uvádí MZe, vodní erozí je v ČR ohroženo

60% zemědělských ploch. Využití plochy v povodí řek ovlivňuje kvalitu vody. Jak ovlivňuje využití půdy, kvalitu pitné vody zkoumali ve své práci např. Selle a kol., 2013; Carey a kol., 2013; Baker, 2006; Allan, 2004.

Kändler, (2017) provedl studii v povodí řeky Nisy. Kvalita v povodí je dlouhodobě označována jako špatná, neboť je historicky poznamenána těžbou uhlí, uhelnými elektrárnami a průmyslem. Vzorky byly odebírány na 29 lokalitách s různým využitím půdy. Odběry vzorků probíhaly jednou týdně od 25. 9. 2012 do 24. 9. 2013. Sledovány byly koncentrace 25 chemických parametrů. Výsledek prokázal, že orná půda má vliv na kvalitu vody, pokud v povodí zastupuje plochu větší než 40%. Naopak pozitivní vliv na kvalitu vody v řece, mají zalesněné plochy. V povodí, kde 70% představují lesy, byly nalezeny nižší koncentrace živin a těžkých kovů.

Ferenčík (2017), zkoumal výskyt pesticidů ve vodní nádrži Vrchlice. Z této nádrže je surová voda vedena potrubím do Úpravny vody U svaté Trojice v Kutné hoře. Na této úpravně proběhla v letech 2014 – 2015 rekonstrukce, jako reakce na zhoršenou kvalitu surové vody. V surové vodě přiváděné z VN Vrchlice, byl zaznamenán zvýšený výskyt pesticidů, organoleptické závady způsobené vodním květem, zvýšené hodnoty manganu a amoniaku. V rámci rekonstrukce, byla v úpravně nově přidána filtrace přes granulované aktivní uhlí.

Řeka Vrchlice tvoří 80 % přítoku do nádrže spolu se soutokem řeky Klejnárky. Zbýlých 20% tvoří potoky. V povodí řeky Vrchlice, jehož velikost je 9760 ha, z toho tvoří 57 % (5611 ha) zemědělská půda. Zemědělská činnost, je zaměřena jak na rostlinou tak i živočišnou výrobu. Odběry vzorků surové vody z vodní nádrže Vrchlice, probíhaly v letech 2013 – 2017. V rámci studie byly zmapovány hodnoty nejčastěji se vyskytujících pesticidů. Jedná se konkrétně o výskyt terbutylazinu, metolachloru, acetochloru, bentazonu, chlortoluronu, isoproturonu, metazachloru a dimetachloru čili pesticidních látek aplikovaných na kukuřici, obiloviny a řepku. Z výsledků stojí za zmínku hodnoty acetochloru. Po ukončení jeho registrace a následném zákazu používání, v roce 2013 došlo k jeho postupnému vymizení ze surové vody ve vodní nádrži Vrchlice. Jeho ESA metabolity, jsou však stále přítomny ve stovkách ng/l během celého roku Ferencík (2017).

3.7 Znečištění povrchových vod v zahraničí

Současný trend zvyšování produkce potravin v souvislosti s rychle rostoucí populací přímo souvisí se zvýšeným užíváním chemických hnojiv a pesticidů. Rozvinuté země mají tendenci, snižovat množství látek aplikovaných k ochraně rostlin, rozvojové země jdou opačným směrem, a často používají pesticidy, které jsou zakázány nebo omezeny. V tropických oblastech Ekvádoru se pesticidy využívají v masivním množství jak na malých, tak i na velkých průmyslových plantážích při pěstování banánů, rýže, kávy a bavlny (Carvalho, 2006).

Deknock a kol. (2019), provedl studii na vyhodnocení kontaminace Ekvádorského sladkovodního prostředí v povodí řeky Guayas. Jako hlavní zdroje znečištění povrchových vod pesticidy uvádí např. letecké postřiky, kdy drtivá většina aplikovaných pesticidů nedosáhne svého cíle a dále přímá aplikace pesticidů do vody při zavlažování rýžových polí. Ve své studii Deknock a kol. (2019), uvádí, že podle údajů Food and Agricultural Organization of the United Nations, byla v Ekvádoru v období 2010-2014 průměrná roční spotřeba pesticidů 15630 tun. Deknock a kol. (2019), dále zmiňuje, že strategie v boji proti škůdcům či ekologické zemědělství je zde na velmi nízké úrovni, kvůli nedostatku informací a vzdělání. V červenci roku 2016 bylo sledováno 181 míst, kde byly odebrány vzorky. 31 míst se nacházelo v nádrži Daule – Peripa, kde je umístěna elektrárna a nádrž slouží také pro zavlažování a 15 v přírodní rezervaci Manglares Churrute v ústí řeky Guayas, zbylá místa se nacházela přímo na řece Guayas. Před odběrem vzorků bylo vybráno 83 relevantních pesticidů. Vzorky zpracovala univerzita v Guayaquilu. Výsledky studie ukazují, že ve 108 vzorcích (ze 181) bylo objeveno až 26 různých pesticidních látek. Ve 104 případech se jednalo o pesticidy přímo ve vzorku vody. Některé pesticidy zůstaly odděleny při filtrování vody na filtrech ze skleněných mikrovláken. Mezi tři nejvíce rozšířené pesticidy patří cadusafos (62 míst), butachlor (21 míst) a pendimethalin (21 míst). Jak dále uvádí Deknock a kol. (2019) během doby odbírání vzorků, nebyly zaznamenány žádné deště, proto se případné výsledky v období dešťů mohou zásadně lišit a mít vliv na celkovou kvalitu vody.

Analýzu pesticidů v povrchových vodách v Georgii na jihu USA, provedl Glinski a kol., (2018). Průzkum probíhal v období od února 2015 do ledna 2016. Vzorky byly odebírány na deseti různých místech v soustavě potoků a rybníků, které jsou spolu vzájemně propojeny. V každém odebraném vzorku bylo analyzováno 32 vybraných pesticidů. V jednom vzorku vody, bylo detekováno celkem deset herbicidů, jedenáct fungicidů, pět insekticidů, a jeden odpuzovač ptáků. Nejčastěji nalezeným pesticidem byl metolachlor, jeho nejvyšší naměřená hodnota v povrchové vodě byla 10,50 $\mu\text{g/l}$. Jedním z dalších analyzovaných pesticidů byl acetochlor jehož nejvyšší hodnota byla 0,46 $\mu\text{g/l}$.

Pro porovnání můžeme uvést hodnotu naměřenou v řece Vltavě v roce 2012, kdy maximální hodnota metolachloru byla 0,15 $\mu\text{g/l}$ a maximální hodnota acetochloru byla 0,069 $\mu\text{g/l}$ viz tabulka č. 1.

Metolachlor je aplikován jako preemergentní herbicid na arašidy a bavlnu. V ČR je využíván např. k regulaci plevelů při pěstování kukuřice. Aplikace probíhá postřikem z traktorů. Právě zasažení necílových oblastí při postřiku může mít za následek kontaminaci těchto míst. Nejvíce se tak stává po deštích, které oplachují aplikovaný postřik z listů a odplavují ho. Jak uvádí Glinski a kol. (2018) právě odplavení má za následek zvýšenou koncentraci těchto látek, v okolních mokřadech či potocích.

Zemědělská činnost nemusí být jediným zdrojem znečištění povrchových vod pesticidy. Jak dokazuje studie Masiá a kol. (2013), zaměřená na sledování v současnosti nejpoužívanějších pesticidů v povrchových vodách, sedimentech a říční biotě na řece Guadalquivir ve Španělsku. Průzkum probíhal v letech 2010 a 2011 po celé délce řeky. Výsledky ukázaly, že pesticidy byly rozšířeny v povrchových vodách, sedimentech ale nikoliv však v rybách. Dále bylo prokázáno, že jedním z významných zdrojů znečištění říčních toků pesticidy, představují čistírny odpadních vod.

Dwivedi a kol. (2018) provedli rozsáhlý přehled zdrojů a úrovně organického, anorganického a mikrobiálního znečištění ve vodách řeky Gangy za účelem vyhodnocení změn obsahu různých znečišťujících látek. Došlo k porovnání stavu z let 2008 – 2018. Práce se zaměřila na těžké kovy, pesticidy a metaloidy. Obsah pesticidů se za posledních deset let výrazně snížil. Velkou zásluhu na tom má zřízení Národního

úřadu pro říční povodí Gangy (NGRBA) v roce 2009. I přesto se některé látky drží nad povolenou hodnotou. Naopak anorganických znečišťujících látek byl za poslední desetiletí pozorován výrazný nárůst koncentrací, zejména u látek karcinogenních, konkrétně se jedná o chrom, kadmium, olovo a arsen. Výsledky ukázaly, že se anorganické znečištění vody v řece každým dnem zvyšuje. Hlavním zdrojem znečištění jsou nečištěné odpadní vody. Dlouhotrvající problémy narušili vlastnosti a život v řece, od samočištění až po vodní faunu. Přímé nebo nepřímé využívání kontaminované vody, či konzumace otrávených ryb může způsobit zdravotní problémy, v některých případech až rakovinu. Zde jsou karcinogenní látky v rybách obsaženy na rozdíl od pesticidních látek, které studie Glinski a kol. (2018), v rybách neobjevila.

Weber a kol., (2018) provedl analýzu vodních útvarů na koncentraci přípravků na ochranu rostlin. Jednalo se o povodí 23 potoků v oblasti Sárska v jihovýchodním Německu. Při výběru oblasti a určení míst pro jednotlivé odběry, byla vybrána místa, která splňovala tyto podmínky: jednalo se převážně o zemědělskou půdu, nebyly zde žádné bodové zdroje znečištění (čistírny odpadních vod, atd.), v okolí povodí se nenacházela žádná městská sídla, ani větší stavby dopravní infrastruktury, tok měl dostatečnou šířku a hloubku a byl zde trvalý průtok. Zemědělská plocha v povodí byla převážně využívána k pěstování obilí, kukuřice a řepky. Vzorky byly odebírány v roce 2016 během vegetačního období, v dubnu, květnu a říjnu. V tuto dobu je používána většina pesticidů. Celkem bylo zjištěno 23 pesticidních látek a 14 jejich metabolitů.

Výsledky studie přinesly zajímavá zjištění. Vysoké koncentrace antrazinu byly objeveny na 8 z 23 vzorkovacích místech. Antrazin byl v Německu používán, jako přípravek na ochranu rostlin při pěstování zejména kukuřice. V březnu roku 1991 byl vzhledem k jeho negativním účinkům zejména na vodní organismy zakázán. Za povšimnutí stojí také naměřené hodnoty látek isproturonu, metazachloru a terbuthylazinu, které jsou používány také v České republice.

Isoproturon je v ČR i v Německu využíván jako přípravek na hubení plevelů při pěstování obilí. Jeho nejvyšší naměřené hodnoty, jaké uvádí Weber a kol., (2018) byly 0,285 $\mu\text{g/l}$. Nejvyšší naměřené hodnoty v zájmovém území představovali 0,13 $\mu\text{g/l}$. Nejvyšší naměřená koncentrace metazachloru, který je v obou zemích používán při pěstování kukuřice a řepky, dosahovala v oblasti Sárska 1,242 $\mu\text{g/l}$, jeho nejvyšší

povolená hodnota v povrchových je stejně jako v ČR 0,4 µg/l. Nejvyšší naměřená hodnota v zájmovém území v řece Vltavě byla 0,04 a to v roce 2012.

Poslední porovnání, zastupují nejvyšší naměřené hodnoty terbuthylazinu. V Sársku v roce 2016 byla naměřena nejvyšší hodnota 0,020 µg/l, v zájmovém území byly hodnoty následující, v roce 2012 – 21 µg/l, v roce 2013 – 27 µg/l a v roce 2014 - 11 µg/l. V roce 2017 dosáhla koncentrace terbuthylazinu stejné hodnoty jako v roce 2016 v Sársku, tedy 0,020 µg/l.

Jak uvádí Weber a kol., (2018), výsledky práce dokazují, že nejnižší koncentrace naměřených látek, byly zjištěny u těch vodních útvarů, které ve svém povodí obsahovali vysoký podíl zalesněné plochy. Naopak povodí s vysokým podílem plochy se zemědělským využitím, mají hodnoty koncentrací daleko vyšší.

4. Popis lokality

4.1 Povodí Dolní Vltavy

Oblast povodí Dolní Vltavy je vymezena vyhláškou MZe č. 292/2002 Sb., o oblastech povodí, ve znění vyhlášky č. 390/2004 Sb. Tato oblast se nachází převážně v pahorkatinné a vrchovinné oblasti středních Čech. Ve své dolní části je vystřídána rovinným územím mezi Vltavou a Labem. Celková plocha oblasti povodí Dolní Vltavy činí 7 249,12 km². Hlavním tokem této oblasti je řeka Vltava. Její nejvýznamnější přítoky tvoří řeka Sázava a Berounka. Mezi další přítoky patří Mastník, Kocába, Rokytka nebo Bakovský potok. Oblast povodí Dolní Vltavy zasahuje celkem do pěti krajů. Je to kraj Středočeský, Jihočeský, Ústecký, kraj Vysočina a převážně pak Hlavní město Praha. Zde se také nachází Podolská vodárna, konkrétně na 56,3 ř. km.



Obrázek č. 1 – Mapa povodí Dolní Vltavy, zdroj: Povodí Vltavy, s. p.

4.2 ÚV Podolí - Historie Podolské vodárny

V prostoru stávající úpravy vody Podolí bylo první vodárenské zařízení, zajišťující zásobení Prahy pitnou vodou z Vltavy, vybudováno v roce 1885 s výkonem 231 l/s. Voda byla čerpána do VDJ Karlov. V roce 1908 byla čerpací stanice rozšířena na výkon 346 l/s. Voda nebyla odebírána přímo z toku, ale ze studní umístěných v těsné blízkosti vedle staré čerpací stanice.

V letech 1925-1929 byla vybudována tzv. Stará úprava vody zahrnující starou filtraci, provozní budovu a starou strojovnu s výkonem 405 l/s. Později byl tento výkon zvýšen na 900 l/s. V roce 1931 byla zavedena úprava říční vody za pomoci síranu hlinitého. Filtraci předcházely směšovací nádrže na dávkování síranu hlinitého a reakční a usazovací nádrž.

"Nová úprava vody" v její dnešní podobě byla dokončena v roce 1966, výstavba probíhala od roku 1956, výkon nové úpravy byl 1600 l/s. Vzhledem k tomu, že bylo možné využít filtry i ve staré filtraci, zvýšil se výkon úpravy vody

na 2100 l/s. Tento výkon byl postupně zvyšován, v roce 1970 na 2600 l/s a v roce 1976 po další úpravě až 2850 l/s. Významné rekonstrukce následovaly v roce 2000, a v roce 2016, kdy proběhla rekonstrukce čističů. Další rekonstrukce a úpravy procesů k úpravě vody tak i k její další distribuci probíhají v současné době. Od roku 2002 slouží Podolská vodárna jako náhradní zdroj, pro případ výpadku dodávky vody z úpraven vod v Káraném a na Želivce nebo při ekologické havárii v povodí řeky Jizery a Želivky.

4.3 Současný proces úpravy vody v ÚV Podolí

Proces úpravy vody v ÚV Podolí je dvoustupňový. Jedná se o procesy fyzikálně-chemické a mechanické. Fyzikálně-chemické procesy představují čističe a chemické hospodářství, mechanické procesy zastupují pískové rychlofiltry, které představují jeden z posledních kroků úpravy.

4.4 I. Stupeň úpravy

4.5.1 Odběr surové vody

Odběr surové vody je zajišťován odběrným objektem na Veslařském (Schwarzenberském) ostrově. Na přítoku se nachází hrubé česle. Dále je voda vedena gravitačně dvojitým železobetonovým kanálem pod čerpací stanicí surové vody, kde jsou umístěny jemné česle. Jemné česle jsou určeny pro zachycení jemných plovoucích nečistot. Česle jsou strojně stírané se šterbinovým sítem šíře 5 mm. Česle slouží k zachycení jemných nečistot větších jak 5 mm, které jsou unášeny ve vodě. Součástí česlic je stírací zařízení s čistícím kartáčem, ke kterému je přivedena tlaková voda. Shrabky z česlí jsou plaveny otevřeným žlabem do drtiče shrabků, a z něj jsou s vodou následně čerpány přes kalové čerpadlo se zpětnou klapkou do kanalizace (PVK, a. s., 2017).



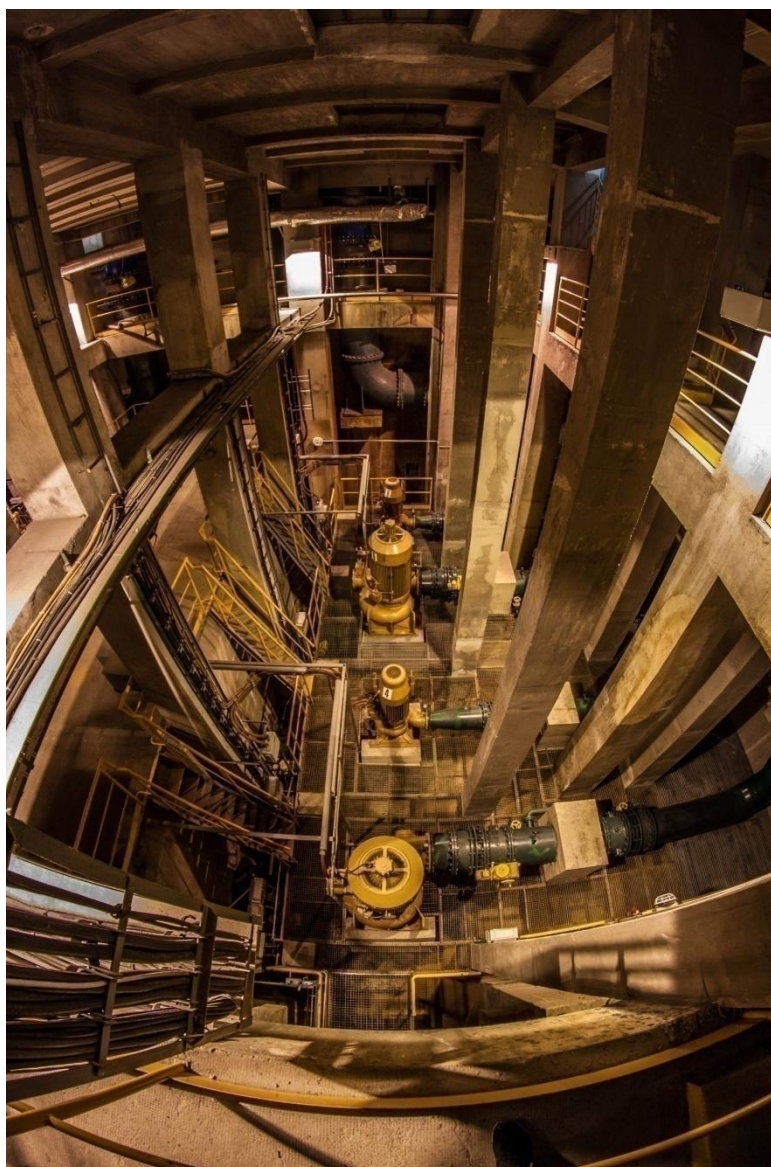
Obrázek č. 2 – Jímací objekt na Schwarzenberském ostrově, zdroj: autor



Obrázek č. 3 – Jemné česle umístěné před čerpací stanicí surové vody, zdroj: autor

4.5.2 Čerpací stanice surové vody

Čerpací stanice surové vody odebírá surovou vodu ze sacích jímek, kterými je zakončen přívodní železobetonový kanál. Z těchto jímek je surová voda čerpána osmi čerpadly. Výkony jednotlivých čerpadel se pohybují v rozmezí od 250 l/s až po 800 l/s. Třemi výtlačnými řady je voda čerpána do tzv. chloroxidérů. Tato čerpací stanice vybudovaná při rozšiřování ÚV Podolí nahradila původní čerpací stanici surové vody, která se nacházela ve staré strojně. Hlavní rozdíl je v čerpání vody. V současné době se čerpá surová voda přímo z Vltavy, v předchozích letech se čerpala voda z uměle vytvořených studní, kam se infiltrovala říční voda. (PVK, a. s., 2017).



Obrázek č. 4 – Čerpadla č. 2, 4, 6 a 8 umístěné v čerpací stanici surové vody, zdroj: autor

4.5.3 Chloroxidery

Chloroxidery byly vybudovány v 50. letech při rozšiřování úpravny. Nádrže byly původně navrhovány jako technologický stupeň související s předchlorací. Tento záměr však nebyl nikdy naplněn. V ÚV Podolí je v současné době šest chloroxidérů používáno jako přerušovací nádrže mezi čerpací stanicí surové vody a čističi. Tyto nádrže jsou rozděleny tak, že pro čističe č. 1 a 2 jsou využívány dvě nádrže a pro čističe č. 3 - 9 jsou využívány zbylé čtyři nádrže. Zde je technologická linka rozdělena na dvě

části. Na linku přes čířiče č. 1 – 2, které ústí na novou filtraci kam je voda vedena řadem DN 800 max. 340 l/s a na linku přes čířiče č. 3 – 9, které ústí na starou filtraci, kam je voda vedena dvěma řady DN 1000 max. 2310 l/s. V rámci rekonstrukce byly na chloroxiderech provedeny stavební úpravy (PVK, a. s., 2017).

4.5.4 Čířiče

Čířiče v úpravně vody Podolí tvoří první separační stupeň. Umístěno je zde celkem 9 kruhových čířičů typu Bělský - Binar, z toho dva čířiče č. 1 a 2 jsou umístěny ve spodní galerii a 7 čířičů č. 3 - 9 je umístěno v horní galerii. Čířiče č. 1 - 6, jsou projektovány na výkon 250 l/s, objem čířičů je 1500m³, čířiče č. 7 – 9 mají výkon 330 l/s, a jejich objem je 2000m³ (PVK, a. s., 2017).



Obrázek č. 5 – Pohled na čířiče č. 3 -6, zdroj: autor

Surová voda je přiváděna na čičiče tlakovým kanálem zchloroxideru. Na přívodu z betonového kanálu do čičiče jsou před přítokem vody umístěny mísiče HELAX, před které je dávkován koagulant. V hydraulických rychlomísičích, které jsou pro každý čičič dva, je provedena homogenizace. Voda je od hydraulických rychlomísičů vedena přívodným potrubím do dna střední části čičiče. Čičič se skládá ze tří částí: střední - reakční zóny, mezikruží - flokulační zóny a vnější - sedimentační zóny s prostorem pro vytvoření vločkového mraku a odběrem vyčiřené vody nad ním.

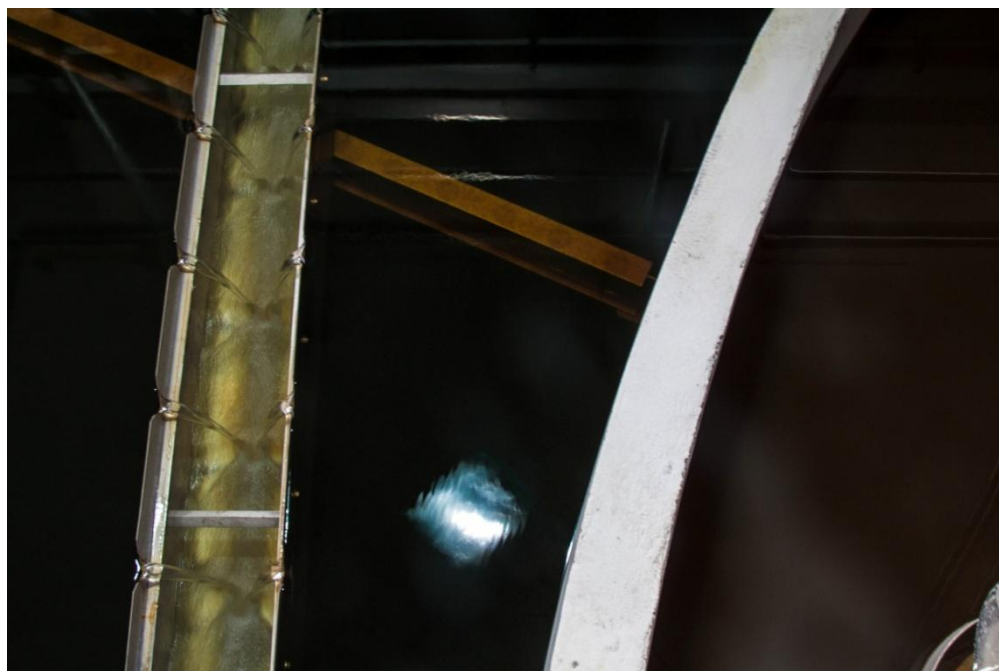
Centrální - středová zóna je tvořena stojatou válcovou nádrží s hloubkou 5,3 m. Průměr centrální zóny je u čičičů č. 1 – 6, 6 m, u čičičů č. 7 – 9, 6,8 m. U čičičů č. 3 - 9 je reakční zóna upravena tak, že je pomocí pororoštů rozdělena na tři prostory nad sebou. Pororošty omezují rotační pohyb vody uvnitř zóny a napomáhají k vytváření vloček. Uprostřed reakční zóny, v její kolmé ose, je umístěno pádlové míchadlo, které má ve spodní části pod pororošty dvě a v dalších prostorách mezi a nad pororošty po jednom čtyřramenném míchadle. Otáčky míchadla jsou volitelné - 10, 13 a 18 ot./min. U čičičů č. 1 a č. 2 nejsou ve střední části pororošty a otáčky jsou měnitelné plynule v rozmezí 9 -16 ot./min.

Ze středu je voda vedena osmi okénky cca 1 m pod hladinou do flokulační zóny. Flokulační zóna je řešena jako mezikružní prostor kolem vnitřní reakční nádrže, ohraničený z druhé strany soustřednou normou stěnou. Spodní část normé stěny je plechová a pohyblivá, aby bylo možné měnit výšku vtokové štěrbiny, kterou je přiváděna vyvločkováná voda ze zóny flokulační do zóny sedimentační. Optimální výška štěrbiny je nastavena na 50 cm ode dna. V prostoru mezikruží je zabudováno 16, stejně od sebe vzdálených, tlumících hřebenových usměřovacích přepážek, umístěných paprskovitě ke středu čičiče asi 1,80 m pod hladinou. Přepážky usměřují rotační pohyb vody přicházející ze střední části. Reakční a flokulační zóna jsou u hladiny vody opatřeny lapačem pěny a plovoucích nečistot. V případě potřeby zvýšení výkonu jednotlivých čičičů lze do prostoru mezikruží dávkovat pomocný flokulant PRAESTOL. Po průchodu flokulační zónou prochází voda pod normou stěnou a protéká do sedimentační zóny. Sedimentační zónou stoupá voda nahoru. V tomto prostoru se vytváří vločkový mrak. Vyčiřená voda je odebírána z hladiny systémem žlabů, kterými je vedena do centrálního žlabu a z něho je odváděna do betonového tlakového kanálu.

Z čířičů č. 3 - 9 je voda vedena dvěma řadami DN 1200 na starou filtraci a z čířičů č. 1 a 2 betonovým kanálem na novou filtraci. Do vody odtékající z čířičů č. 3 - 9 je dávkováno vápno ve formě vápenného mléka. Voda odtékající z čířičů č. 1 a 2 není alkalizována.

Na dně čířičů je umístěno stírání kalů. Krajním prostorem čířičů stoupá voda nahoru. V tomto prostoru se vytváří tzv. vločkový mrak. Vyčiřená voda je odebírána z hladiny systémem žlabu. Odtud je vedena k rychlofiltrům.

Z čířičů je možné odvádět odpadní vody při třech procesech, a to při odkalení, odtahu vločkového mraku a odvedení pěny z hladiny. Čířiče jsou rovněž vybaveny bezpečnostním přelivem. Byly postaveny tak, že umožňovaly kontinuální odvádění vody z mraku na kalové hospodářství a nárazové odkalení ze dna čířičů. V současné době je z čířičů č. 3 - 6 odváděn mrak do čířičů č. 1 a 2. Z čířičů č. 3 - 6 se, odvádí cca 10 - 30 l/s a z čířičů č. 7 - 9 cca 10 - 40 l/s. Odtah z mraků je přiváděn do přívodního potrubí před hydraulické rychlomísiče, kde se podle požadovaného výkonu doplňuje surovou vodou přiváděnou zchloroxiderů. Do směsi vody odkalené z mraků a do surové vody je dávkován koagulant. Kaly jsou odváděny na kalové hospodářství (PVK, a. s., 2017).



Obrázek č. 6 – Rozdíl mezi vyčiřenou vodou ve žlábků (vlevo) a surovou vodou (vpravo),

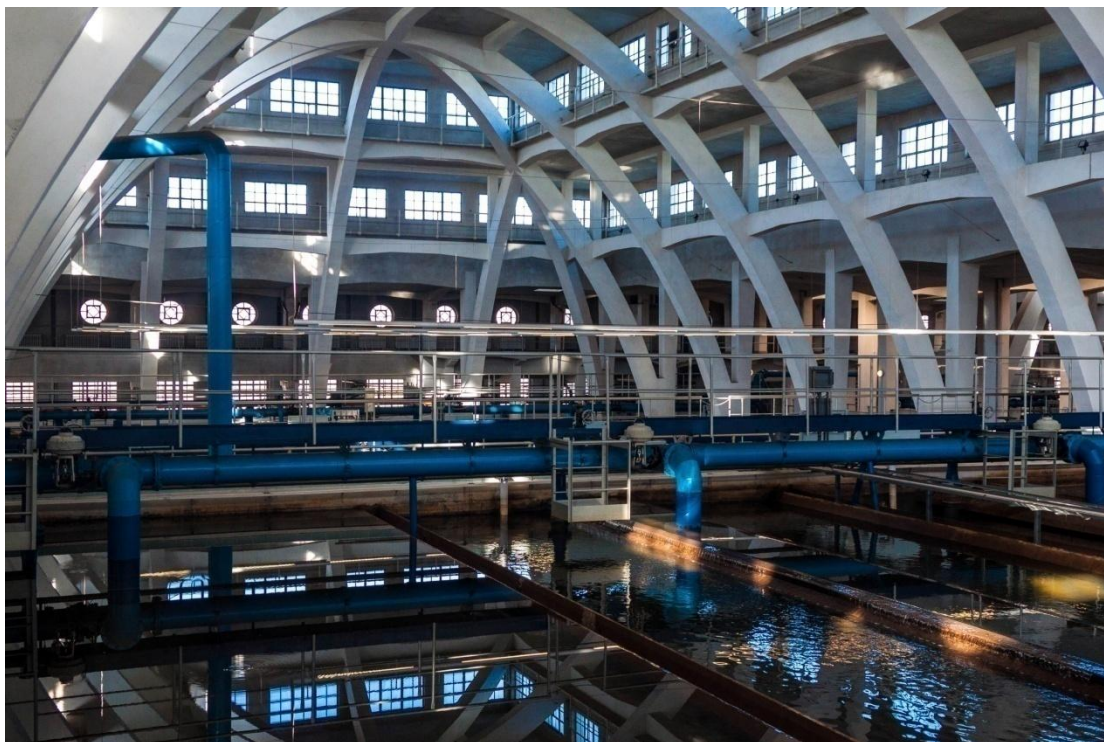
zdroj: autor

4.5 II. Stupeň úpravy

4.4.1. Písková filtrace – stará filtrace

Starou filtraci tvoří celkem 36 pískových rychlofiltrů, které jsou umístěny ve třech galeriích, každá po dvanácti filtrech. Každá galerie je dále dělena na severní a jižní polovinu. I. galerie je umístěna na východní straně budovy a je o cca 1,85 m výše než II. a III. galerie filtrů. Zde dochází k druhému stupni úpravy vody – mechanickému dočištění.

Na starou filtraci je přiváděna vyčiřená voda z čířičů č. 3 - 9 dvěma samostatnými přívodnými řady DN 1200. Přívodné řady jsou zaústěny do zdvojeného betonového tlakového kanálu, který je situován podél jižního, západního a severního obvodu budovy. Řad vedený v trubním mostě DN 700 je zaústěn do kanálu na jižní straně, řad vedený v zemi je zaústěn do kanálu na západní straně. Na trubním mostě dochází k prvnímu chlorování vody, a mísení alkalické vody kvůli vyrovnání hodnot pH.



Obrázek č. 7 – Pískové rychlofiltry na Staré filtraci, zdroj: autor

Z obvodového kanálu na SF je voda přiváděna do otevřených kanálů. Ze středního žlabu je voda rozdělována rovnoměrně přes přeřadové hrany do obou polovin filtru. Voda protéká filtrační náplní a přes drenážní systém je vedena do spodní části středového žlabu a dále pak do sběrného potrubí. Pro každou šestici filtrů je pro odvedení vody využíváno sběrné potrubí (u II. galerie tlakový betonový kanál). Sběrným potrubím je voda odváděna do potrubí DN 1000 tzv. sběrnice, kde dochází k opětovnému nachlorování, které je samostatné pro jižní a severní polovinu filtrace, a je uloženo pod filtračními jednotkami v přízemí staré filtrace. Potrubí DN 1000 dopravují vodu západním směrem, jednak do tlakového betonového kanálu, ze kterého je voda vedena dále potrubím DN 1200 do akumulace upravené vody v nové budově a dále pak je severní potrubí DN 1000 propojeno s rozvodem v západním suterénu staré filtrace, který zajišťuje propojení akumulace upravené vody ve staré filtraci a v nové budově.

4.4.2. Filtrační jednotky – pískové filtry

Výška pískové náplně je na I. galerii 140 cm a na II. a III. galerii 120 cm. Filtry se skládají ze dvou polovin oddělených od sebe středovým žlabem. Na vnějších stranách obou polovin jsou umístěny krajní žlaby společné vždy se sousedním filtrem.

Vyčiřená voda je z rozdělovacího žlabu přiváděna do horního otevřeného žlabu, přes podélné přeřadové hrany přeřadá do obou polovin filtru. Voda protéká filtrační náplní a ve dně je sbírána přes filtrační hlavice do vodních trubek drenážního systému. Trubkami je přiváděna do spodního uzavřeného žlabu a z něj přes odtokovou regulaci do sběrného potrubí. Střední žlab zajišťuje dvě funkce:

- přívod prací vody- je přiváděna do spodního uzavřeného kanálu. Rovnoměrné rozdělení prací vody po délce je zajištěno děrovanou troubou vloženou uvnitř kanálu. Přes vodní trubky s filtračními hlavici je prací voda vháněna přes filtrační náplně. Prací vody jsou odváděny horním otevřeným kanálem do odpadu. Pro odběr prací vody jsou rovněž využívány krajní žlaby.
- přívod pracího vzduchu - prací vzduch je přiváděn k filtru rozvodem pracího vzduchu, který je umístěn nad filtry. Do středového žlabu každého filtru je

zaústěna odbočka. Odbočka přivádí vzduch do rozdělovacího potrubí, které je umístěno ve střední části středového žlabu. Na rozdělovací potrubí jsou připojeny vzduchové trubky drenážního systému.



Obrázek č. 8 – Pískový rychlofiltr na Staré filtraci v ÚV Podolí, zdroj: autor

Praní filtrů je ve staré filtraci zajišťováno automatem, který pracuje na principu blokového praní filtrů. Blokované praní filtrů umožňuje prát postupně za sebou několik filtrů (předpoklad 6-8) bez toho, že by bylo nutné vypínat čerpadla prací vody, a především dmyhadla pracího vzduchu. Při dopírání filtru vodou se již zahajuje praní dalšího filtru vzduchem. Podkladem pro sestavení bloku filtrů pro praní je nahlášení informací z jednotlivých filtrů. Jedná se o informace o tlakové ztrátě filtru a zvýšení zákalu. V případě, že na filtru dojde k překročení stanovené hodnoty z kalu nebo ztráty tlaku, se filtr přihlásí, je dále ve funkci a čeká na skupinové praní.

Praní filtrů má tři fáze:

- praní vzduchem - doba trvání 5 min.
- souběžné praní vodou a vzduchem – doba trvání 10 minut
- praní vodou – doba trvání 5 minut

Při praní filtrů vodou je prací voda přiváděna do stejného kanálu ve žlabu filtru, jenž je využíván pro odvedení filtrované vody. Prací voda je vedena opačným směrem do drenážního systému a odebírána je přes přeřadové hrany do kanálu ve středním žlabu a v krajních žlabech. Střední žlab zajistí odvedení cca 50% prací vody a oba krajní žlaby zbývajících 50% prací vody. Pro sousední filtry jsou krajní žlaby společné. Ze žlabu je prací voda vedena rovnou do odpadního kanálu a dále pak na kalové hospodářství.

4.4.3. Akumulace vody

Přefiltrovaná voda je odváděna do akumulace. ÚV Podolí má k dispozici tři hlavní vodojemy. Dva jsou umístěny na staré filtraci a mají objem 2 x 2380 m³, nelze však využít jejich celkový objem z důvodu umístění čerpadel ve vysokotlaké strojovně. Využitelný objem je tedy 2x 2320 m³. Jeden z vodojemů slouží jako akumulace prací vody pro pískové filtry. Poslední akumulační nádrž je vodojem v nové budově, ten má objem 3980 m³. Z něj vodu odvádí řady tzv. sání na jednotlivá čerpadla, odkud je voda čtyřmi výtlaky distribuována do dalších vodojemů.

4.4.4. Čerpací stanice upravené vody

Jako první byla v roce 1929 postavena čerpací stanice surové vody tzv. „Stará strojovna“. V té době měla tato čerpací stanice dvě funkce. Část čerpadel zajišťovala čerpání surové vody ze studní vedle čerpací stanice na technologickou linku ve staré strojovně a část čerpadel zajišťovala čerpání upravené vody do spotřebišť. Při rekonstrukci úpravny vody v padesátých letech byla vybudována čerpací stanice označována jako „vysokotlaká“. Upravená voda je odebírána z akumulace upravené

vody. Je čerpána do výtlačných řadů vedených směrem do Podolské ulice. V čerpací stanici je instalováno celkem 10 vertikálních čerpadel, z toho osm je určeno pro čerpání upravené vody a dvě jsou určena pro praní filtrů nové filtrace. Čerpadla mají výkon od 270 l/s – 1000 l/s a zajišťují distribuci do VDJ Flóra, VDJ Karlov, VDJ Zelená liška a VDJ Bruska (PVK, a. s., 2017).

4.6 Technologie v úpravě vody

Jak již bylo zmíněno, Podolská vodárna prošla od své původní výstavby několika změnami, ať už to byly zásahy razantní, jakými byly např. výstavba nové vodárny na začátku 20. století, nebo jen úprava technologických postupů úpravy vody. Původní funkce dříve ještě Vinohradské vodárny (r. 1885) měla spíše distribuční charakter, dopravovala říční vodu do domácností. Ze sací studny byla čerpána nefiltrovaná říční voda do vodojemu v Korunní třídě, odkud byla samospádem dopravována níže položeným čtvrtím. Později po vzniku tzv. Velké Prahy v roce 1922, se tak dělo pro více než půl milionu obyvatel (Polák, 2015).

Od roku 1922 do roku 1929 byla v Podolí vybudována nová vodárna a filtrační stanice. Tehdejší postup úpravy vody vypadal následovně. Podzemní voda byla z Veslařského (Schwarzenberského) ostrova přiváděna shybkou na Podolský břeh do původní sběrné studny a odtud bylo položeno nové potrubí ke třem novým studním, z nich se voda čerpala na filtrační zařízení. Vzhledem k nevyhovující kvalitě podzemní vody se čerpala do studní voda říční, která byla přiváděna z řeky Vltavy zrekonstruovaným nátokem bývalé Vinohradské vodárny. Smíchaná podzemní a říční voda byla přiváděna na filtrační soustavu systému Puech-Chabal. Jak uvádí Buchtík (1973) jednalo se o francouzský systém filtrace. Pro nedostatek místa zde bylo přistoupeno k neobvyklé variantě dispozice filtrů nad sebou místo obvyklého umístění vedle sebe. Takto smíchaná říční a podzemní voda se přiváděla do rozdělovacího kanálu, kde se dostala na soustavu hrubocezů, která se skládala z I., II. a III. stupně. Stupně se lišily velikostí zrna a výškou filtračního lože. Voda, která se profiltrovala přes hrubocezy, přepadla přes okraj a přefiltrovala se přes další stupeň. Tento proces se třikrát opakoval na jednotlivých stupních. Kaskádou se přefiltrovaná voda dostala

do kanálu, který napájel předfiltry. Takto přefiltrovaná voda byla odváděna na potrubí tzv. předfiltrů. Ve vyústění tohoto potrubí byly umístěny další dvě kaskády pro přepad vody v podobě 2 kruhových fontán. Z těchto fontán byla voda potrubím rozváděna do jemných filtrů. Přefiltrovaná voda z jemných filtrů byla odváděna do akumulace, která byla umístěna v suterénu filtrační stanice. Odtud byla čerpána do dalších vodojemů (Jásek, 2014).

Od uvedení vodárny do provozu bylo jasné, že ani tato kapacita výroby vody, která se pohybovala okolo 30 000 m³/den, nebude stále rostoucímu městu stačit.

V roce 1931 dochází k dalším rekonstrukcím na filtrační stanici. Poprvé dochází k použití chemických látek při úpravě vody. Jako koagulační srážedlo se používá síran hlinitý. Dochází tak k odstranění žlutavého nádechu přefiltrované vody, který tvořili koloidní huminové soli. Došlo také k zásahu do původní filtrační stanice, které byly předsazeny dvě směšovací, jedna reakční a jedna sedimentační nádrž. V těchto nádržích došlo k usazení suspendovaných látek. Odsazená voda se odebírala z vrchu nádrže a byla čerpadly hnána na filtry. Zde bylo třeba zjemnit náplň filtračního lože. Tímto zásahem do procesu úpravy vody bylo dosaženo zvýšení kapacity upravené vody z 30 000 m³/den až na 80 000 m³/den. Posledními kroky k ještě většímu výkonu a kvalitě upravené vody v tehdejší úpravně bylo, umístění míchacího zařízení s elektrickým pohonem do usazovací nádrže a výměna třístupňové filtrace za rychlofiltry značky Wabag. Tím byla možnost intenzifikace stávající vodárny vyčerpána.

Další významným zásahem do procesu úpravy pitné vody v Podolí se staly roky 1954 až 1965, kdy došlo k rozšíření areálu vodárny a změně postupu úpravy vody. Surová voda se čerpala do čičičů typu Binar – Bělský a přidával se zde síran hlinitý, poté byla voda odváděna na soustavu pískových filtrů. Jak uvádí Tesařík a Mičan (1964), čičiče od svého vzniku prošly mnoha etapami vývoje. Vodárna tak reagovala jednak na stále rostoucí poptávku po pitné vodě, a dále na zhoršenou kvalitu říční vody, která byla znečištěna především koloidními odpady z průmyslových závodů. Jak uvádí Polák (2015), posledním z těchto znečišťovatelů byla papírna pod přehradou ve Vraném nad Vltavou. Provoz vodárny a kvalita vody byla, ovlivněna nespolehlivými dávkami koagulantů. V roce 1973 bylo nainstalováno zařízení pro fluoridování vody, to bylo

v roce 1986 pro poruchu odstaveno a již nikdy nebylo spuštěno. V roce 1973 byla poprvé vyhlášena ochranná pásma vodního zdroje, čímž se přispělo k alespoň částečnému zlepšení kvality vody v řece Vltavě.

Další významnou rekonstrukcí prošla Podolská vodárna v roce 1992. Tato rekonstrukce byla na rozdíl od těch předešlých zaměřena na výslednou kvalitu upravené vody a snížení negativních dopadů na životní prostředí, a ne pouze na zvýšení výkonu úpravní. Rekonstrukce týkající se procesu úpravy vody obsahovaly přestavby staré filtrace, čerpací stanice surové a upravené vody, dmýchárny a kotelny. Ke zlepšení kvality upravené vody, přispěly hlavně nově instalované filtry bez mezidna, které umožňovaly filtrovat vodu přes větší vrstvu pískového lože. Rekonstrukce čerpacích stanic spočívala ve výměně starých čerpacích soustrojí za nová moderní, která umožňovala regulaci výkonu, a měla i nižší nároky na spotřebovanou energii. Do tzv. staré strojovny byla instalována turbodmýchadla pro vzduchové praní pískových filtrů na staré filtraci (Jásek, 2014). V rámci snížení negativních vlivů na životní prostředí, bych zmínil instalaci nových plynových kotlů, které nahradily staré uhelné kotle. Další rekonstrukce se dotkla přestavbou vápenného hospodářství, dávkování chemikálií a chlorovny, kde došlo k instalaci tzv. podtlakového chlorovacího zařízení pro vyšší bezpečnost. Těmito rekonstrukcemi dosahovala Podolská vodárna na technickou úroveň, která byla obvyklá pro Evropu koncem 20. století. Tato rekonstrukce byla dokončena v roce 2000.

Poslední významnou rekonstrukcí byla rekonstrukce některých čističů v letech 2014 – 2016. V současné době probíhají přípravy na rekonstrukci druhé galerie filtrů, kde bude v budoucnu umístěna filtrace přes granulované uhlí.

V posledních letech se objevují nové technologie pro úpravu kontaminované vody. Tyto technologie využívají přírodní biosorpční materiály, které se jeví jako účinné a levné alternativy pro úpravu kontaminované vody (Juhasz a kol., 2002, Ho a kol., 2000, Gadd, 2009, Bhatnagar a kol., 2010). Jako vhodné biosorpční materiály se ukazují např. chitosanová vlákna, pryskyřice, dřevní štěpky, štěpkové třísky, či již zmíněné skořápky kokosových ořechů (Şen a kol., 2015; Domingues a kol., 2005). Pollard a kol. (1992), navrhli použití biosorbentů z biomasy. Şen a kol (2012), zmiňuje pro adsorpci pesticidů některé druhy korků, který je získáván odřezáním kůry některých

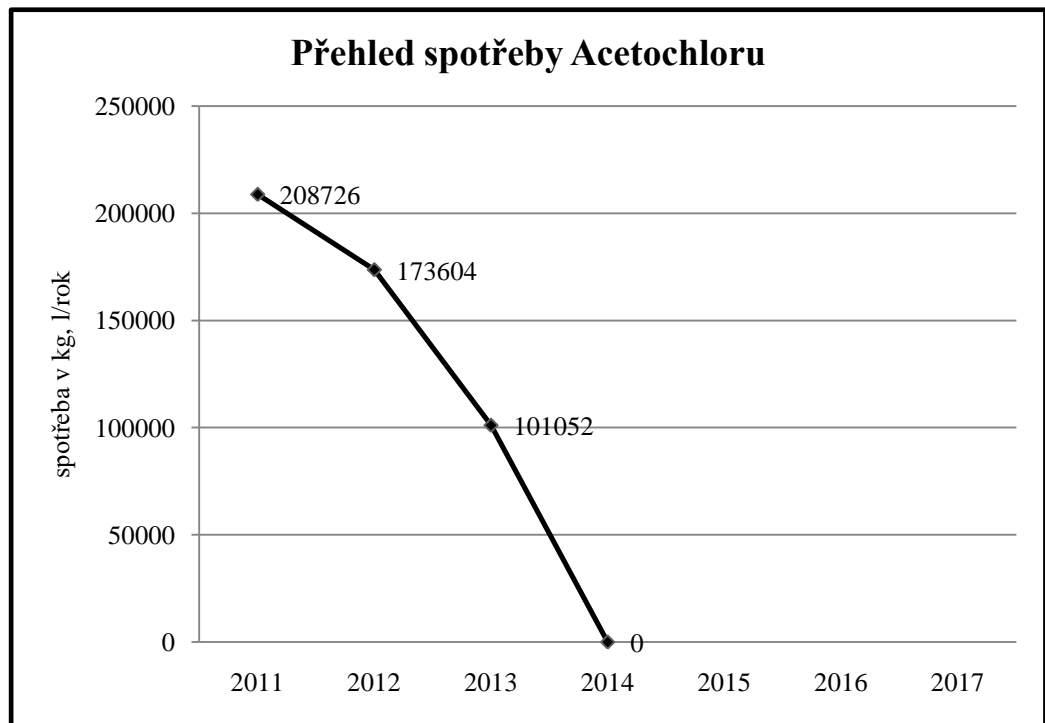
dubů, konkrétně Dubu korkového (*Quercussuber*) a Dubu cer (*Quercuscerris*). Všechny tyto produkty mohou v budoucnu nahradit pro sorpci různých polutantů, ať už pesticidů či jiných sloučenin, právě aktivní uhlí. Není proto vyloučeno, že některé z těchto materiálů doplní proces úpravy vody v ÚV Podolí.

5. Výsledky

Tato část práce je věnována statistickému zpracování získaných dat, zobrazujících vývoj dlouhodobého znečištění v řece Vltavě. Pro tyto účely byla použita data z monitoringu povrchových vod z let 2012 - 2017, která poskytl s. p. Povodí Vltavy. Data o jakosti povrchových vod byla porovnána s platnými právními předpisy. Dále byly zpracovány údaje z Českého statistického úřadu, Českého hydrometeorologického ústavu a Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského.

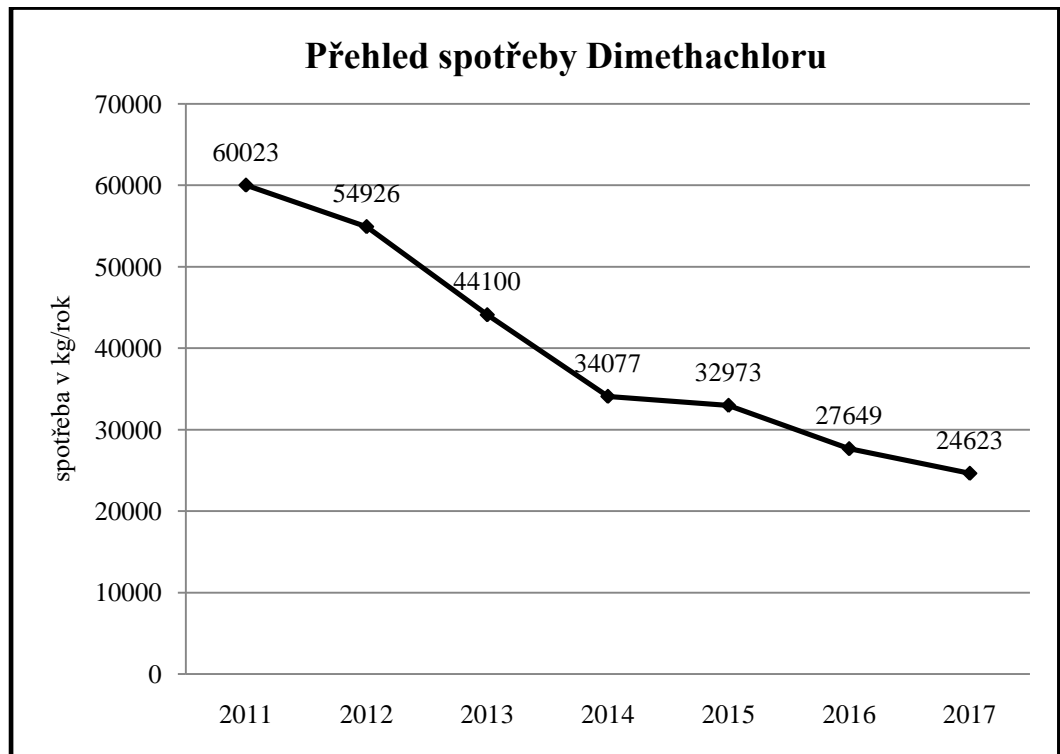
V první části byly graficky zpracovány spotřeby jednotlivých pesticidů v letech 2011 - 2017 a celková spotřeba těchto látek v ČR v letech 2009 – 2017. Dále byly ze statistických dat, zpracovány grafy s vývoji osevních ploch těch plodin, při jejichž pěstování dochází k ošetřování právě vybranými pesticidními látkami.

Od roku 2012 není používání acetochloru k ochraně rostlin v Evropské unii povoleno, pro jeho vysokou mobilitu v půdě. Již v roce 1994, kdy byl uveden na trh, byl společností EPA klasifikován jako pravděpodobný karcinogen zejména u lidí. V ČR se přípravky s touto účinnou látkou mohly používat do června roku 2013. V USA se naopak jedná o běžně užívaný pesticid pouze s určitým omezením.



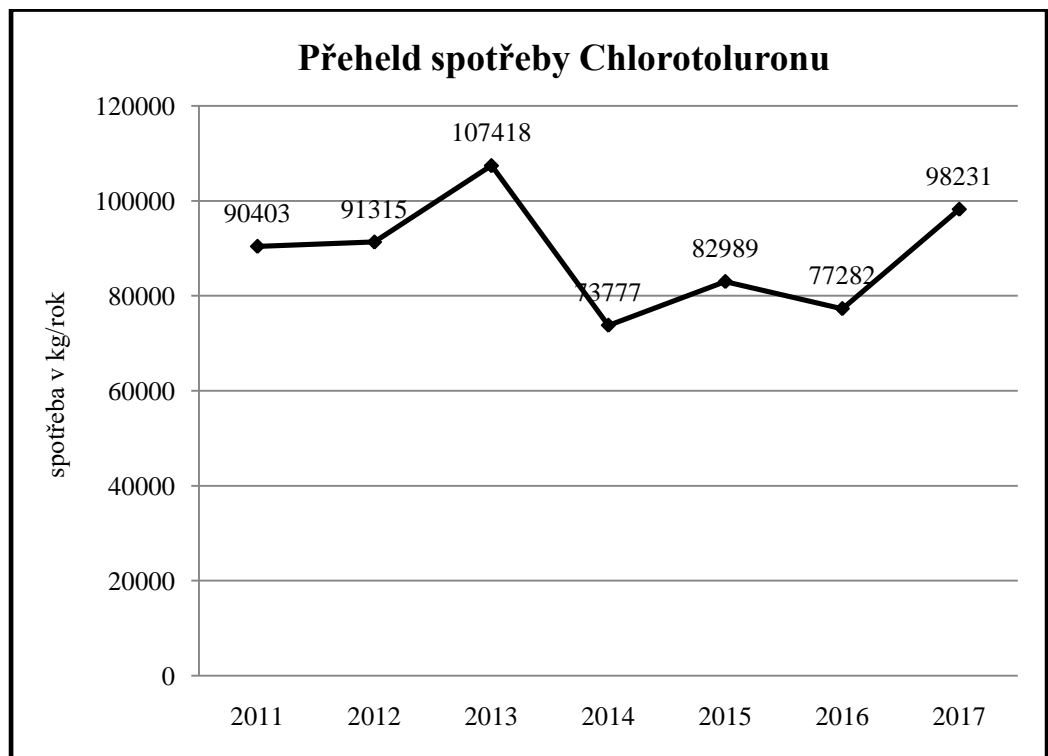
Graf č. 1 – Spotřeba Acetochloru v ČR v letech 2011 – 2014., zdroj: ÚKZÚZ, 2018 + autor

Jak je patrné z grafu č. 1 do zakázání Acetochloru v ČR spotřeba výrazně klesala. Jeho metabolity však zůstávají ve vodách i několik let jak uvádí Ferenčík (2017).



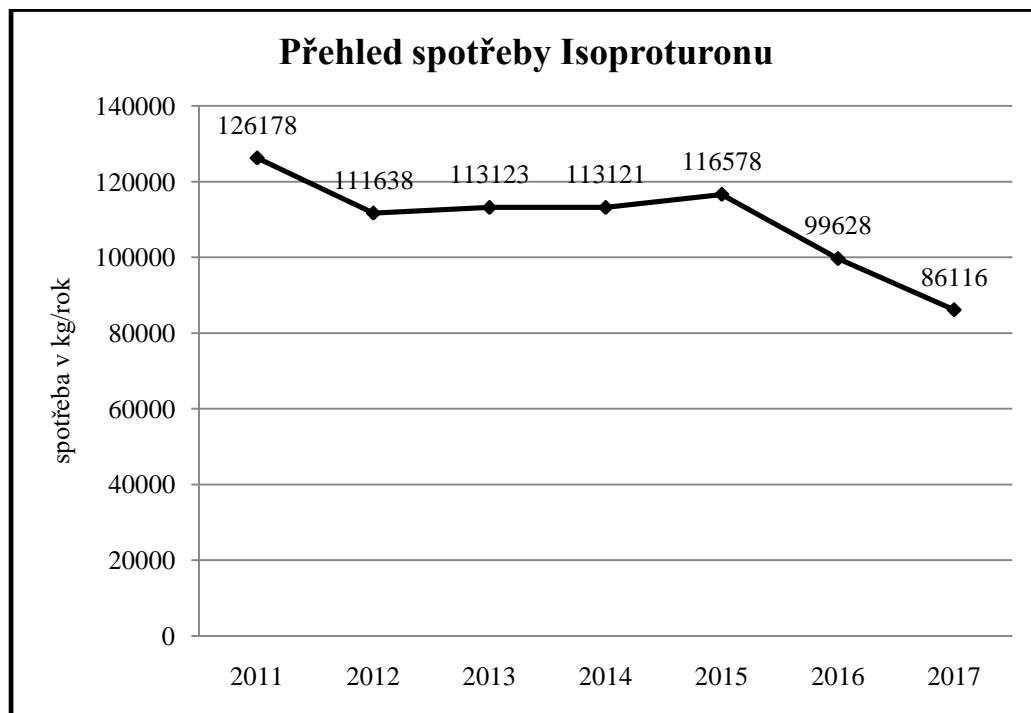
Graf č. 2 – Spotřeba Dimethachloru v ČR v letech 2011 – 2017, zdroj: ÚKZÚZ, 2018 + autor

Z grafu č. 2 je patrné, že spotřeba Dimetachloru výrazně klesá. Od roku 2011 do roku 2017 klesla spotřeba o 35400 kg/rok (ÚKZÚZ, 2018).



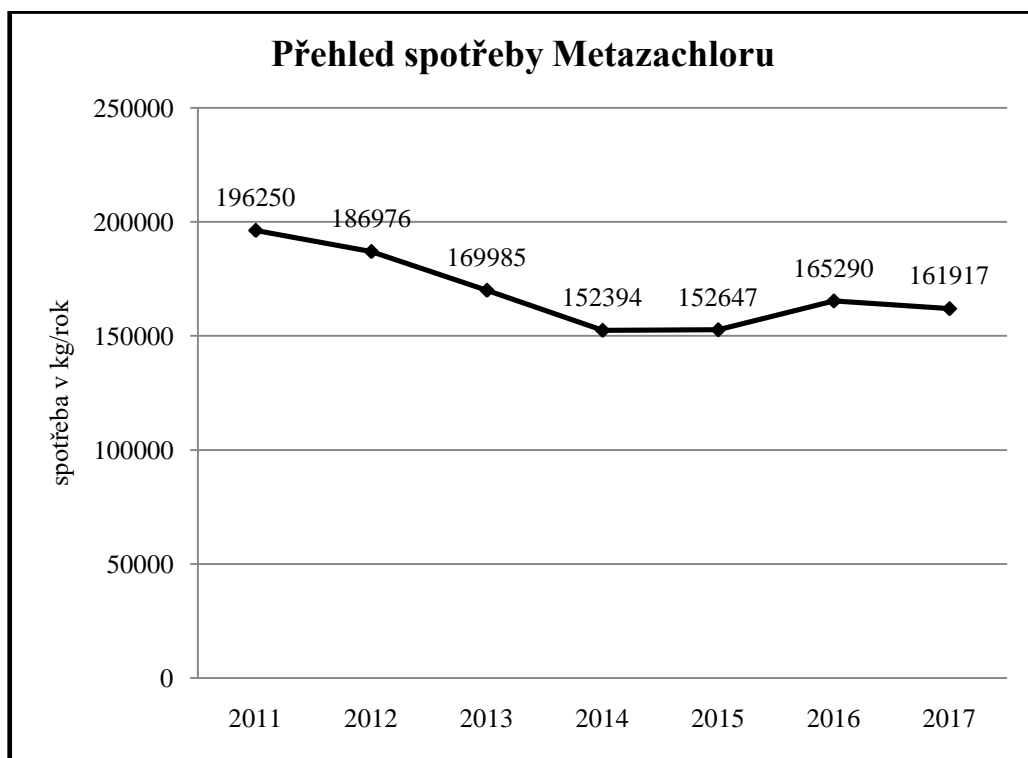
Graf č. 3 – Spotřeba Chlorotoluronu v ČR v letech 2011 – 2017, zdroj: ÚKZÚZ, 2018 + autor

Graf č. 3 zobrazuje vývoj spotřeby Chlorotoluronu. Od roku 2011 do roku 2012 docházelo k mírnému zvýšení spotřeby této látky. K prudkému nárůstu došlo v roce 2013 a to až o 16103 kg/rok. Následoval obrovský pokles na nejnižší hodnotu ve sledovaném období a to z 107418 kg/rok v roce 2013 na 73777 kg/rok v roce 2014. V dalších letech došlo k opětovnému nárůstu spotřeby. Spotřeba Chlorotoluronu má stoupající tendenci (ÚKZÚZ, 2018).



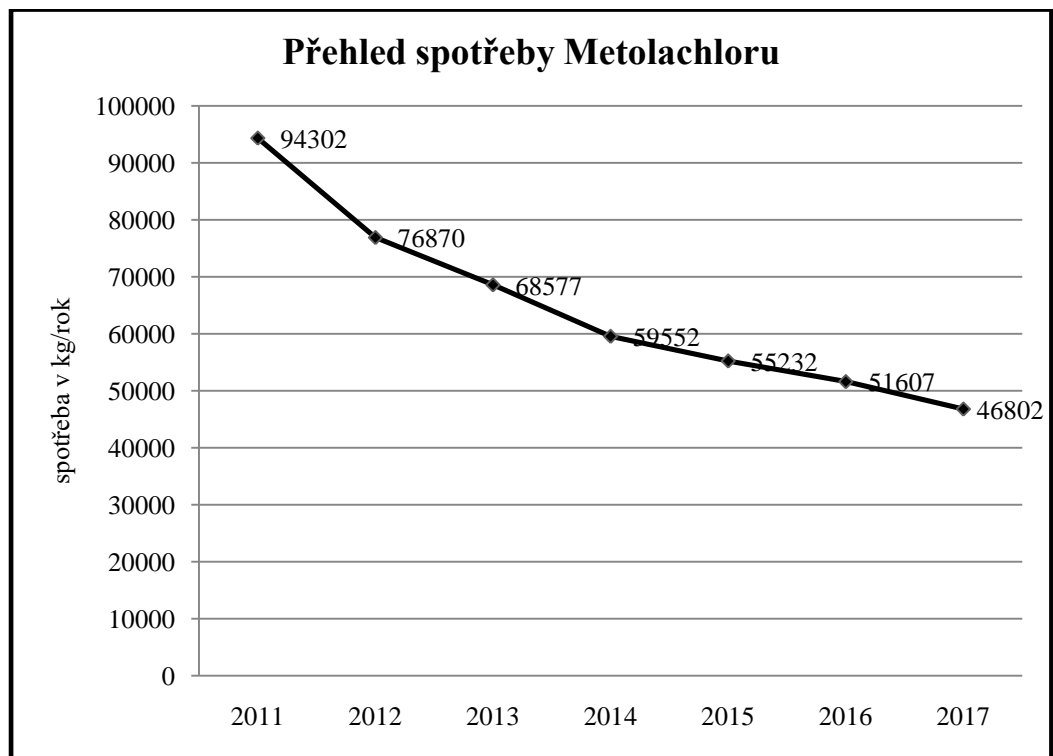
Graf č. 4 – Spotřeba Isoproturonu v ČR v letech 2011 – 2017, zdroj: ÚKZÚZ, 2018 + autor

Spotřeba Isoproturonu v letech 2011 – 2012 zaznamenala výrazný pokles. Od roku 2012 do roku 2015 lze pozorovat nárůst. Jedná se však o pouhých 4940 kg/rok. Od roku 2015 spotřeba výrazně klesá. Lze konstatovat, že spotřeba Isoproturonu má klesající tendenci (ÚKZÚZ, 2018).



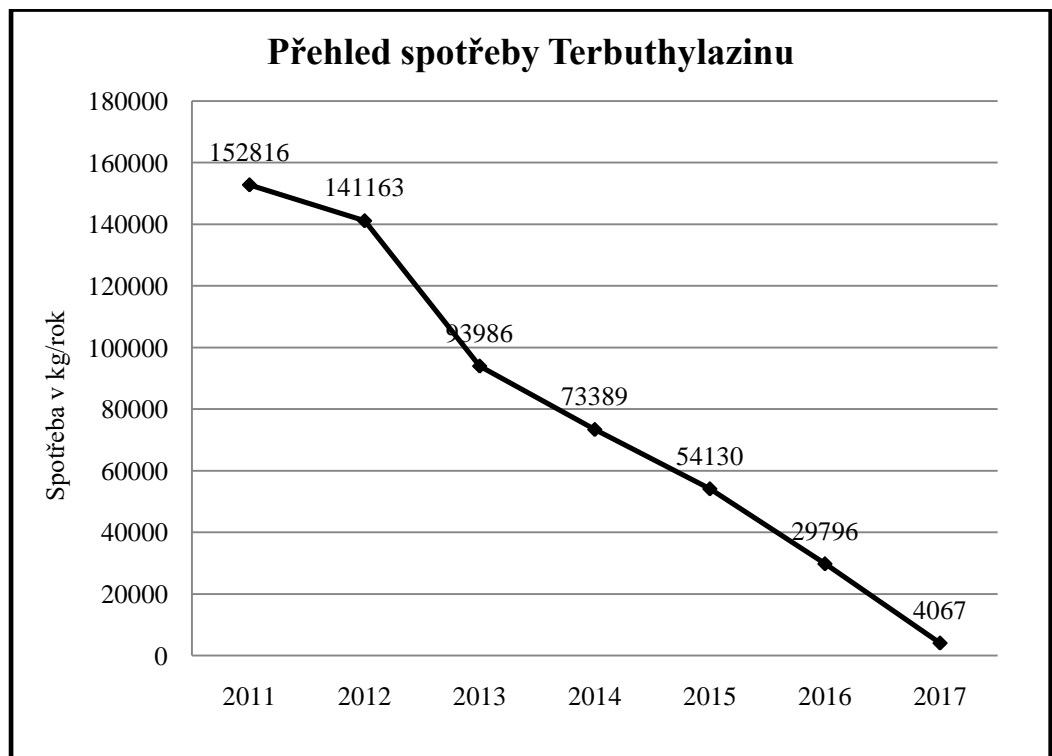
Graf č. 5 – Spotřeba Metazachloru v ČR v letech 2011 – 2017, zdroj: ÚKZÚZ, 2018 + autor

Spotřeba Metazachloru od roku 2011 do roku 2014 mírně klesla a to o 43856 kg/rok. Po mírném nárůstu mezi lety 2015 a 2016, dochází opět k poklesu celkové spotřeby. Lze říci, že spotřeba Metazachloru má klesající tendenci (ÚKZÚZ, 2018).



Graf č. 6 – Spotřeba Metolachloru v ČR v letech 2011 – 2017, zdroj: ÚKZÚZ, 2018 + autor

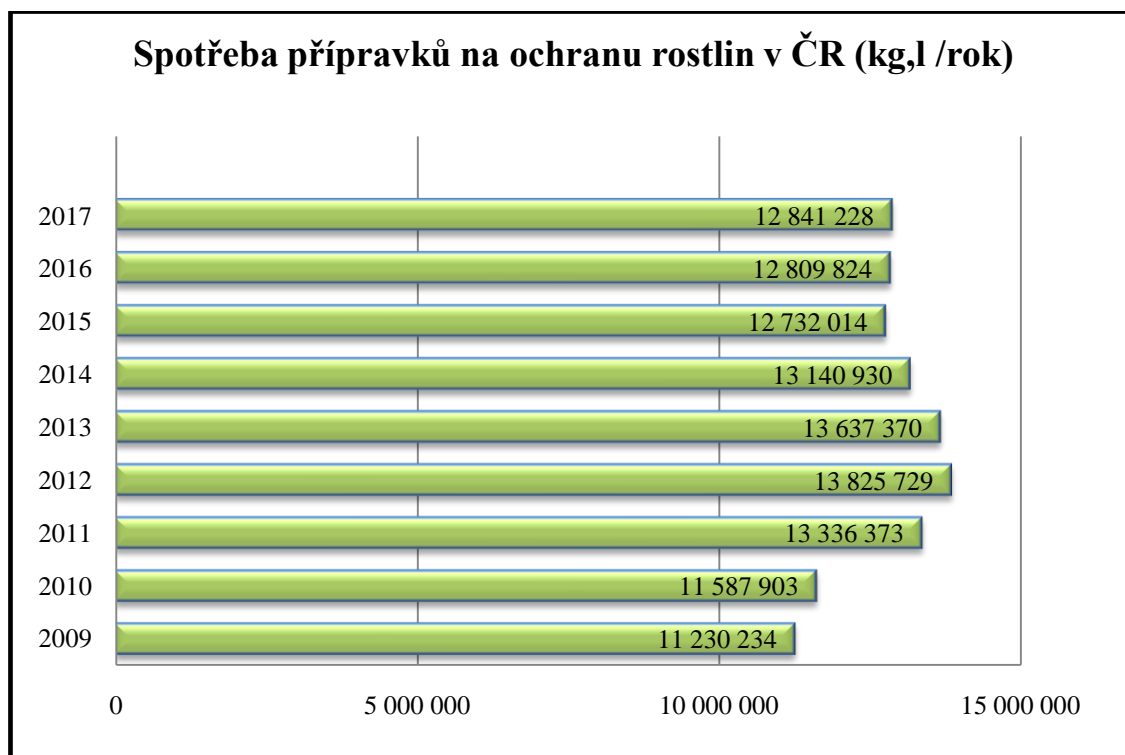
Spotřeba Metolachloru od roku 2011 do roku 2017 stále klesá. Ve vybraném období klesla o 47500 kg/rok (ÚKZÚZ, 2018).



Graf č. 7 – Spotřeba Terbutylazinu v ČR v letech 2011 – 2017, zdroj: ÚKZÚZ, 2018 + autor

V grafu č. 7 je patrný prudký pokles spotřeby látky Terbutylazinu. Od roku 2011 do roku 2017 došlo k poklesu o 148749 kg/rok.

Z grafů č. 1 – č. 7 je patrné, že spotřeba vybraných pesticidů v ČR ve většině případů klesá. To může být zapříčiněno dvěma důvody. ČR, se v rámci plnění např. NAP snaží omezovat spotřebu těchto látek, čili je tento pokles pozitivním výsledkem. Druhý důvod, kterým je zapříčiněn pokles těchto sledovaných látek, jsou nové přípravky. V rámci zpřísnění pravidel pro distribuci a užívání těchto přípravků v EU, se registrují stále nové přípravky, které nahrazují přípravky zakázané. Proto mohou být tyto údaje zkreslující. Jediným přípravkem, který v posledních letech zaznamenává vzestup je Chlortoluron.



Graf č. 8 – Přehled celkové spotřeby přípravků na ochranu rostlin v jednotlivých letech v ČR,
zdroj: ÚKZÚZ, 2018+ autor

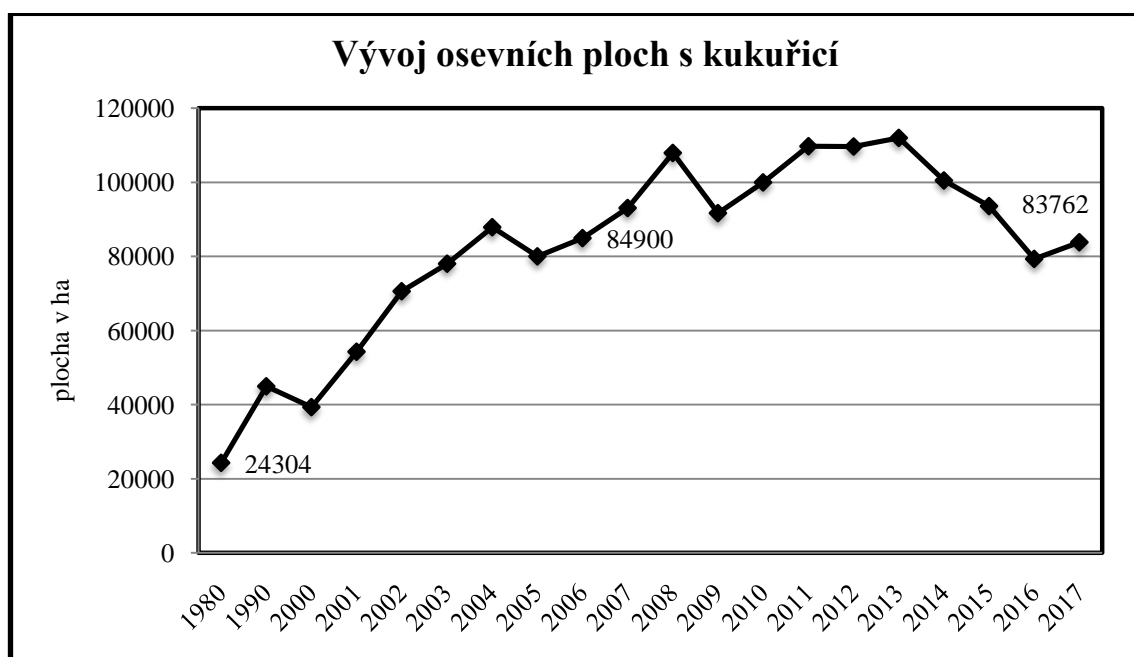
Graf č. 8 zobrazuje přehled celkové spotřeby přípravků na ochranu rostlin v České republice v letech 2009 – 2017. Jak je z grafu patrné od roku 2009 do roku 2012 došlo k velkému vzestupu v používání těchto látek. Po mírném poklesu v letech 2013 – 2015, dochází opět k vzestupu těchto hodnot. V grafech č. 1 – č. 7 byly sledovány nejčastěji používané pesticidy, bohužel se potvrzuje, že ač dochází k poklesu těchto nejčastěji používaných přípravků, jsou nahrazovány novými, a proto v posledních letech celková spotřeba těchto přípravků roste.

5.1 Vývoj osevních ploch v ČR

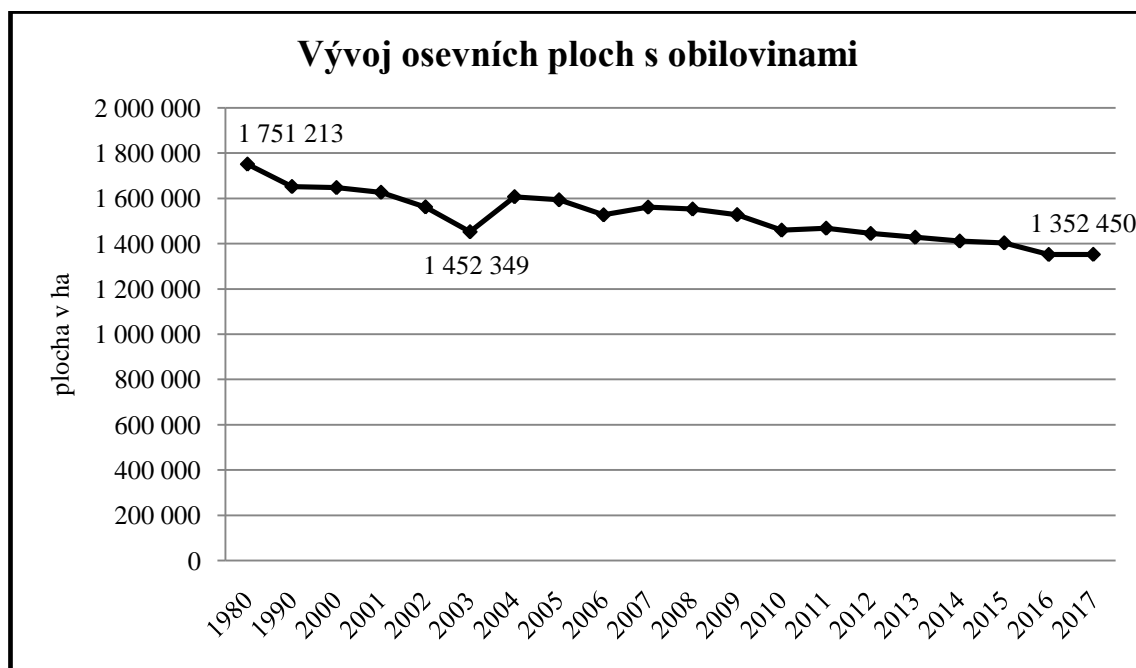
V této kapitole jsou graficky zpracována data o vývoji osevních ploch. Jedná se o plochy obilovin, brukve řepky a kukuřice. Data byla zpracována od roku 1980 do roku 2017.



Graf č. 9 – Vývoj ploch určených k pěstování Brukve řepky v ČR., zdroj: ČSÚ, 2017 + autor



Graf č. 10 – Vývoj ploch určených k pěstování kukuřice v ČR., zdroj: ČSÚ, 2017 + autor

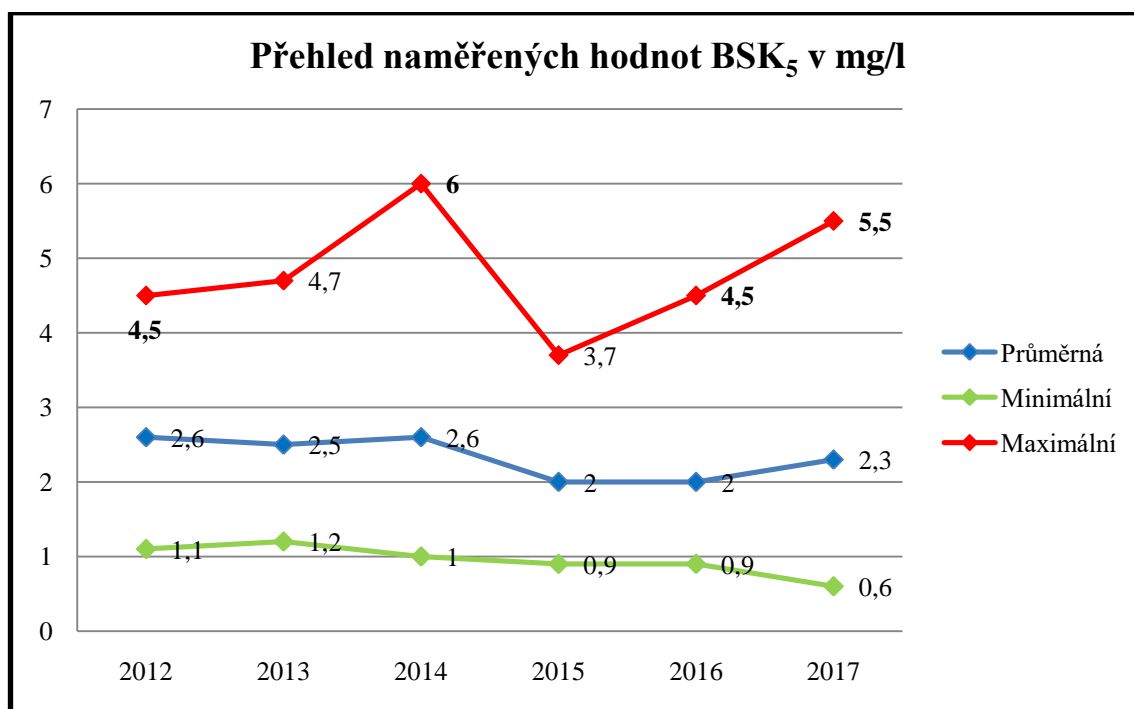


Graf č. 11 – Vývoj ploch určených k pěstování obilovin v ČR., zdroj: ČSÚ, 2017 + autor

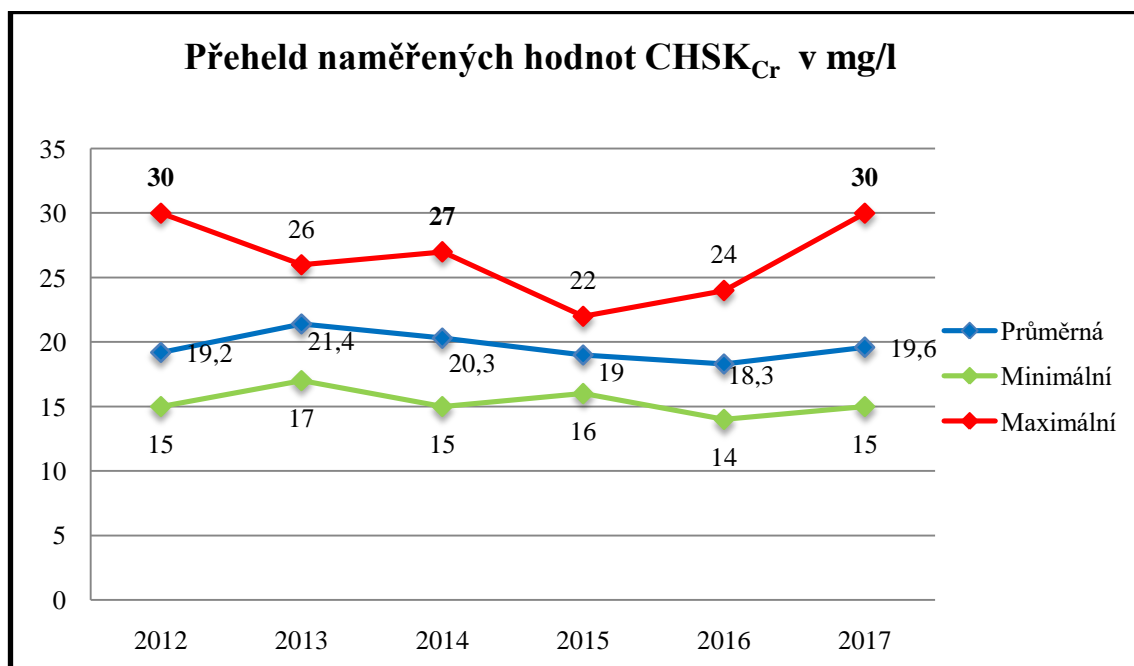
Na grafech č. 9 – č. 11 vidíme zastoupení osevních ploch pro jednotlivé hospodářské plodiny, na které jsou nejvíce používány sledované pesticidy. U brukve řepky vidíme obrovský nárůst. Za posledních 27 let, se plocha pro pěstování této rostliny rozrostla o 330270 ha. V roce 2017 brukve řepka zaujímala neuvěřitelných 82,7 % plochy, ze všech pěstovaných olejnin (ČSÚ, 2017). Brukev řepka, patří mezi náchylné rostliny co se nemocí či škůdců týče. Vzhledem k míře, v jaké je pěstována, je ve velké míře nutná její ochrana za použití pesticidních látek. Tím stoupá i jejich spotřeba. Vzrůstající hodnoty uvádí i graf č. 10, který zobrazuje vývoj osevních ploch s kukuřicí, ovšem necelých 58 tisíc ha za 27 let. Jak můžeme sledovat, nárůst není tak rapidní. Na grafu č. 11 můžeme sledovat, že obilovin se na území ČR pěstuje stále méně a méně. Rozloha osevní plochy klesla z 1 751 213 ha na 1 352 450 ha, což činí rozdíl 398 763 ha. I přesto, zůstávají obiloviny nejrozsáhlejší pěstovanou plodinou v ČR.

5.2 Vývoj znečištění dle ukazatelů jakosti vod a pesticidních látek

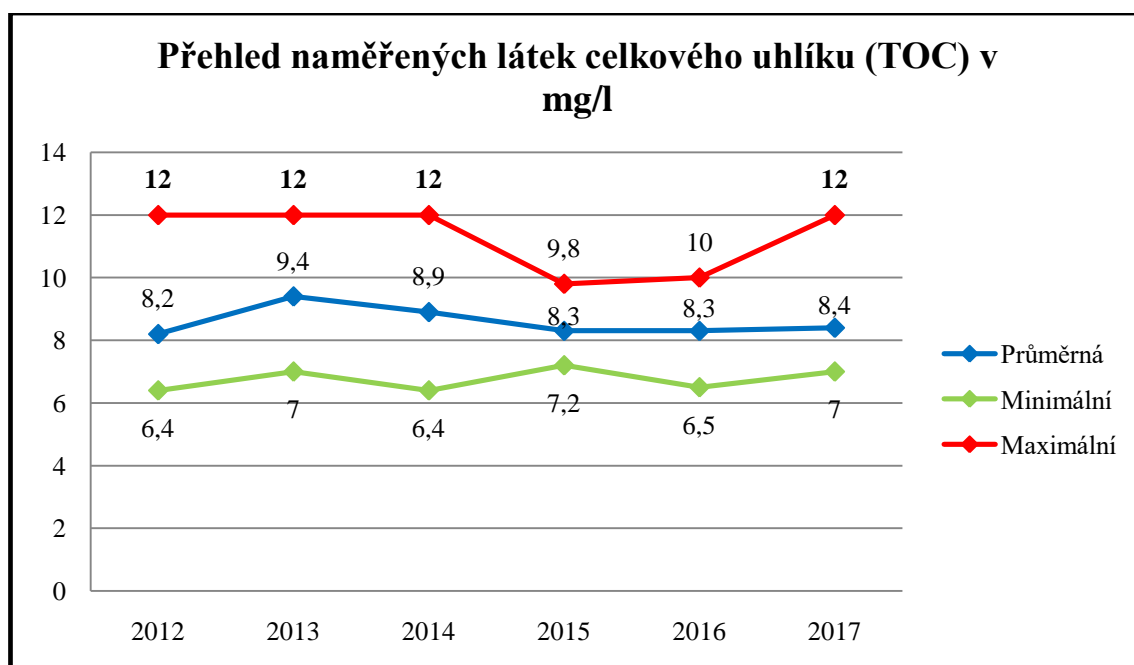
V grafech č. 12 – 16 jsou zpracována data, vybraných ukazatelů jakosti povrchových vod v letech 2012 -2017. Jedná se o ukazatele BSK₅, CHSK_{Cr}, celkového uhlíku, celkového fosforu a celkového dusíku. V grafech jsou uvedeny průměrné, minimální a maximální hodnoty, naměřených koncentrací jednotlivých ukazatelů ve vybraném období.



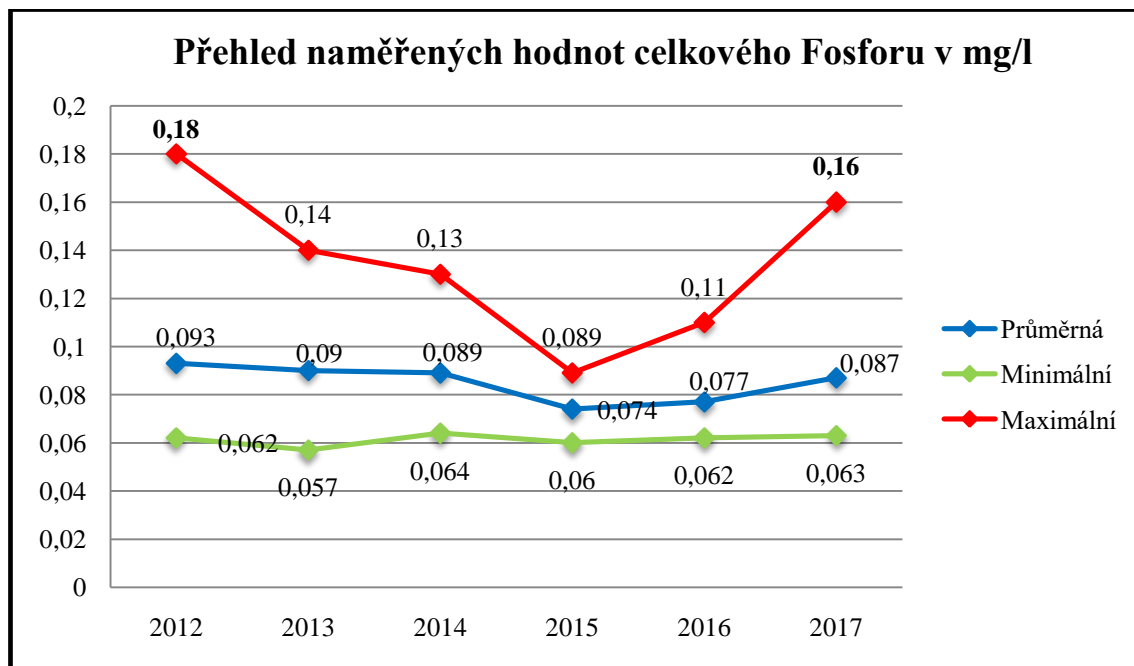
Graf č. 12 – Přehled naměřených hodnot BSK₅ v říčním profilu Vltava (ř. km. 56,2) v letech 2012 – 2017, zdroj: Povodí Vltavy, 2017 + autor



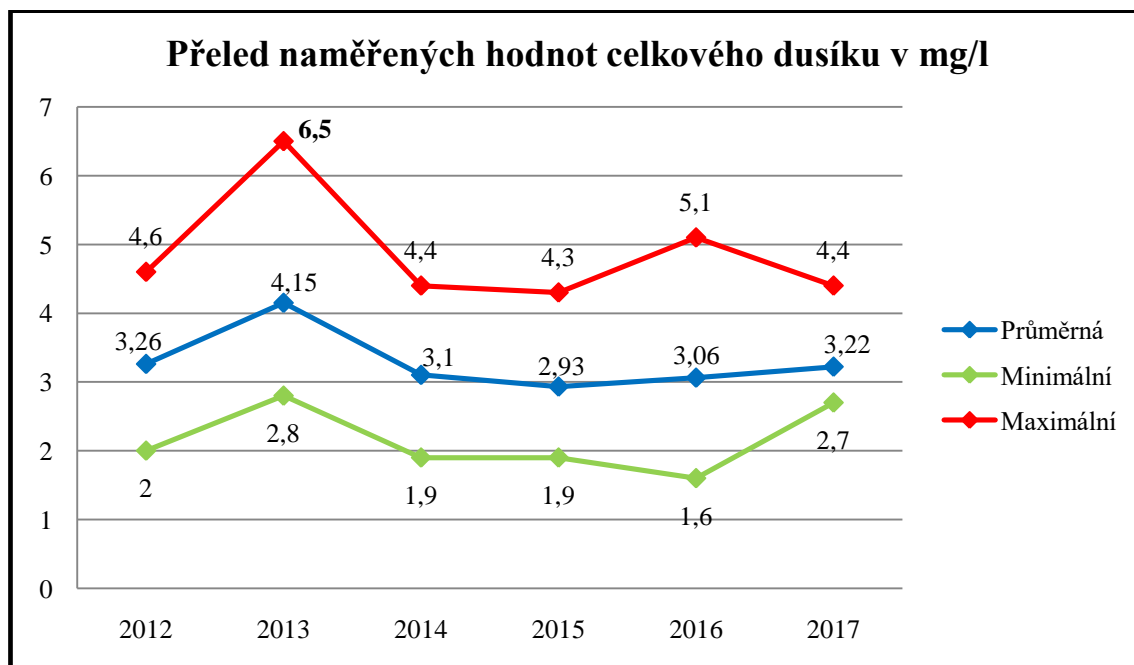
Graf č. 13 -Přehled naměřených hodnot CHSK_{Cr} v říčním profilu Vltava (ř. km. 56,2) v letech 2012 - 2017, zdroj: Povodí Vltavy, 2017 + autor



Graf č. 14 - Přehled naměřených hodnot celkového uhlíku v říčním profilu Vltava (ř. km. 56,2) v letech 2012 - 2017, zdroj: Povodí Vltavy, 2017 + autor



Graf č. 15 -Přehled naměřených hodnot celkového Fosforu v říčním profilu Vltava (ř. km. 56,2) v letech 2012 - 2017, zdroj: Povodí Vltavy, 2017 + autor



Graf č. 16 -Přehled naměřených hodnot celkového dusíku v říčním profilu Vltava (ř. km. 56,2) v letech 2012 - 2017, zdroj: Povodí Vltavy, 2017 + autor

V grafech č. 12 – č. 16 jsou tučně vyznačeny naměřené hodnoty, které překračují povolené maximální limity podle 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. Jak je z grafů patrné, u všech ukazatelů přípustného znečištění došlo v maximech k překročení povoleného maxima. U ukazatelů BSK₅, celkového fosforu a celkového dusíku došlo ve vybraném období k mírnému zlepšení a poklesu naměřených průměrných hodnot. Kromě ukazatele BSK₅, jehož minimální hodnota podle grafů trvale snižuje, došlo u minimálních hodnot celkového fosforu a celkového dusíku k jejich mírnému růstu. U tří výše zmíněných ukazatelů všechny maximální hodnoty přesahují maximální povolené koncentrace dle NV 401/2015 Sb.

Maximální povolené hodnoty u BSK₅ jsou 3,8 mg/l v ročním průměru. Ve vybraném období byla tato hodnota překročena v letech 2012, 2014, 2016 a 2017. Ukazatel celkového fosforu má maximální přípustnou hodnotu 0,15 mg/l v ročním průměru. Tato hodnota byla překročena v letech 2012 maximální naměřenou hodnotou 0,18 mg/l v ročním průměru a v roce 2017 hodnotou 0,16 mg/l v ročním průměru. Maximální povolená hodnota u ukazatele celkového dusíku je 6 mg/l v ročním průměru. tato hodnota byla překročena pouze jednou a to v roce 2013 maximální naměřenou hodnotou 6,5 mg/l v ročním průměru.

Ukazatele CHSK_{Cr} a TOC, mají na konci vybraného období vyšší hodnoty, než na začátku. Průměrné naměřené hodnoty CHSK_{Cr} v roce 2012 byla průměrná hodnota 19,2 mg/l v ročním průměru, v roce 2013 hodnota vystoupala až na 21,3 mg/l a následně do roku 2016 klesala, až na hodnotu 18,3 mg/l. Poté následoval opět nárůst a v roce 2017 hodnota dosáhla 19,6 mg/l. I přes postupné klesání této hodnoty, dochází v posledních letech opět k nárůstu těchto koncentrací. Maximální naměřené hodnoty ve vybraném období přesáhly maximální povolenou koncentraci dle NV 401/2015 Sb. která je 26 mg/l v ročním průměru v letech 2012, 2014 a 2017 a to hodnotami 30 mg/l, 27 mg/l a 30 mg/l. Maximální stejně jako průměrné naměřené hodnoty pozvolna klesaly, od roku 2016 je zaznamenán jejich nárůst

Průměrné hodnoty ukazatele celkového organického uhlíku (TOC), zaznamenaly podobně jako ukazatel CHSK_{Cr} od roku 2012 do roku 2013 mírný nárůst. Od roku 2013 do roku 2015 hodnoty klesaly, a to z 9,3 mg/l na 8,3 mg/l v ročním průměru. Od roku 2015 je zaznamenán mírný nárůst. Maximální hodnoty tohoto ukazatele dlouhodobě překračují maximální přípustné hodnoty. Povolená hodnota je 10 mg/l v ročním průměru. Tato hodnota byla ve zvoleném období čtyřikrát překročena, a to v letech 2012, 2013, 2014 a 2017 nejvyšší naměřenou hodnotou 12 mg/l v ročním průměru.

U všech ukazatelů se odráží vliv nadprůměrně suchého roku 2015. U všech naměřených maximálních hodnot dochází k razantnímu poklesu

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Jednotky
acetochlor	<0,01/ 0,01	<0,01 /<0,01	<0,01/ <0,01	-	-	<0,01/ <0,01	µg/l
dimethachlor	<0,01/ <0,01	<0,01/ <0,01	<0,01/ <0,01	-	-	<0,01/ <0,01	µg/l
Chlorotoluron	0,02/ 0,8	0,03/0,09	<0,01/ 0,02	-	-	0,01/0,02	µg/l
Isoproturon	0,02/0,13	0,01/0,03	0,02/ 0,02	-	-	0,01/0,01	µg/l
Metazachlor	0,02/0,04	<0,01/ <0,01	<0,01/ <0,01	-	-	<0,01/ <0,01	µg/l
Metolachlor	0,02/ 15	0,03/ 10	0,01/ 0,04	-	-	<0,01/ <0,01	µg/l
Terbutylazin	0,04/ 21	0,08/ 27	0,05/ 11	-	-	0,02/0,04	µg/l

průměrná / max. hodnota

Tabulka č. 1 – Přehled průměrných a maximálních hodnot vybraných pesticidních látek naměřených v říčním profilu Praha Podolí v letech 2012 – 2017. Zdroj: autor + Povodí Vltavy, s. p.

V tabulce č. 1 jsou uvedeny naměřené průměrné a maximální hodnoty u vybraných pesticidních látek sledovaných v říčním profilu řeky Vltavy (Praha - Podolí) v letech 2012 - 2017. Data z let 2015 a 2016 nebyla s. p. Povodí Vltavy poskytnuta.

Všechny hodnoty pro jednotlivé látky mají za vybrané období klesající tendenci. Červeně jsou vyznačeny hodnoty, které přesáhli povolené limity podle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Za zmínku stojí hodnoty terbuthylazinu, jehož maximální povolená hodnota je 0,5 µg/l. Tato hodnota byla v letech 2012, 2013 a 2014 několikanásobně překročena a to hodnotami 21 µg/l, 27 µg/l a 11 µg/l. V roce 2017 je patrný pokles naměřených hodnot.

K překročení povolených hodnot došlo také u metolachloru. Jeho nejvyšší povolené hodnoty jsou 0,2 µg/l jak uvádí tabulka č. 2. V roce 2012 a 2013 došlo překročení povolené hodnoty, a to maximálními naměřenými hodnotami 15 µg/l a 10 µg/l.

Ukazatel	Třída					jednotky
	I.	II.	III.	IV.	V.	
BSK ₅	< 2	< 4	< 8	< 15	≥ 15	mg/l
CHSK _{Cr}	< 15	< 25	< 45	< 60	≥ 60	mg/l
TOC	< 7	< 10	< 16	< 20	≥ 20	mg/l
Dusík _{celk.}	< 3	< 6	< 10	< 14	≥ 14	mg/l
Fosfor _{celk.}	< 0,005	< 0,15	< 0,3	< 0,6	≥ 0,6	mg/l

Tabulka č. 2 - Přehled hodnot vybraných ukazatelů jakosti povrchových vod podle jednotlivých klasifikačních tříd ČSN 75 7221, zdroj: ČSN 75 7221 + autor

Hodnoty z tabulek č. 6 a č. 7, lze přiřadit do jednotlivých klasifikačních tříd jakosti vody podle ČSN 75 7221 uvedených v tabulce č. 2. Ukazatel BSK₅ dosáhl v letech 2012 – 2017 hodnot od 2 mg/l – 6 mg/l, lze ho tedy zařadit i do třetí třídy, která značí znečištěnou vodu. Ukazatel CHSK_{Cr}, dosáhl ve stejném období rozpětí naměřených hodnot 18,3mg/l a maxima 30 mg/l a stejně jako BSK₅ dosáhla na III. třídu znečištění. Hodnoty celkového organického uhlíku (TOC) se pohybují v rozmezí II. třídy - mírně znečištěné a III. třídy – znečištěné vody, a to s hodnotami min. 8,2 mg/l v roce 2012 a max. 12 v letech 2012, 2013, 2014 a 2017. Ukazatel celkového dusíku s hodnotami min. 2,93 mg/l a max. 4,15 mg/l, nepřekročil II. třídu, tedy mírně znečištěné vody. Ukazatel celkového fosforu s hodnotami od 0,073 mg/l až po 0,093 mg/l lze zařadit také maximálně do II. třídy tedy mírně znečištěné vody.

Ukazatel	Třída					jednotky
	I.	II.	III.	IV.	V.	
Acetochlor	< 0,05	< 0,04	< 0,8	< 1,5	≥ 1,5	µg/l
Dimethachlor	< 0,05	< 0,15	< 0,3	< 0,6	≥ 0,6	µg/l
Chlorotoluron	< 0,05	< 0,4	< 0,8	< 1,5	≥ 1,5	µg/l
Isoproturon	< 0,05	< 0,3	< 0,6	< 0,9	≥ 0,9	µg/l
Metazachlor	< 0,05	< 0,1	< 0,2	< 0,4	≥ 0,4	µg/l
Metolachlor	< 0,05	< 0,2	< 0,4	< 0,8	≥ 0,8	µg/l
Terbuthylazin	< 0,05	< 0,5	< 1,5	< 3	≥ 3	µg/l

Tabulka č. 3 – Přehled hodnot vybraných pesticidních látek podle jednotlivých klasifikačních tříd
 ČSN 75 7221, zdroj: ČSN 75 7221 + autor

Při porovnání tabulky č. 1 s hodnotami vybraných pesticidů podle klasifikace ČSN 75 7211 v tabulce č. 3., lze tvrdit, že maximální hodnoty některých látek dosáhly či dokonce přesáhly hodnoty z páté třídy znečištění. Konkrétně se jedná o hodnoty chlorotoluronu v letech 2012 -2013,(0,8 µg/l a 0,9 µg/l),isoproturonu v roce 2012 (0,19 µg/l), metolachloru v letech 2012 – 2013 (15 µg/l a 10 µg/l) a terbuthylazinu v letech 2012 – 2014 (21µg/l. 27 µg/l a 11 µg/l). Vzhledem k tomu, že se o překročení hodnot jedná jen při maximálních naměřených hodnotách a hodnoty celkového průměru nejsou překročeny v žádném z případů, lze konstatovat, že se jedná o sezónní výkyvy.

Látka	NEK-RP	NEK-NPK	Jednotky
Acetochlor		0,4	µg/l
Dimethachlor		0,09	µg/l
Chlorotoluron		0,4	µg/l
Isoproturon	0,3	1	µg/l
Metazachlor		0,4	µg/l
Metolachlor		0,2	µg/l
Terbuthylazin		0,5	µg/l

Tabulka č. 4 – Přehled maximálních přípustných hodnot vybraných pesticidních látek podle
 Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

V tabulce č. 4 jsou uvedeny hodnoty maximálních přípustných hodnot vybraných pesticidních látek dle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Hodnota sloupce NEK-RP uvádí normu environmentální kvality vyjádřenou jako celoroční průměrnou hodnotu. Není-li uvedeno jinak, použije se na celkovou koncentraci všech izomerů. Pro každý daný útvar povrchových vod se použitím NEK - RP rozumí, že aritmetický průměr koncentrací naměřených v různých časech průběhu roku v žádném reprezentativním monitorovacím místě ve vodním útvaru nepřekračuje dotyčnou normu. Hodnota sloupce NEK – NPK uvádí normu environmentální kvality, vyjádřenou jako nejvyšší možnou koncentraci, která je nepřekročitelná. U každého daného útvaru povrchových vod použití NEK-NPK znamená, že naměřené koncentrace v každém reprezentativním monitorovacím místě ve vodním útvaru nepřekračují dotyčnou normu. Je-li NEK-NPK označena výrazem "nepoužije se", pak se hodnoty NEK-RP považují za hodnoty, které v případě trvalého vypouštění chrání proti krátkodobým maximům znečištění, neboť jsou výrazně nižší než hodnoty odvozené na základě akutní toxicity.

Ukazatel	Značka, zkratka nebo číslo CAS	Přípustné znečištění		Jednotky
		roční průměr	maximum	
reakce vody	pH	5-9		
teplota vody	t		29	°C
biochemická spotřeba kyslíku	BSK ₅	3,8		mg/l
chemická spotřeba kyslíku	CHSK _{Cr}	26		mg/l
celkový organický uhlík	TOC	10		mg/l
celkový fosfor	P _{celk.}	0,15		mg/l
celkový dusík	N _{celk.}	6		mg/l

Tabulka č. 5 – Vybrané ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod a vod užívaných pro vodárenské účely, koupání osob a lososové a kaprové vody, vztahující se k místu odběru vody pro úpravu na vodu pitnou, místu provozování koupání, respektive k úseku vodního toku stanoveného jako lososová nebo kaprová voda podle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

ukazatel	2012	2013	2014	jednotky
reakce vody (pH)	7,98/8,8	7,98/8,7	8,13/9,2	
teplota vody	10,5/20,6	10,7/22,8	11,4/19,5	°C
BSK-5	2,6/4,5	2,5/4,7	2,6/6	mg/l
CHSK _{Cr}	19,2/30	21,4/26	20,3/27	mg/l
TOC	8,2/12	9,4/12	8,9/12	mg/l
fosfor celkový	0,093/0,081	0,09/0,084	0,089/0,087	mg/l
dusík celkový	3,26/3,2	4,15/3,95	3,1/3,05	mg/l

Tabulka č. 6 – Naměřené hodnoty ukazatelů znečištění povrchových vod podle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v letech 2012 -2014, zdroj Povodí Vltavy + autor

ukazatel	2015	2016	2017	jednotky
reakce vody (pH)	7,86/8,7	7,7/9,1	7,83/9,1	
teplota vody	7,86/8,7	7,7/9,1	7,83/9,1	°C
BSK-5	2/3,7	2/4,5	2,3/5,5	mg/l
CHSK _{Cr}	19/22	18,3/24	19,6/30	mg/l
TOC	8,3/9,8	8,3/10	8,4/12	mg/l
fosfor celkový	0,074/0,073	0,077/0,076	0,087/0,078	mg/l
dusík celkový	2,93/2,95	3,06/3,05	3,22/3	mg/l

Tabulka č. 7 – Naměřené hodnoty ukazatelů znečištění povrchových vod podle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v letech 2015 -2017, zdroj: Povodí Vltavy + autor

V tabulkách č. 6 a 7, jsou červeně vyznačeny hodnoty, které přesahují povolené limity podle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. (tabulka č. 5). Ve všech případech překročení maximálních povolených hodnot, se jedná vždy o maximální naměřené hodnoty v daném roce. Z tabulek je patrné, že dochází k pravidelnému překračování max. povolených hodnot a to zejména u ukazatelů BSK₅, CHSK_{Cr} a celkového organického uhlíku.

6. Návrh opatření

V této kapitole jsou popsána stávající opatření, ke kterým bylo přistoupeno pro zlepšení kvality upravené vody v ÚV Podolí. Zde se jedná o přidání filtrace přes granulované uhlí (GAU). Jsou zde popsány varianty a navrženy metody, kterými lze odstranit pesticidní látky z upravené vody.

Druhá část této kapitoly je věnována návrhu opatření, která lze aplikovat v rámci povodí vybrané řeky, ke zlepšení stavu surové vody. Jedná se o opatření legislativního charakteru a protierozních opatření, zabraňující smyvu ošetřených zemědělských ploch do povodí.

6.1 Návrh opatření v ÚV Podolí

Filtrace přes granulované uhlí je v současné době nezbytnou součástí technologie procesu úpravy vody. Zvláště pokud je úpravna umístěna na středních či dolních tocích řek, které jsou hustě osídleny jak v ČR, tak i v zahraničí. V těchto oblastech je obtížné zajistit stálou ochranu toku jako zdroje vody. Filtrace přes granulované uhlí pomáhá zvýšit kvalitu upravené vody dle požadavků ČSN 75 7111. Při výběru vhodného granulovaného aktivního uhlí (GAU), je třeba dbát na vhodně zvolené technické parametry. Z hlediska potřeb ÚV Podolí, se musí jednat o aktivní uhlí, které by mělo sloužit jako zabezpečení před nárazovým a neočekávaným výskytem znečištění v důsledku možné havárie na toku. Vzhledem k tomu, že nelze předem specifikovat druh možného znečištění, je třeba zvolit filtrační náplň se širokým spektrem sorpčních schopností.

Jako surovina pro aktivní uhlí se mohou použít všechny druhy látek s vysokým obsahem uhlíku. Hlavními surovinami jsou rašelina, lignit, uhlí, dřevo a skořápky.

Při realizaci GAU v ÚV Podolí je nutné vybrat vhodné aktivní uhlí, které bude schopno, účinně a efektivně zajistit požadovanou kvalitu upravené vody. Jak je z výsledků patrné, koncentrace sledovaných pesticidních látek sice klesají, nicméně se jedná pouze o zlomek sledovaných látek. Řeka Vltava je ve svém toku ovlivněna přítoky řeky Sázavy a Berounky, lze tedy i do budoucna předpokládat její značné

znečištění. Proto i požadavky na účinnost a v neposlední řadě i životnost aktivního uhlí musejí být vysoké.

ukazatel	FILTRASORB 100	FILTRASORB 300	NORIT ROW 0,8 SUPRA	SILCARBON k814
vyrobena z	antracitové uhlí	antracitové uhlí	dřevěného uhlí	kokosových skořápek
velikost částic	1,6 mm	1,6 mm	0,8 mm	1,4 – 2,5 mm
jodové číslo	min. 850 mg/g	min. 950 mg/g	min. 1000 mg/g	min. 1000 mg/g
dechloračnípůhodnota	2,5 cm	2,5 cm	4 cm	8 cm
rychlost praní vodou	6,9 l/s	6,1 l/s	6,9 – 7,8 l/s	do 6,9 l/s
životnost uhlí	5 let	7 let	2 – 3 roky	5 let

Tabulka č. 8 – Přehled vybraných parametrů aktivního uhlí vhodného pro ÚV Podolí, zdroj:

PVK, a. s. + autor

V tabulce č. 8 lze vidět vybrané parametry aktivního uhlí. Vybranou variantu může ovlivnit mnoho ukazatelů. Materiál, z kterého je uhlí vyrobeno v našem případě antracitové uhlí, dřevěné uhlí a kokosové skořápky ovlivňuje mechanickou pevnost proti oděru. To je důležitá podmínka vzhledem k tomu, že uhlí bude propíráno vodou a vzduchem jako současné pískové náplně. Největší pevnost má antracitové uhlí. Pro splnění podmínky tvrdosti lze vybrat FILTRASORB 100 nebo FILTRASORB 300.

Další z parametrů je velikost částic. Aktivní uhlí NORIT 0,8 SUPRA, jako jediné nemá klasickou zrnitost, ale jedná se o uhlí extrudované. Zrna tohoto uhlí jsou upravována do formy válečků. Výhodou je prodloužení životnosti, o 3 -5 let oproti běžnému aktivnímu uhlí vyráběného z uhlí dřevěného. Velikost částí ovlivňuje průtok filtrační vrstvou. To může být limitujícím faktorem pro výkon vodárny.

Jodové číslo částečně charakterizuje sorpční hodnotu, jedná se o tzv. porózitu – mezerovitost propustné vrstvy. Zde platí, čím větší hustota, tím pomalejší propustnost. V současné době zatím není znám požadovaný výkon, kterým by měla Podolská vodárna upravovat vodu. Nelze tedy posoudit vhodnost velikost částic, ani vhodné jodové číslo.

Dechlorační půlhodnota – určuje účinnost a životnost aktivního uhlí při odstranění oxidačních látek jakými jsou chlor nebo ozon. Jedná se o výšku sloupce

aktivního uhlí v cm, ve kterém se sníží obsah oxidačních látek o polovinu. Čím je hodnota nižší, tím je uhlí aktivnější a má delší životnost a je účinnější. Jako nejvhodnější lze opět označit FILTRASORB 100 a FILTRASORB 300, jejíž výška sloupce tvoří pouze 2,5 cm. Hodnoty dechlorační půlhodnoty u ostatních náplní jsou 4 cm a 8 cm.

Doporučená rychlost praní vodou uvádí hodnoty rychlosti praní filtru, čím kratší doba, tím dříve může být filtr opět zařazen do procesu filtrace. Zde má nejvyšší rychlost praní FILTRASORB 300 s hodnotou 6,1 l/s ostatní náplně uvádí hodnotu 6,9 l/s.

Posledním vybraným parametrem je životnost aktivního uhlí. Nejdélejší životnost má aktivní uhlí FILTRASORB 300 a to 7 let. Životnost FILTRASORB 100 je 5 let, NORIT ROW 0,8 SUPRA má životnost 2 -3 roky a SILCARBON K814 také 5 let.

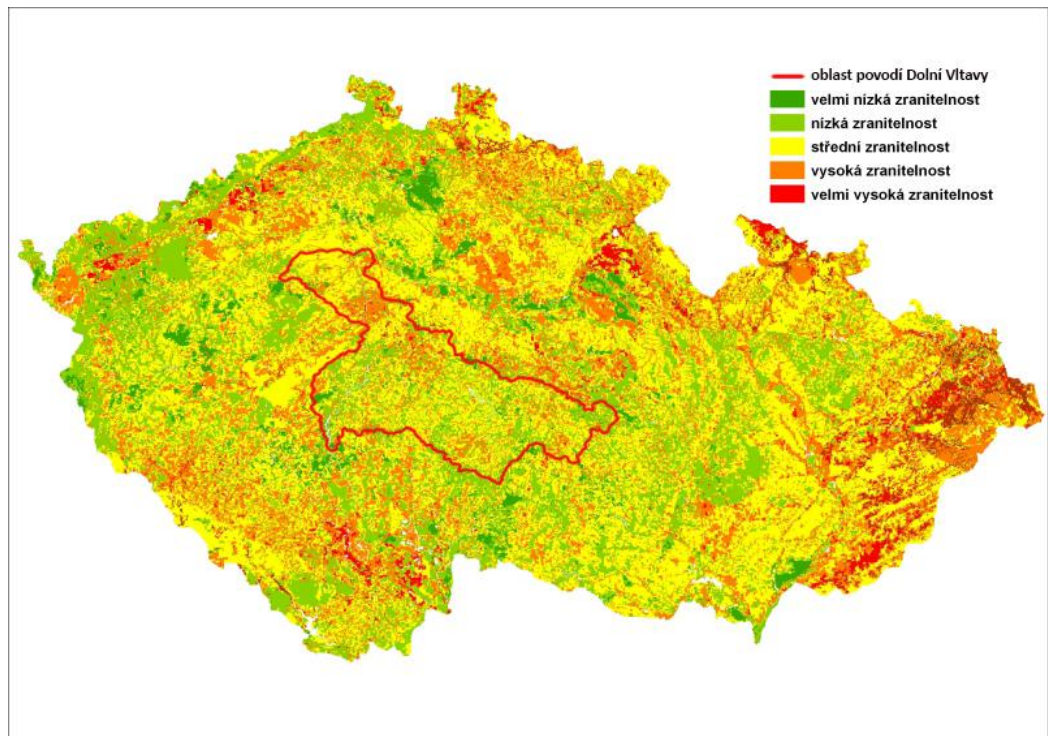
Z výše uvedených poznatků je nejlepší variantou aktivního uhlí pro ÚV Podolí, je podle hodnocení vybraných parametrů FILTRASORB 300.

6.2 Návrh opatření v povodí

Pro zlepšení kvality povrchových vod, nelze určit jedno opatření. Důvodem je velikost celého povodí, která ve vybraném území představuje 7249,12 km². Nutná jsou proto komplexní a propojená opatření v celém povodí, která budou aplikována a dodržována i v ostatních povodích. V této kapitole jsou popsána nejdůležitější opatření, která je nutné učinit na základě monitoringu celého povodí, který určí jak plošné či bodové zdroje znečištění, tak nejvíce ohrožené oblasti. Na základě těchto výsledků je možné aplikovat konkrétní protierozní opatření pro vybrané oblasti. Dále je pro zlepšení kvality povrchových vod provádět pravidelný monitoring, a dodržovat legislativní opatření. Mezi možná opatření jistě patří změna využití plochy v povodí např. zmenšení zemědělské plochy a zvětšení plochy zalesněné.

6.2.1. Protierozní opatření

Protierozní opatření lze aplikovat přímo u zdroje znečištění čili na zemědělských plochách. Hlavním účelem těchto opatření, je zabránit smyvu ošetřených ploch a tím zabránění kontaminace vodních zdrojů, toků či nádrží. Důležitým indikátorem je hodnocení ohroženosti pozemků vodní erozí. Pro vyhodnocení ohroženosti lze využít webový portál Půda v mapách (<https://mapy.vumop.cz/>). Dle míry ohroženosti a blízkosti pozemku vodnímu toku je možné navrhnout vhodné protierozní opatření organizačního charakteru, agrotechnická či technická opatření k zadržení či zpomalení povrchového odtoku. Mezi opatření *organizačního charakteru* patří např.: návrh optimálního tvaru a velikosti pozemku, návrh vhodného umístění pěstovaných plodin, včetně ochranného zatravnění a návrh pásového pěstování plodin. Jedná se o nejlevnější a nejméně náročnou variantu protierozních opatření. Tato opatření, lze navrhnout před zahájením zemědělské činnosti na vybraném pozemku. *Agrotechnická* opatření zahrnují setí a sázení plodin po vrstevnici, ochranné obdělávání (bezorebné setí a sázení, setí/sázení do mulče či mělké podmítky, nebo do ochranné plodiny) hrázkování a důlkování. Ani tato opatření, nejsou finančně náročná, dalo by se říci, že záleží na každém hospodáři, zda chce brát ohledy na ochranu svých pozemků a tím i ochranu přilehlých vodních toků. *Technická opatření* vyžadují větší a finančně náročnější zásahy, mezi ně patří např. terénní urovnávky, protierozní meze, protierozní příkopy, průlehy, zatravněné dráhy soustředěného odtoku, polní cesty s protierozní funkcí, ochranné hrázky, protierozní nádrže, suché poldry, terasy a mnoho dalších. Tato všechna protierozní opatření je nutné aplikovat jako komplexní opatření na celém území, nikoli pouze na vybraném pozemku. Důležitá je v tomto případě ochota majitelů pozemků, které jsou označeny jako ohrožené vodní erozí. Pro určení těchto lokalit je vhodné využít i mapy zranitelnosti povrchových vod, pro vybrané druhy pesticidů, které jsou zpracovány Českým hydrometeorologickým ústavem. Na základě těchto informací lze také určit tzv. chráněné oblasti.



Obrázek č. 9 – Mapa zranitelnosti povrchových vod terbuthylazinem s vyznačeným vybraným územím, zdroj: ČHMÚ + autor

6.2.2. Chráněné oblasti

Vymezení zranitelných oblastí, které jsou citlivé na živiny, probíhá ve čtyřletých intervalech (Povodí Vltavy, 2009). Monitoring těchto oblastí spolu s vyhodnocením situace ve dvouletém intervalu, by mělo, poskytnou představu o aktuální situaci vymezené oblasti a včas reagovat dalšími opatřeními, u samotného zdroje znečištění např. omezení dávek pesticidů, či změny v pěstování plodin. Podobným krokem by mohlo být zpřísnění podmínek u ochranných pásem vodních zdrojů, které vyhláshuje MŽP. V případě zjištění vyšší koncentrací znečišťujících látek ve vodním zdroji, by měly sledovat razantní kroky např. v omezení užívání těchto látek či jejich úplný zákaz ve vtypovaných oblastech.

6.2.3. Legislativní opatření

Neméně podstatným krokem jak zlepšit kvalitu vod, je dodržovat legislativní opatření. Jedním z těchto kroků, je trvat na plnění cílů

z NAP 2018- 2022. Konkrétně dílčích cílů e), f), g), h), i), j), v oblasti ochrany vod:

- dílčí cíl e), přijmout preventivní opatření vedoucí ke snížení výskytu reziduí v povrchových a podzemních vodách s důrazem na zdroje využívané nebo využitelné pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou.

Pro dosažení tohoto cíle je vhodné použít opatření, která jsou popsána v kapitole 6.2.2 Chráněné oblasti.

- dílčí cíl f), přijmout opatření pro zvýšení efektivity monitoringu výskytu reziduí v podzemních, povrchových a pitných vodách.

Pro splnění tohoto cíle je nutné vyzdvihnout důležitost monitoringů povrchových či podzemních vod, ať už se jedná o monitoring situační, provozní, průzkumný či kvantitativní. Do této skupiny bych zařadil také monitoring drenážních systémů, ze kterých se např. pesticidní látky z polí, dostávají do menších povodí a z nich do velkých toků. I tyto informace mohou přinést důležité poznatky o aktuální situaci či k doplnění a ověření získaných informací. Na základě propracovaného systému monitoringu, ať už pouze drenážních systému či větších povodí, lze doporučit informace pro budoucí hospodářskou činnost. Tyto systémy jsou však finančně náročné, a proto je nutné zdůraznit jejich užitečnost, pro uvolnění více finančních prostředků na provádění monitoringu.

- dílčí cíl g), přijmout legislativní opatření pro zvýšení efektivity kontrol dodržování správných zásad použití přípravků

Pro splnění cíle by bylo vhodné regulovat počet přípravků na ochranu rostlin na trhu. V současné době, je v ČR využíváno cca 400 přípravků na ochranu rostlin. Pokud by došlo k regulaci přípravků, byla by snadnější i kontrola správnosti využívání.

- dílčí cíl h), regulace používání některých POR v oblasti, kde účinná látka a její rezidua byla opakovaně zjištěna v nadlimitním množství ve vodním zdroji nebo v útvaru povrchové či podzemní vody.

Tento cíl je splnitelný, pouze za předpokladu, že bude fungovat kvalitním systémem monitoringu těchto látek. V případě opakovaných nálezů zjištěných v nadlimitním množství ve vodním zdroji, je nutné zajistit vhodná opatření. Tímto opatřením může být např. vyhlášení chráněných oblastí, vyhlášení ochranných pásem vodního zdroje či zranitelných oblastí. V případě vyhlášení této oblasti by měl platit legislativní předpis, který zakáže užívání přípravků na ochranu rostlin v takto označených oblastech.

-dílčí cíl i), snížit riziko negativního ovlivnění vod při používání přípravků na nezemědělských plochách.

Plnění tohoto cíle je obtížné, vzhledem k definici nezemědělské plochy, kam spadají lesy, louky či zastavěné oblasti. Ve všech případech by měla platit pravidla, která jsou popsána při plnění dílčího cíle h).

- dílčí cíl j), zajistit cílenou podporu opatření ke snížení nadlimitního místního výskytu reziduí v dodávané pitné vodě tam, kde dočasně nebude dosaženo vyhovující kvality regulací aplikace přípravků prostřednictvím preventivních opatření dle dílčího cíle e). Tato technologická opatření však nesmí nahrazovat realizaci efektivních opatření v povodí vodárenských zdrojů.

Pokud bude znám zdroj znečištění, např. ošetřené pole přípravky na ochranu rostlin v malém povodí, lze vhodnými protierozními opatřeními zabránit dalšímu smyvu

těchto látek do povrchových vod, a tím omezit znečištění vodních zdrojů a ovlivnit tak výslednou kvalitu pitné vody. V případě, kdy by se jednalo o havárii na vodním toku, lze pro zajištění dodávky pitné vody zajistit mobilní úpravnu vody. Ta obsahuje i filtraci přes granulované uhlí. Pro menší oblast je zajištěna dodávka pitné vody 5000 l/hod.

7. Diskuze

Znečištění povrchových vod je celosvětovým problémem. Řada látek, které jsou ve vodním toku sledovány, jsou v toku přítomny v důsledku přírodních procesů. Hlavní zdroje znečištění jsou antropogenní aktivity člověka. Ať už se jedná o znečištění farmaky, (Halešová, 2017), těžkými kovy, (Islam a kol., 2015) či pesticidy. Největším zdrojem znečištění pesticidními látkami ať v České republice (MZe, 2018; Kändler, 2017; Fučík a kol., 2017) nebo v zahraničí (Glinksi a kol., 2018, Deknock a kol., 2019) představuje současný způsob zemědělství, konkrétně tedy používání přípravků na ochranu rostlin. Vyvinuté země se snaží užívání a celkovou spotřebu regulovat, nebo úplně omezit některé přípravky, bohužel v méně rozvinutých zemích jsou používány i zakázané přípravky a to i ve velkém množství (Carvalho a kol., 2006). Může za to nízká úroveň vzdělání a málo informací. V České republice se jedná o otevřené a často diskutované téma, lze tedy konstatovat, že tato problematika je ve velké míře řešena. Vzhledem k výše uvedenému, je v méně rozvinutých oblastech nutná otevřená diskuze a celková osvěta na téma pesticidních látek ve vodách.

Ve své hlavní části práce řeší vývoj znečištění pesticidními látkami v řece Vltavě, která ve svém Dolním povodí, tvoří vodní zdroj pro úpravnu vody v Podolí. Pro vysledování dlouhodobých změn kvality vody, byla použita poskytnutá data od Povodí Vltavy, s. p., ČHMÚ, ÚKZÚZ a ČSÚ. Tato data byla statisticky a graficky zpracována a vyhodnocena. Z výsledků lze konstatovat, že spotřeba sledovaných pesticidních látek (acetochloru, dimethachloru, isoproturonu, metazachloru, metolachloru a terbuthylazinu) má klesající trend. Výjimku představuje spotřeba chlortoluronu, který od roku 2014 zaznamenal opětovný nárůst (graf č. 3). Chlortoluron je v České republice využíván primárně, k hubení plevelů u obilovin. Osevní plochy obilovin (graf č. 11), mají však v ČR již od roku 1980 klesající trend. Výsledky dokazují, že ve zvoleném období došlo také k snížení obsahu zkoumaných pesticidních

látek v naměřených vzorcích ve vybraném území v letech 2012 – 2017 jak je patrné z tabulky č. 1. Tyto kladné výsledky jsou ovšem v rozporu s celkovou spotřebou pesticidů v ČR (graf č. 8), která nadále roste. Důvodem mohou být, nové přípravky, které jsou uváděny na trh. Při porovnání maximálních naměřených hodnot acetochloru a metolachloru v ve vybraném území v roce 2012, s hodnotami, které ve své práci zmiňuje Glinski a kol., (2018) z let 2015 - 2016 z oblasti jižní Georgie v USA, je patrné, že obsah těchto látek v řece, byl Vltavě mnohokrát nižší. Vyšší koncentrace naměřených látek isoproturonu a metazachloru oproti zájmovému území řeky Vltavy uvádí i Weber a kol. (2018). Výjimku tvoří naměřené hodnoty therbuthylazinu v letech 2012 - 2014, které byly v zájmovém území vyšší, než ve své práci uvádí Weber a kol., 2018. Práce se ztotožňuje s výsledky, Webera a kol. (2018) a Ferenčíka (2017), jenž tvrdí, že pesticidní látky či jejich metabolity zůstávají ve vodním prostředí i několik let. Příkladem může být výskyt acetochloru ve vodní nádrži Vrehlice v letech 2013 – 2017 (acetochlor v ČR zakázán od roku 2013), či nálezy antrazinu v roce 2016 v povodích v Sársku (antrazin v Německu zakázán od roku 1991).

Zhodnocení dat vybraných ukazatelů jakosti vod v podobě BSK₅, CHSK_{Cr}, celkovém organickém uhlíku, celkovém dusíku a celkovém fosforu vyplývá, že všechny tyto ukazatele zaznamenaly od roku 2012 do roku 2015 pokles naměřených hodnot ve vybraném území. Od roku 2015 do roku 2017 mají stoupající tendenci (grafy č. 12 -16). Rok 2015 byl podle MZe, (2016), výrazně teplejší a značně srážkově podprůměrný. Zde se ukazuje, jak velký vliv mají srážkové epizody a následné splachy, na výskyt jednotlivých látek v povrchových vodách. Od roku 2015 po současnost, mají všechny průměrné hodnoty těchto ukazatelů vzrůstající trend. Většina studií prokazatelně určuje zemědělskou činnost, jako hlavní zdroj znečištění povrchový vod pesticidními látkami (Kändler, 2017; Ferenčík, 2107; Deknock a kol., 2019; Glinski a kol., 2018 a Weber a kol., 2018).

Dalším krokem při zpracování dat bylo porovnání vybraných hodnot s maximálními povolenými hodnotami ukazatelů jakosti povrchových vod dle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. a zařazení vybraných ukazatelů dle naměřených hodnot do tříd kvality podle ČSN 75 7221.

Cílem práce bylo vyhodnotit dlouhodobý stav kvality vody na proces úpravy vody. V práci je popsána historie procesů úpravy vody od počátku provozu Podolské vodárny v roce 1885, až po současnost. Z výsledků je patrné, že až do roku 1956, se řešil spíše výkon úpravny, než samotná kvalita upravené vody. Úpravna od roku 2002 slouží jako záložní zdroj, tzv. studená rezerva. Nicméně v blízké budoucnosti se uvažuje o jejím znovu uvedení do provozu. Proto bylo nutné dlouhodobě zhodnotit míru znečištění surové vody v řece Vltavě. V reakci na kvalitu vody byla navržena opatření, která by mohla pomoci kvalitu zlepšit. Jedná se o přidání aktivního granulovaného uhlí, které by mělo z vody odstranit, právě pesticidní látky, které při současném stavu technologie úpravny lze odstranit jen z části. Pro kompletní odstranění těchto látek dojde ještě k přidání zařízení na ozonizaci vody, na úplný konec procesu úpravy.

V závěru práce byla navržena opatření pro zlepšení kvality vody, v povodí řeky Vltavy. Vzhledem k rozsahu povodí, neexistuje opatření, které by šlo aplikovat celoplošně. Jedná se zejména o protierozní opatření, která by měla zabránit smyvu pesticidních látek do vodních toků. Tato opatření musejí být aplikována individuálně a tvořit systém komplexních opatření, který bude postupně aplikován v celém povodí. Důležitým faktorem, je přístup majitelů pozemků, které tvoří zdroje znečištění. Jakým způsobem budou dodržovat navržená protierozní opatření. Pro určení ohrožených oblastí je nejdůležitější součástí pravidelný monitoring Monitorování stavu povrchových vod, od malých i velkých vodních toků či drenážních systémů přináší bilanční a statistické údaje o výskytu a vyplavování pesticidů. Neméně podstatným opatřením je dodržovat legislativní opatření, jako jsou ochranná pásma, určené zranitelné oblasti či dílčí cíle, které jsou uvedeny v NAP pro roky 2018- 2022, k zajištění udržitelného používání pesticidů v ČR. Důležité je vyvarovat se lhostejnému přístupu, jako při plnění Národního akčního plánu v letech 2013 - 2017. Jedním z opatření, která by mohla dlouhodobě zlepšit kvalitu povrchových vod, je zvětšit podíl zalesněné plochy v povodí. Zalesněné plochy prokazatelně snižují koncentrace pesticidních látek v povrchových vodách (Kändler, 2017 a Weber a kol., 2018). Z výsledků práce je patrné, že spotřeba pesticidních látek v České republice mírně stoupá, lze tedy předpokládat stoupající trend znečištění povrchových vod. Znečištění

povrchových vod nelze zastavit, lze ho alespoň zmírnit účinnými protierozními opatřeními a předvídat ho pomocí propracovaného systému kvalitního monitoringu.

8. Závěr

Tato práce se zabývala problémem znečištění povrchových vod pesticidními látkami. Problematika byla zpracována v rešeršní části. Na základě dostupných zdrojů byly popsány hlavní zdroje znečištění. V práci byla porovnána problematika pesticidů v povrchových vodách v ČR a v zahraničí. V hlavní části této práce došlo k seznámení se zájmovým územím, konkrétně tedy s procesem úpravy vody v ÚV Podolí, která se v současné době potýká s problémem odstranění pesticidních látek při procesu úpravy.

Práce měla za cíl vyhodnotit dlouhodobé změny znečištění vody ve Vltavě, vyhodnotit vliv na změnu úpravy vody v úpravně vody Podolí a navrhnout opatření vedoucí ke zlepšení kvality pitné vody s ohledem na výskyt nových prioritních polutantů v surové vodě. Z poskytnutých dat Povodím Vltavy, s. p. v letech 2012 - 2017 je patrný výskyt pesticidních látek a přesah maximálních povolených hodnot uvedených v Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Spotřeba sledovaných pesticidů v zemědělském odvětví, až na výjimky klesá, nicméně celková spotřeba přípravků na ochranu rostlin v ČR za období 2009 – 2017 stále stoupá. To je způsobeno i díky stále se zvětšujícím zemědělským plochám určených pro pěstování kukuřice a brukve řepky.

Podle ČSN 75 7221 a jednotlivých tříd znečištění, do kterých byly zařazena data naměřených hodnot v profilu Vltava – Podolí, je patrné, že kvalita vody se na Dolním toku řeky Vltavy za posledních 7 let mírně zlepšuje.

V reakci na kvalitu povrchové vody v řece Vltavě jako vodního zdroje pro úpravnu vody v Podolí, musela reagovat i samotná úpravna, která momentálně vodu nevyrábí, ale slouží jako pohotovostní rezerva. Opatření se týká zařazení filtrace přes granulované uhlí na druhé galerii ve staré filtraci. Tento krok doplní těsně před nátokem upravené vody do akumulace ještě ozonizace.

V závěru práce byla navržena opatření vedoucí ke zlepšení kvality vody jak na samotné úpravě vody v Podolí, tak i v oblastech povodí, u největších zdrojů znečištění povrchových vod.

Seznam literatury

ALLAN J. D., 2004, Landscapes and riverscapes: the influence of land use on Stream Ecology, Annual Reviews. Ecology, Evolution, Systematics, 35 p. 257-284

AMBROŽOVÁ J., 2003, Aplikovaná a technická hydrobiologie, 2. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, ISBN 80-7080-521-8

BAKER A., 2006, Land use and water quality Encyclopedia of Hydrological Sciences, Part 16, John Wiley and Sons.

BERESWILL, R. et al. 2014. Risk Mitigation Measures for Diffuse Pesticide Entry into Aquatic Ecosystems: Proposal of a Guide to Identify Appropriate Measures on a Catchment Scale. Integrated Environmental Assessment and Management, p. 286–298.

BHATNAGAR A., a kol., 2010, Coconut - based biosorbents for water treatment - a review of the recent literature, Advance in Colloid and Interface science., 160 (1-2)

BOITHIAS L. a kol., 2014, Application date as a controlling factor of pesticide transfers to surface water during runoff events, Catena, 119, p. 97-103.

BUCHTÍK J. 1973, Pražský vodovod – Historie a současnost, Výstavba a výhled, Hydroprojekt Praha.

BUNDSCHUH M. a kol., 2014, Evaluation of pesticide monitoring strategies in agricultural stress based on the toxic-unit concept – Experiences from long term measurements. Science of the Total Environment, 484(2014), p. 84–91.

CAREY R. O. a kol., 2013, Evaluation nutrient impacts in urban water sheds: challenges and research opportunities, Environmental Pollution., 173 (2013), p. 138-149.

CARVALHO F.P., 2006, Agriculture, pesticides, food security and food safety, Environ. Sci. Pol., 9, p. 685-692.

CERDÀ A., 2007: Soil water erosion on road embankments in eastern Spain, Science of the Total Environment, 378, 1-2, p. 151 – 155.

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2019, Pasportizace pesticidů
dostupné z: <http://hydro.chmi.cz/pasporty/>.

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, 2019, Vývoj ploch osevů vybraných zemědělských plodin v letech 1980 až 2018
dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/soupis-ploch-osevu-k-31-5-2018>.

DAVEY A. a kol., 2011. Barriers to 100% compliance, or is it achievable? Report No. 11/RG/07/21, UK Water Industry Research Limited.

DEKNOCK A., a kol., 2019, Distribution of agricultural pesticides in the fresh water environment of the Guayasriverbasin (Ecuador), Science of The Total Environment, Volume 646, p. 996-1008, ISSN 0048-9697.

DOMINGUES V. a kol., 2005, Sorption behaviour of bifenthrin on cork, J. Chromatogr. A, 1069.

DOPPLER, T. a kol., 2014, Critical source areas for herbicides can chase location depending on rain events. Agriculture, Ecosystems and Environment 192, p. 85–94.

DWIVEDI S. a kol., 2018, Ganga water pollution: A potential health threat to inhabitants of Ganga basin, Environment International, Volume 117, ISSN 0160-4120.

EPA - United States Environmental Protection Agency, 2017, Washington D. C, Pesticides Industry Sales and Usage, 2008–2012 Market Estimates.

FEDOROVA Ga kol., 2014, A passive sampling method for detecting analgesics, psycholeptics, antidepressants and illicit drugs in aquatic environments in Czech Republic, Science of The Total Environment.

FERENČÍK M., 2017, Pesticidy v zemědělsky intenzivně využívaném povodí vodárenské nádrže Vrchlice, aktuální stav, Sborník konference PITNÁ VODA 2018 - 14. pokračování konferencí Pitná voda z údolních nádrží 28. 5. – 31. 5. 2018 v Táboře, Water&Environmental Technology Team, České Budějovice, ISBN 978-80-9052398-3-8.

FIALA J. a kol. 2011, Technologie úpravy vody – teorie a praxe, Interní dokument ÚV ŽELIVKA.

FUČÍK. P. a kol., 2017, Metodický postup pro monitoring dynamiky pesticidů v zemědělských drenážích a drobných vodních tocích, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. a Povodí Vltavy, státní podnik, Praha, ISBN: 978-80-87361-78-8.

GADD G., 2009, Biosorption: critical review of scientific rationale, environmental importance and significance for pollution treatment, J. Chem. Technol. Biotechnol., 84(1) p. 13-28.

GASSMANN, M. et al. 2015. Physico-chemical characteristics affect the spatial distribution of pesticide and transformation product loss to agricultural brook. Science of the Total Environment 532, p. 733–743.

GLINSKI A. D. a kol., 2018, Analysis of pesticides in surfacewater stem flow, and through fall in anagricultural area in South Georgia, USA, Chemosphere, Volume 209, p. 496-507, ISSN 0045-6535.

GRABIC R. a kol., 2018, Identifikace polutantů v povodí vodárenských zdrojů pomocí necíleného screeningu, Sborník konference PITNÁ VODA 2018 - 14. pokračování konferencí Pitná voda z údolních nádrží 28. 5. – 31. 5. 2018 v Táboře, Water&Environmental Technology Team, České Budějovice, ISBN 978-80-9052398-3-8.

GRISMER M., 2012: Standards vary in studies using rainfall simulators to evaluate erosion, CaliforniaAgriculture, 66, p. 102 -107, online (1. 4. 2015):
<http://californiaagriculture.ucanr.org/landingpage.cfm?article=ca.v066n03p102&fulltext=yes>.

HALEŠOVÁ T., Monitoring moderních polutatnů v různých složkách ŽP, Sborník přednášek a posterových sdělení, Poděbrady 20. – 22. Zář 2017, The Czech Water Association, 2017, ISBN 978-80-263-1322-9.

HLAVÍNEK P., 2006, Jakost vody v povodí, Brno, Vysoké učení technické v Brně.

HO Y.S. a kol., 2000, Kinetics of polutant sorption by biosorbents: Review, Separation and Purification methods, 29, p. 189-232.

HORÁKOVÁ M., 2003 Analytika vody. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, ISBN 80-7080-520.

HYDROPROJEKT, 1999, Rekonstrukce vodárny Podolí – interní dokument.

JANDA V. a STRNADOVÁ N., 1999, Technologie vody I., 2. vydání, Praha, Vydavatelství VŠCHT, ISBN 80-7080-348-7.

JANEČEK M., 2007: Ochrana zemědělské půdy před erozí, ISV nakladatelství, Praha, ISBN: 85866-85-8, 201.

JANEČEK M., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí, Metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v. v. i. Praha. ISBN 978-80-254-0973-2. 76.

JÁSEK J. a kol., 2014, Podolská vodárna a Antonín Engel, Pro Pražské vodovody a kanalizace, a. s., vydal VR Atelier v Praze.

JELINGOVÁ H. a kol., 2018, Výsledky cíleného sledování širšího spektra pesticidů a jejich metabolitů v pitné vodě v ČR v roce 2017, Sborník konference PITNÁ VODA 2018 - 14. pokračování konferencí Pitná voda z úrodných nádrží 28. 5. – 31. 5. 2018 v Táboře, Water&Environmental Technology Team, České Budějovice, ISBN 978-80-9052398-3-8.

JUHASZ A. L. a kol., 2002, Biosorption of organochlorine pesticides using fungal biomass, J. Ind. Microbiol. Biotechnol., 29 (4).

KÄNDLER M. a kol., 2017, Impact of land use on water quality in the upper Nisa catchment in the Czech Republic and in Germany, Science of The Total Environment, Volume 586, p. 1316-1325.

KLAUS, J. a kol., 2014, Controls of event-based pesticide leaching in natural soils: A systematic study based on replicated fields and irrigation experiments. Journal of Hydrology 512, p. 528–539.

LANGHAMER J., 2002, Kvalita povrchových vod a jejich ochrana, Praha, Přírodovědecká fakulta Karlovy univerzity v Praze.

LEFRANCQ M. a kol., 2017, High frequency monitoring of pesticides in runoff water to improve understanding of their transport and environmental impacts. Science of The Total Environment, p. 587–588.

MEA, 2005. Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2011, Příručka ochrany proti vodní erozi, Praha, ISBN 978-80-7084-996-5

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ,

MORGAN R. P. C., 2005: Soilerosion and conservation. Blackwell Publishing, Oxford, ISBN: 978-1-4051-1781-4, 316.

NÁTR L., 2011, Příroda, nebo člověk – služby ekosystémů, Univerzita Karlova v Praze, ISBN 978-80-246-1888-3.

PETERS, K. et al. 2013. Review on the effects of toxicants on fresh water ecosystem functions, Environmental Pollution, 180, p. 324– 329.

POLLARD S. J. T. a kol., 1992, Low-cost adsorbents for waste and wastewater treatment: a review, Science of The Total Environment, 116 (1–2), p. 31-52

POLÁK M., 2015, Po stopách pražského vodárenství, MILPO MEDIA s. r. o., Praha.

POŠTA J., a kol., 2005, Čistírny odpadních vod, Česká zemědělská univerzita, Praha.

PVK, a. s., 2012, Interní zdroj – Granulované aktivní uhlí.

PVK, a. s., 2017, Interní zdroj – provozní řád ÚV Podolí.

RICKSON R. J., 2013: Can kontrol of soil erosion mitigate water pollution by sediments?, Science of The Total Environment, p. 468 – 469.

RICHTER M., 2012, Ochrana čistoty vod, 1. Vydání: Miroslav Richter – Ústí nad Labem, 2005 ISBN 2. Elektronická verze – 2. upravené vydání v rámci projektu ENVIMOD.

SANDIN, M. a kol., 2018, Spatial and tempoval patterns of pesticide concentrations in streamflow, drainage and runoff in a small Swedish agricultural catchment. Science of The Total Environment, p. 610-611.

SELLE B. a kol., 2013, Understanding processes governing water quality in catchments using principal components core, Journal of Hydrology., 486, p. 31-38.

ŠEN A. a kol., 2015, Heavy metals removal in aqueous environments using bark as a biosorbent, International Journal of the Environmental Science Technology., 12 (1), p. 391-404.

STOKSTAD E., a Grullón G., 2013, Infographic: pesticide planet, Science, 341 (2013), p. 730-731.

STUHLÍK M., 1962, Filtrace vody, Státní nakladatelství technické literatury, Praha.

SUŠIENKOVÁ Z., 2017, Kvalita vody v Bílině a návrhy opatření k jejímu zlepšení, Povodí Ohře.

TESAŘÍK I. A MIČAN V., 1964, Úprava vody vložkovým mrakem, Státní nakladatelství technické literatury, Praha.

US EPA, 2015, Guidance to Calculate Representative Half-life Values and Characterizing Pesticide Degradation.

Internetový odkaz: <https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/guidance-calculate-representative-half-life-values> .

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2019, Spotřeba POR v jednotlivých letech

dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/pripravky-na-or/ucinne-latky-v-por-statistika-spotreba/spotreba-pripravku-na-or/spotreba-v-jednotlivych-letech/>.

WEBER G. a kol., 2018, Pesticides in agricultural headwater streams in southwestern Germany and effects on macroinvertebrate populations, Science of The Total Environment, p 638 -648.

WHO, 2010, The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to classification 2009, ISBN 978 92 4 154796 3

ZAJÍČEK M., a kol. 2018, Výskyt pesticidů v drenážních a povrchových vodách, Sborník konference PITNÁ VODA 2018 - 14. pokračování konferencí Pitná voda z údolních nádrží 28. 5. – 31. 5. 2018 v Táboře, Water&Environmental Technology Team, České Budějovice, ISBN 978-80-9052398-3-8.

Seznam použitých právních předpisů

Vyhláška č. 232/2004 Sb. - vyhláška, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, týkající se klasifikace, balení a označování nebezpečných chemických látek a chemických přípravků.

Vyhláška č. 390/2004 Sb. - vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 292/2002 Sb., o oblastech povodí.

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. - Nařízení vlády 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.

ČSN 75 7221 - Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod.