

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



**Vliv revitalizačních opatření na chemické parametry
rašeliniště mezi obcemi Hora Sv. Šebestiána
a Satzung**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Marek Moučka

Vedoucí diplomové práce: prof. RNDr. Michal Hejčman, Ph.D. et Ph.D.

2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením **prof. RNDr. Michala Hejcmana, Ph.D. et Ph.D.** a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval prof. RNDr. Michalu Hejcmanovi, Ph.D. et Ph.D. za vstřícný přístup, cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vedení mé diplomové práce. Dále chci poděkovat zástupcům firmy Vodní zdroje Ekomonitor spol. s.r.o. Chrudim, že mi umožnili přímou účast na realizovaném projektu, a také bych tímto rád poděkoval slečně Mgr. Janě Novohradské za cenné podněty a připomínky při zpracování této práce.

Abstrakt:

Cílem této práce bylo zjistit, jak se v průběhu let 2011, 2013 - 2018 změnil hydrochemické parametry a hydrologický režim po provedených revitalizačních opatřeních formou zbudování přehrázek v letním období 2014, na odvodňovacích kanálech rašeliniště Prameniště Chomutovky. Daná lokalita se nachází na hřebenu Krušných hor v přírodní rezervaci Prameniště Chomutovky mezi obcemi Satzung a Hora Sv. Šebestiána. V rámci monitoringu bylo provedeno periodické měření hladin podzemní vody ve vrtech řady PV (PV-1 až PV-10) a odběr vzorků na stanovení fyzikálně chemických parametrů podzemní a povrchové vody na odběrových místech PA-3 a na odtoku z měrného přelivu V-1. Současně byly také provedeny odběry vzorků na analýzu povrchové vody na profilu III. Mlýn na Chomutovce. Vzorky byly podrobeny těmto analýzám: pH, konduktivita, CHSK_{Mn} , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Fe, Al, DOC, A_{254} , $A_{254}/\text{DOC} \cdot 100$, huminové látky. Získaná data byla podrobena základnímu statistickému vyhodnocení EDA, poté byla za použití programu Canoco 5 provedena mnohorozměrná analýza lineární ordinační metodou PCA. Získaná data hladin podzemní vody za jednotlivá období byla nakonec podrobena korelační analýze a výsledky fyzikálně chemických parametrů lineární regresi. Z hodnot měření hladin podzemní vody je patrný výrazný nárůst hladiny ve vrtech a stabilizace rozkolísanosti po zbudování přehrázek v létě 2014. Vrtky nacházející se u vedlejšího odvodňovacího kanálu vykazují vyšší nárůst hladiny oproti vrtům u hlavního odvodňovacího kanálu. Výsledky fyzikálně chemických parametrů ukazují na snížení hodnot většiny sledovaných parametrů po zbudování přehrázek na všech třech profilech. Významný vliv na vývoj hydrochemických dějů mají především huminové látky, včetně vlivu lokálních klimatických podmínek, a to především teploty. Po zbudování přehrázek je patrný průběžný nárůst HPV ve vrtu PA-3, díky čemuž dochází k nižší distribuci huminových látek a látek na ně navázaných v komplexech (Fe, Al, DOC ...). Na měrném přelivu V-1 a Chomutovce nebyly v dlouhodobém vývoji zjištěny výrazné změny nárůstu nebo poklesu koncentrací zkoumaných parametrů.

Klíčová slova:

rašeliniště, revitalizace, chemismus, povrchový odtok, degradace

Abstract:

The aim of this work was to find out how hydrochemical parameters and hydrological regime changed during the years 2011, 2013 - 2018 after the revitalization measures in the form of construction of barrages in summer 2014, on drainage channels of Prameniště Chomutovka peat bog. This locality is situated on the ridge of the Ore Mountains in the nature reserve of Chomutovka Prameniště between the villages of Satzung and Hora Sv. Šebestiána. Within the monitoring were done the periodic measurements of water tables in the PV series (PV-1 to PV-10) boreholes and sampling for the determination of physico-chemical parameters of groundwater and surface water at the PA-3 sampling points and on the outflow from V-1 specific overfall. At the same time, sampling was carried out for the analysis of surface water on profile III. Mill on Chomutovka. The samples were subjected to the following analyzes: pH, conductivity, CHSK_{Mn} , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Fe, Al, DOC, A_{254} , $A_{254}/\text{DOC} \cdot 100$, humic substances. The obtained data were subjected to a basic statistical evaluation of EDA, then a multidimensional analysis was performed using the Canoco 5 program using the linear PCA ordination method. The obtained water tables data for individual periods were finally subjected to correlation analysis and physico-chemical parameter results to linear regression. Measurement results of water tables show significant elevation in boreholes and stabilization of fluctuations after building of barrages in summer 2014. The boreholes located by the secondary drainage channel show a higher increase in water table compared to the boreholes by the main drainage channel. The physico-chemical parameter results show that the majority of the monitored parameters have been reduced after building the barrages on all three profiles. Significant influence on the development of hydrochemical processes have mainly humic substances, including the influence of local climatic conditions, especially temperature. After building of barrages, the continuous growth of HPV in the PA-3 borehole is evident, resulting in lower distribution of humic substances and compounds bound in complexes (Fe, Al, DOC ...). At V-1 specific overfall and Chomutovka, no significant changes in the increase or decrease of the concentrations of the studied parameters were found in the long-term development.

Keywords:

peat bogs, revitalization, chemism, surface outflow, degradation

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Úvod..... | 8 |
| 2. Cíl práce..... | 10 |
| 3. Charakteristika vybrané lokality..... | 11 |
| 3.1 Lokalizace území..... | 11 |
| 3.2 Přírodovědné poměry území | 12 |
| 3.2.1 Geologické a geomorfologické poměry území | 12 |
| 3.2.2 Klimatické poměry území | 13 |
| 3.2.3 Hydrogeologické poměry území | 14 |
| 3.2.5 Pedologické poměry území | 16 |
| 3.3 Botanické zhodnocení lokality | 16 |
| 3.3.1 Charakteristika jednotlivých typů biotopů nacházejících se na lokalitě .. | 17 |
| 4. Kvalitativní ukazatele podzemní a povrchové vody..... | 19 |
| 4.1 Charakteristika jednotlivých hydrochemických parametrů..... | 19 |
| pH..... | 19 |
| Elektrická konduktivita (měrná vodivost) | 20 |
| CHSK _{Mn} | 21 |
| Dusitany NO ₂ ⁻ | 22 |
| Dusičnany NO ₃ ⁻ | 23 |
| SO ₄ ²⁻ | 24 |
| PO ₄ ³⁻ | 26 |
| DOC..... | 27 |
| Huminové látky..... | 28 |
| A ₂₅₄ nm a A ₂₅₄ nm/DOC*100 | 30 |
| Hliník (Al)..... | 31 |
| Železo (Fe)..... | 33 |
| 5. Praktická část | 35 |
| 5.1 Metodika..... | 35 |
| 5.1.1 Periodické měření hladin podzemní vody ve vrtech řady PV | 35 |
| 5.1.2 Odběry vzorků a měření chemických parametrů povrchových a podzemních vod..... | 36 |
| 5.1.3 Statistické vyhodnocení | 37 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.2 | Statistické vyhodnocení výsledků | 38 |
| 5.2.1 | Periodické měření hladin ve vrtech PV | 38 |
| 5.2.2 | Základní statistické vyhodnocení hladin ve vrtech řady PV | 38 |
| 5.2.3 | Analýza hlavních komponent PCA hladin ve vrtech | 45 |
| 5.3 | Periodické měření hydrochemických parametrů | 49 |
| 5.3.1 | Základní statistické vyhodnocení hydrochemických parametrů | 49 |
| 5.3.2 | Analýza hlavních komponent hydrochemických parametrů | 68 |
| 6. | Diskuze | 70 |
| 7. | Závěr | 75 |
| 8. | Seznam použité literatury | 77 |
| | Publikace: | 77 |
| | Webové stránky: | 80 |
| 9. | Seznam tabulek a obrázku | 81 |
| 10. | Přílohy | 85 |

1. Úvod

Rašeliniště patří mezi ekosystémy, stejně jako většina mokřadů, které byly v minulosti výrazně negativně ovlivněny hospodářskou činností člověka. Tradičním zásahem bylo odvodňování, snaha o těžební využívání a zvyšování produkce rašeliny, případně rozšiřování zemědělské půdy nebo navyšování produkce dřeva. V současné době jsou prováděna nápravná opatření za účelem znovunastolení rašelinných procesů (paludifikace) a oživení funkčnosti těchto lokalit na úroveň podobnou nebo stejnou jako před negativním dopadem lidské činnosti. Dopady těchto zásahů mohou přetrvávat i poměrně dlouho po provedených nápravných opatřeních. V případě dobře provedených revitalizačních opatření se mohou tyto biotopy dále vyvíjet i bez dalších zásahů člověka (Bufková, 2013). Základním a často používaným zásahem je zlepšení hydrologického režimu zbudováním přehrázek, případně zasypání obvodových nebo centrálních kanálů za účelem zpomalení odtoku z lokality, zvýšení a ustálení rozkolísané hladiny podzemní vody. V ČR patří rašeliniště mezi biotopy, které mají ostrovní charakter a jsou často specifické druhovým zastoupením, kdy se neřídka jedná o glaciální relikty (Řehounek et al., 2010). Monitorované rašeliniště se typově řadí mezi vrchoviště, tj. oblasti označované jako „přírozené zásobárny vody“. Vzhledem k současnému stavu krajiny a vývoji „extrémních“ klimatických podmínek jsou na tyto části území kladeny vyšší nároky na jejich ochranu, případně obnovu.

Na základě společného prohlášení o spolupráci mezi Ústeckým krajem a Vládním prezídiem Chemnitz z 20. 2. 2008 o revitalizaci rašelinišť na hřebenech Krušných hor, které byly odvodňovány v minulosti za účelem lesního hospodářství, byla vyhlášena 1. etapa projektu Revitalizace rašelinišť mezi Horou Svatého Šebestiána a Satzung. Tato etapa probíhající v roce 2011 spočívala ve shromáždění veškerých možných vstupních podkladů pro revitalizaci rašelinišť ve formě rešerší odborných publikací, dále v podrobném zmapování hydromelioračních sítí, vegetačních a hydrologických podmínek na lokalitách a dále v návrzích na revitalizaci těchto hodnotných území (Ústecký kraj, 2012). Na předchozí část navazovala druhá etapa hydrologického monitoringu od 25. 7. 2013 do 30. 4. 2015, v které byly v letním období 2014 zbudovány přehrázky z důvodu zvýšení hladiny a stabilizace hydrologického režimu (Šíma, 2016). Ke stavbě těchto přehrázek bylo použito přírodního materiálu. Na lokalitě bylo zbudováno několik typů hrazení: sypané, sypané s prkny, sypané s prkny

doplněné hlínou a dvojitě prkenné hrazení s výplní, s požadavkem, kdy hladina nesmí dosahovat méně než 20 cm pod hranu následujícího stupně (Čechura et al., 2008).

Tento projekt bylo možné realizovat i z důvodů získání dotací z Evropského fondu pro regionální rozvoj v rámci Programu na podporu přeshraniční spolupráce mezi Českou republikou a Svobodným státem Sasko – Cíl 3/Ziel 3 (Ústecký kraj, 2012). V současné době probíhá pravidelný hydrologický monitoring spočívající v odběru vzorků podzemní a povrchové vody, včetně kontinuálního a periodického měření hladin podzemní vody, sledování teploty, vlhkosti a množství srážek pomocí srážkoměrné stanice. Firma Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. realizuje hydrologický monitoring na základě smlouvy s Ústeckým krajem již od roku 2013 s předpokládaným ukončením v lednu 2020 (Šíma et Švec, 2018).

Pro účely této diplomové práce byl realizován pravidelný odběr vzorků podzemní a povrchové vody na odběrových místech PA-3, měrném přelivu V-1 nacházejícím se na monitorovaném rašeliništi, které je součástí přírodní rezervace Prameniště Chomutovky, a odběrovém profilu na Chomutovce III. Mlýn. V rámci odběru vzorků podzemní a povrchové vody byly pomocí přístroje Combo HI 98129 měřeny kvalitativní parametry jako pH, konduktivita a teplota. Součástí periodického monitoringu bylo také sledování úrovně hladiny podzemní vody ve vrtech řady PV (PV-1 až PV-10). Odebrané vzorky byly dále analyzovány parametry dle tabulky 5 a výsledné hodnoty, včetně zjištěných úrovní hladin podzemní vody, podrobeny statistickému vyhodnocení.

2. Cíl práce

Diplomová práce je zaměřena na výzkum hydrochemických parametrů a hydrologického režimu na vytipovaných monitorovacích objektech rašeliniště nacházejícím se v přírodní rezervaci Prameniště Chomutovka na hřebenu Krušných hor mezi obcemi Satzung a Hora Svatého Šebestiána a odběrovém profilu III. Mlýn na Chomutovce. Hlavním cílem je zhodnocení vlivu provedených nápravných opatření na vývoj fyzikálně chemických parametrů a vliv těchto opatření na vývoj hydrologického režimu.

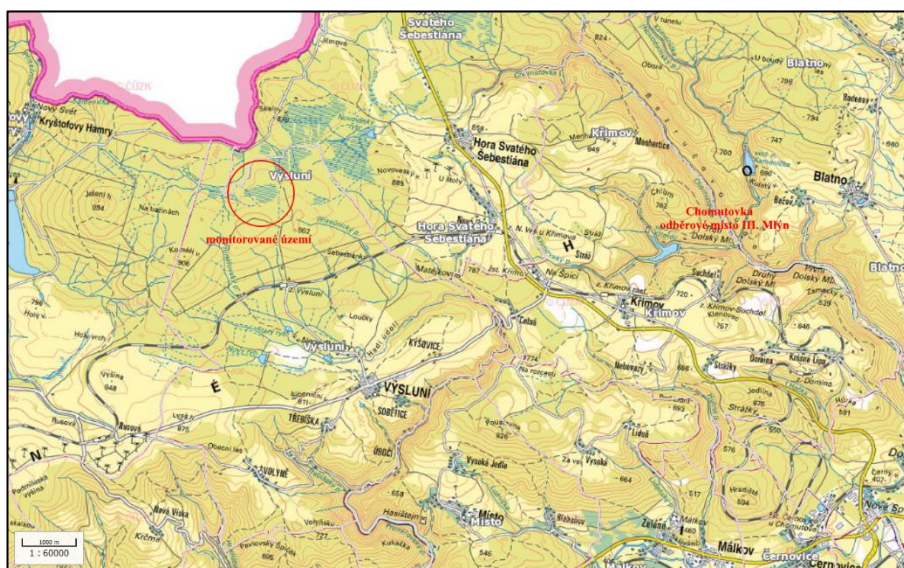
Dílčí cíle:

- periodické měření hladin podzemní vody ve vrtech řady PV (PV-1 až PV-10) s cílem zjistit zda má zbudování přehrázek vliv na zvýšení a ustálení kolísání hladiny podzemní vody v monitorovaných objektech
- periodický monitoring a odběr vzorků podzemní a povrchové vody na stanovení fyzikálně chemických parametrů na vytipovaných odběrových místech rašeliniště, vrtů PA-3 a PA-6 a měrného přelivu na odtoku z rašeliniště V-1
- periodický monitoring a odběr vzorků povrchové vody na stanovení fyzikálně chemických parametrů na vytipovaném profilu III. Mlýn na Chomutovce
- statistické vyhodnocení získaných dat z měření a analýz odebraných vzorků s cílem zjistit jaký vliv mají provedená nápravná opatření na fyzikálně chemických vlastnosti podzemní a povrchové vody revitalizovaného rašeliniště

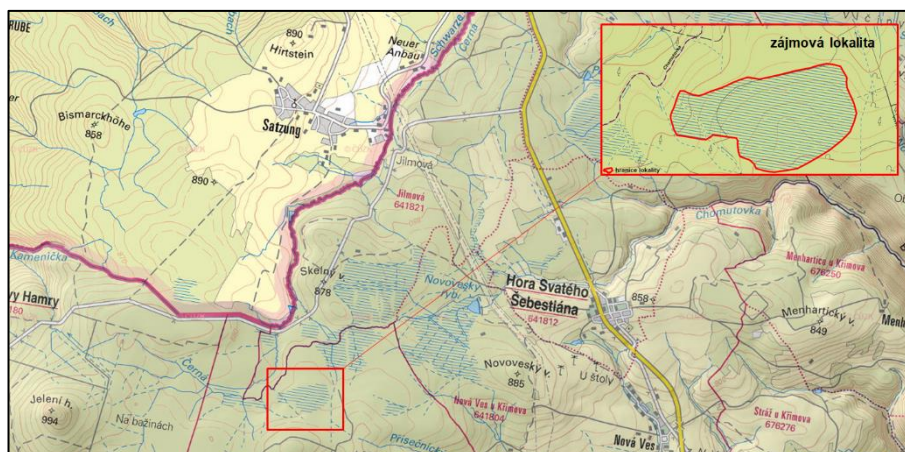
3. Charakteristika vybrané lokality

3.1 Lokalizace území

Monitorované území vrchoviště nepravidelného tvaru (obrázek 2) je součástí přírodní rezervace Prameniště Chomutovky, která se nachází na hřebenu Krušných hor v Ústeckém kraji a okrese Chomutov. Lokalita je v katastrálním území obce Výsluní (787817) přibližně 1800 m severozápadně od této obce. 3,6 km východně od rašeliniště leží obec Hora Svatého Šebestiána. Na monitorovaném území (50.4959789N, 13.2028875E) se nachází dvě odběrová místa - vrt PA-3 a měrný přeliv V-1. Středovou částí monitorovaného území prochází hlavní svodný drén orientovaný JZ-SV, který je propojen s dílčím odvodňovacím kanálem (tedy sběrným drénem) s orientací SZ-JV. Západní a východní část rašeliniště vytyčují další sběrné drény. Monitorovaná část rašeliniště se rozprostírá se v nadmořské výšce cca 800 – 895 m n. m. a zachycuje vodní režim na cca 30 ha. Třetí odběrový profil tzv. III. Mlýn (50.5304069N, 13.8456561E) leží na řece Chomutovce v nadmořské výšce cca 525 m n. m. v Bezručově údolí vzdáleném 7 km JV od centra města Chomutov (Šíma et Švec, 2013; geoportal.gov.cz). Lokalizace rašeliniště a odběrového místa III. Mlýn na Chomutovce je na obrázku 1.



Obrázek 1: lokalizace zájmového území a odběrového místa Chomutovka III. Mlýn (www.geoportal.gov.cz)



Obrázek 2: lokalizace zájmového území a vytyčení oblasti monitoringu (www.geoportal.gov.cz)

3.2 Přírodovědné poměry území

3.2.1 Geologické a geomorfologické poměry území

Z regionálně geologického hlediska leží zájmová lokalita ve střední části sasko-durynské oblasti. Sasko-durynská oblast je na našem území budována proterozoickými metamorfity a metamorfovanými paleozoickými soubory, které jsou sdružovány pod pojmem krušnohorské krystalinikum (Chlupáč, 2002). Předpokládané proterozoikum patří JV části tzv. krušnohorského antiklinoria, jehož osa se mírně noří k JZ. Stavba se vyznačuje klenbovitými strukturami s převahou silně přeměněných hornin rulového rázu. Na našem území jsou krystalické horniny přepokládaného proterozoického stáří řazeny k přísečnické skupině, která má spočívat v nadloží monotónního sledu tzv. východokrušnohorské skupiny, tvořené převážně metamorfovanými horninami původně drobového rázu. Ve spodní části přísečnické skupiny se vyčleňuje rusovské souvrství s převahou muskoviticko-biotitických pararul a s tělesy přeměněných bazických vulkanitů, kvarcitů, černých břidlic a drob. Nadložní měděnecké souvrství má ve spodní části ortoruly, výše pestrý sled různých pararul s tělesy matadrob, krystalických vápenců, bazických vulkanitů a metakonglomerátů (Šíma et Švec, 2013).

Přímo na zájmové lokalitě se nachází skalní podloží, které je tvořeno muskovitickými až muskoviticko-kvarcitickými ortorulami. Tyto ortoruly jsou přítomny ve dně zaříznutých odvodňovacích kanálů z rašeliniště. Ortoruly jsou na

povrchu přirozeně zvětralé a jsou překryty eluviálně – deluviálními sedimenty o charakteru šterkovitého jílu až jílu písčitého (Šíma et Švec, 2013).

Nejsvrchnější horizont zájmové lokality tvoří z převážné části rašelinný segment proměnlivé mocnosti i povahy. Vrtnými pracemi realizovanými v roce 2012 bylo zjištěno, že nejmocnější vrstva rašeliny je lokalizována v centrální části zájmové oblasti, tj. v oblasti vrtu označeného PA-11 (zde byla naměřena mocnost rašeliny cca 6,0 m). Stáří bazální organické vrstvy bylo podle radiokarbonové metody datováno do období preboreálu, konkrétně do rozmezí let 9656-9317 BC (Čechura, 2012). V nadcházejícím roce 2013 pokračovaly další průzkumné práce, ze kterých vyplynula skutečnost, že v centrální části rašeliniště je vytvořena vrstva rašeliny o minimální mocnosti 2 m (potvrzeno ve vrtech označených jako PV-7, PV-8, PV-9 a PV-10). V prvních cca 0,2 m se jednalo o rašelinou půdu, hnědočernou, jílovitou, hlouběji pak byla přítomna rašelina mechová. V okrajových částech byly rašelinné půdy a rašeliny suchopýrové do hloubky 0,2 až 1,5 m u vrtů označených PV-1 až PV-6 (Šíma et Švec, 2013).

3.2.2 Klimatické poměry území

Podnebí zájmové oblasti předmětné části rozsáhlého komplexu rašeliništního ekosystému zařazujeme dle Quitta (1971) do klimatické oblasti CH6. Pro chladnou klimatickou oblast CH6 je typické podnebí s velmi krátkým až krátkým létem, mírně chladným, vlhkým až velmi vlhkým. Přechodné období je dlouhé s chladným jarem a mírně chladným podzimem. Zima je velmi dlouhá, mírně chladná, vlhká, s dlouhým trváním sněhové pokrývky. Bližší charakteristika klimatické oblasti CH6 je uvedena v následující tabulce 1.

Tabulka 1: charakteristika klimatické oblasti CH6 (Quitt, 1971)

| | CH6 |
|---|------------|
| Počet letních dnů | 10 - 30 |
| Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více | 120 - 140 |
| Počet mrazových dnů | 140 – 160 |
| Počet ledových dnů | 60 – 70 |
| Průměrná teplota v lednu (°C) | -4 až -5 |
| Průměrná teplota v dubnu (°C) | 5 – 6 |
| Průměrná teplota v červenci (°C) | 14 – 15 |
| Průměrná teplota v říjnu (°C) | 2 – 4 |
| Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více | 140 – 160 |
| Srážkový úhrn ve vegetačním období (mm) | 600 – 700 |
| Srážkový úhrn v zimním období (mm) | 400 - 500 |
| Počet dnů se sněhovou přikrývkou | 120 - 140 |
| Počet dnů zatažených | 150 – 160 |
| Počet dnů jasných | 40 - 50 |

Z naměřených hodnot srážkoměrné stanice provozované společností Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o. lze konstatovat, že jsou v posledních 3 letech v průměru letní (červencové) a zimní (lednové) teploty s ohledem na dlouhodobý charakter spíše nadprůměrné. V roce 2016 byla v červenci naměřena teplota 16,5 °C, která vykazovala teplotně silný rok (Šíma et Pavelka, 2016). V roce 2017 došlo k nepatrnému poklesu na teplotu 15,2 °C (Šíma, 2017). Následně v roce 2018 byla tato hodnota 15,2 °C opět naměřena (Šíma et Švec, 2018). Podobný charakter teplot byl pozorován též u lednových měsíců, kdy v roce 2016 byla naměřena teplota -0,5 °C (Šíma et Pavelka, 2016). V následujícím roce 2017 však byla naměřena teplota -6,1 °C, která vykazovala chladnější charakter zimního období, které je pro tuto část území typické (Šíma, 2017). V roce 2018 však byla naměřena opět teplotně nadprůměrná hodnota -0,17 °C (Šíma et Švec, 2018).

3.2.3 Hydrogeologické poměry území

Z hydrogeologického hlediska lze monitorované rašeliniště přiřadit do hydrogeologického rajónu č. 6131, tedy Krystalinikum Krušných hor od Chomutovky po Moldavu (Olmer et Kessler, 1990). Rajón je součástí hydrogeologických struktur vázaných na puklinově propustné krystalické horniny krušnohorského krystalinika.

Z hlediska členění na útvary podzemních vod se zájmové území nachází v útvaru č. 61310 – Krystalinikum Krušných hor od Chomutovky po Moldavu.

Na zájmovém území je mimo zvodnění vázaného na pukliny krystalických hornin přítomno i mělké zvodnění vázané na kvartérní rašelinné vrstvy. Toto mělké zvodnění má průlinovou propustnost. Hladina podzemní vody je volná, v centrální části rašeliniště téměř souhlasně s povrchem, v okrajových částech v závislosti na dešťových srážkách kolísá od 0,4 do 1,5 m p.ú.t. Mocnost kvartérního kolektoru je odvislá od mocnosti rašelinného profilu. V centrální části rašeliniště je mocnost kolektoru minimálně 2 m. Generelní proudění podzemní vody je v zájmovém rašeliništi od JJV k SSZ směrem k Chomutovce, která tvoří lokální drenážní bázi. Mělké zvodnění je rovněž do určité míry drénováno odvodňovacími kanály, které jsou v současné době rekultivovány pomocí přehrázek (Šíma et Švec, 2018).

3.2.4 Hydrologické poměry území

Monitorované území rašeliniště náleží k hydrologickému povodí Chomutovky – a hydrologickému pořadí 4. řádu 1-13-03-1060-0-00. Vodní tok Chomutovky probíhá nad severní až severozápadní hranicí území. Jeho tok je vzdálený od rašeliniště cca 80 m (nejbližší část rašeliniště, tj. západní výběžek) až cca 480 m (nejvzdálenější část rašeliniště, tedy severní část území). Území předmětného rašeliniště je protkáno sítí odvodňovacích kanálů neboli drénů. Hlavní svodný drén (tj. hlavní odvodňovací kanál) probíhá středovou částí zájmového území. Na něj navazuje síť dalších odvodňovacích kanálů (tzn. sběrných drénů). Za účelem zpomalení a co největšího pozastavení povrchového odtoku, a tím zvýšení hladiny podzemní vody, byly na drénech v roce 2014 vybudovány přehrázky.

Převážná část povrchových vod je odváděna hlavním odvodňovacím drénem, který sbírá vodu ZJZ-VSV směrem. Veškerý odtok na tomto drénu je společností Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o. monitorován pomocí měrných přelivů označených jako V1 na východní straně a V2 na západní straně (Šíma et Švec, 2018).

3.2.5 Pedologické poměry území

Na zájmovém území se vyskytují rašelinné půdy, které jsou charakterizovány vysokým až převládajícím obsahem organických látek s vysokou hladinou podzemní vody. Převažuje zde vrchovištní rašelina, která vzniká rozkladem rašelinných druhů, jako jsou např. rašeliníky, suchopýry, brusnicové keříčky, případně z rozkládajícího dřeva borovice či vrchovištních smrčín. Z dokumentace průzkumných vrtů v roce 2013 byla zjištěna mocnost rašelinné půdy od 0,0 m do cca 0,30 m a mocnost rašeliny od 0,15 m do cca 3,0 m (Starý, 2013).

3.3 Botanické zhodnocení lokality

Jak již bylo řečeno v předcházející kapitole, monitorovaná lokalita je velmi specifický ekosystém, který je vázán na vodní režim krajiny. Z hlediska botanického se však jedná o velmi vzácný komplex biotopů.

Předmětnou lokalitu, tedy část rašeliniště mezi horou Sv. Šebestiána a Satzung, lze dle Katalogu biotopů ČR (Chytrý et al., 2001) přiřadit k biotopu R3 Vrchoviště. Pro tento typ biotopu je typický povrch členěný na vyvýšené bulvy a zvodnělé sníženiny charakteru šlenků. Na tvorbě rašelinného tělesa se podílí různé druhy rašeliníků, které jsou zároveň dominantním druhem této vegetace. Doplnkovou bylinnou vegetací rašeliníkových porostů jsou keříčky z čeledi šichovité (*Empetraceae*), vřesovité (*Ericaceae*), a borůvkovité (*Vacciniaceae*). V travnatých biotopech se vyskytují většinou druhy z čeledi šáchorovité (*Cyperaceae*). V keřovém patře vstupuje do porostu převážně borovice kleč (*Pinus mugo*). Okrajovou část rašeliniště tvoří mozaikovitý zápoj smrku ztepilého (*Picea abies*). Velmi častý je zde výskyt velkého množství lišejníků indikujících čistotu prostředí. Pro toto ombotrofní stanoviště je typické zásobení srážkovou vodou. Prostředí je kyselé až silně kyselé a voda obsahuje minimální množství živin. V centrální části vrchoviště je vždy vytvořená humolitová vrstva s vysokým podílem organických složek (Chytrý et al., 2001). V monitorovaném rašeliništi se tato vrstva pohybuje mezi cca 0,8 až 1,5 m a lokalizována byla u vrtů označených PV-1, PV-2 a PV-3 (Starý, 2013).

3.3.1 Charakteristika jednotlivých typů biotopů nacházejících se na lokalitě

Plochu předmětného vrchoviště tvoří několik biotopů, konkrétně se jedná o otevřené vrchoviště, vrchoviště s klečí a vrchovištní šlenky. Vzhledem k jejich specifickým stanovištním podmínkám jsou tato stanoviště evidovaná v rámci Natury 2000 jako prioritní stanoviště (Chytrý et al., 2001).

Otevřená vrchoviště

Vrchoviště s mocnou vrstvou rašeliny, zásobená převážně srážkovou vodou. V obvodové zóně (nazývané lagg) dochází k mísení vody srážkové s podzemní a mocnost humolitu i obsah organický látek je zde menší. Prostředí je silně kyselé, oligotrofní až dystrofní. U tohoto typu stanoviště vysoká hladina vody omezuje rozvoj stromového patra (Chytrý et al., 2011). V některých úsecích předmětného otevřeného vrchoviště se vyskytují též šlenky či drobné tůňky se submerzními rašeliníky, u kterých lze pozorovat současné negativní dopady sucha. V bylinném patře dominuje četné množství druhů z rodu rašeliník (*Sphagnum*). Jako doprovodnými druhy jsou zde např. kyhanka sivolistá (*Andromeda polifolia*), vřes obecný (*Calluna vulgaris*), šicha černá (*Empetrum nigrum*), klikva bahenní (*Oxycoccus palustris*), suchopýr pochvatý (*Eriophorum vaginatum*), brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*) a brusnice brusinka (*Vaccinium vitis-idaea*).

Vrchoviště s klečí (*Pinus pseudopumilio*)

Je část předmětného úseku rašeliníště, kde dochází k souvislejšímu zapojení borovice kleče (*Pinus pseudopumilio*). Půdní prostředí je převážně sycené srážkovou vodou a někdy obohacené minerálně chudou podzemní vodou. Rašelinná vrstva zde nedosahuje takové mocnosti jako u otevřeného vrchoviště. Z hlediska vývoje vegetace se jedná o sukcesní stádium navazující na otevřené vrchoviště. Porosty borovice kleče (*Pinus pseudopumilio*) dosahují max. výšky cca 2 m, proto je vegetace zastoupena pouze keřovým, bylinným a mechovým patrem (Chytrý et al., 2011). V keřovém patře lze nalézt především jmenovanou borovici kleč (*Pinus pseudopumilio*) různého vývojového stádia s příměsí smrku ztepilého (*Picea abies*). V bylinném patře jsou zastoupeny téměř stejné druhy jako u otevřeného vrchoviště, jako je např. suchopýr pochvatý (*Eriophorum vaginatum*), klikva bahenní (*Oxycoccus palustris*), brusnice

borůvka (*Vaccinium myrtillus*), brusnice brusinka (*Vaccinium vitis-idaea*) a vlochyně (*Vaccinium uliginosum*).

Vrchovištní šlenky

Ve vnitřní části vrchoviště lze nalézt několik míst, tzv. vrchovištních prohlubní vyplněných vodou se submerzními mechorosty. Převládajícím druhem je zde opět rašeliník, tj. rašeliník bodlavý (*Sphagnum cuspidatum*). Častým druhem ze skupiny játrovek (*Marchantiophyta*) je i svojnice nadmutá (*Drepanocladus fluitans*). Bylinné patro tohoto biotopu je velmi rozvolněné a druhově chudé. Největší zastoupení zde mají druhy rodu ostřice (*Carex*), konkrétně se jedná o ostřici bažinnou (*Carex limosu*), ostřici vrchovištní (*Carex paupercula*), ostřici zobánkatou (*Carex rostrata*). Místy se vyskytuje též častý vrchovištní druh, a to suchopýr úzkolistý (*Eriophorum angustifolium*). V méně zvodnělých částech šlenek byly pozorovány jedinci chráněného druhu rosnatky okrouhlolisté (*Drosera rotundifolia*).

Je obecně známé, že šlenky nevysychají, pouze za extrémně suchých klimatických podmínek může dojít k poklesu vodní hladiny (Chytrý et al., 2011). Tato skutečnost byla potvrzena tento rok (tedy ve vegetační sezóně 2018), kdy byl pozorován razantní deficit srážek, a tím velké snížení hladiny podzemní vody, kdy ve vrchovištních šlenkách zájmového území docházelo k degradaci submerzních mechorostů v závislosti na nedostatku vody.

Do okrajových částí rašeliniště se rozšiřují rašelinné a podmáčené smrčiny, které i částečně ohraničují tuto lokalitu. Pro tento typ biotopu je typický dominantní druh smrk ztepilý (*Picea abies*) a doprovodný druh bříza pýřitá (*Betula pubescens*). V silně zamokřených partiích rašeliniště jsou tyto porosty dřevin rozvolněnější. Pro bylinný podrost biotopu je typický výskyt rašelinného druhu suchopýru pochvatého (*Eriophorum vaginatum*). Častý je zde i výskyt bezkolence modrého (*Molinia caerulea*), který se v těchto partiích rozšiřuje díky četné kolísavosti vodního režimu lokality.

4. Kvalitativní ukazatele podzemní a povrchové vody

4.1 Charakteristika jednotlivých hydrochemických parametrů

pH

Všechny druhy vod jsou hodnoceny podle parametru pH, který slouží k dalšímu posouzení vlastností zkoumané vody (FT UTB, 2013). Proto také tato hodnota patří mezi nejčastěji měřenou chemickou veličinu a vyjadřuje se jako záporný dekadický logaritmus aktivních vodíkových iontů (Broncová et al., 2010).

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

vyjadřuje koncentraci H_3O^+ iontů (Pivokonský, 2012).

Vodíkové a hydroxidové ionty zasahují do velkého množství chemických dějů od koroze železných i neželezných kovů, korozi nekovů, ale mají také vliv na děje v přírodě (Broncová et al., 2010). Tento parametr je zásadním způsobem ovlivňován teplotou vody, a proto je také vždy současně s hodnotou pH měřena a dokládána i teplota vody (FT UTB, 2013). V případě, že dochází k nárůstu teploty, reaguje pH poklesem, a naopak při poklesu teploty dochází k nárůstu hodnoty pH (Pitter, 2015). Dalšími faktory, které mohou změnit výsledek hodnoty pH, může být obsah některých plynů případně organických látek nebo suspenzí, jako jsou tuky, oleje atd. Vzorky odebrané pro určení hodnoty pH musí být zpracovány co nejdříve z důvodu náchylnosti ke změně při chemických, fyzikálních nebo biologických pochodech (Horáková et al., 2003).

Dle Pittera může sloužit informace o výši pH jako zdroj informací o zastoupení některých prvků vyskytujících se ve zkoumaném vzorku vody, agresivitě a dále má zásadní vliv na procesy ve vodách. Běžné hodnoty pH v přírodních vodách se pohybují od 4,5 – 9,5 a jsou dány uhličitánovou rovnováhou. Tento faktor může být ovlivněn např. huminovými látkami nebo kationty, které jednoduše podléhají hydrolýze, jako jsou hliník nebo železo. V případě výskytu volných anorganických a organických kyselin může dojít k poklesu pH pod 4,5 a u hodnot pH přesahujících 8,3 se vykytují mimo hydrogenuhličitany také uhličitany. Pokud se vyskytují ještě vyšší hodnoty, dochází k výraznému podílu volných hydroxidových iontů (Pitter, 2015).

Vody pocházející z rašelinišť mají běžně nízké hodnoty pH způsobené vysokým obsahem huminových látek (Pitter, 2015). Na nízkých hodnotách pH se může také projevit zvýšený průtok v povodí, a zároveň může přispívat ke zvýšeným koncentracím ostatních chemických složek ve vodě, a naopak při nízkých průtocích může docházet ke zvyšování faktoru ve vodě (Krám et al., 2017). Například voda z rašelinišť v povodí Slavkovského lesa má hodnotu pH v rozmezí 3,5 – 4,3 (Pitter, 2015).

Tato veličina může být stanovována různými způsoby od jednoduchých pomocí indikátorových papírků až po v dnešní době často používaných elektronických metod (Horáková et al., 2003).

Elektrická vodivost (měrná vodivost)

Pomocí stanovené měrné vodivosti jsme schopni určit koncentraci iontově rozpuštěných látek, a jaké mineralizace dosahuje daný vzorek vody, a proto se také běžně používá ke kontrole výsledků při chemických rozborech (FT UTB, 2013). To znamená, že nám udává informaci o tom, jaké je složení a kolik daný vzorek obsahuje solí, disociovaných kyselin a také zásad (Broncová et al., 2010).

Tento parametr je běžně označován symbolem κ , v některé literatuře je možné najít označení σ nebo γ a udává nám převrácenou hodnotu odporu, který vzniká mezi elektrodami s plochou 1 m^2 při měření, a jejichž vzdálenost od sebe je 1 m (Horáková, 2003). Jednotkou měrné vodivosti je Siemens a jednotkou odporu Ohm. Hodnoty, ve kterých se pohybují výsledky vodivosti, jsou zpravidla v mS m^{-1} nebo v hodnotách $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Pitter, 2015).

$$G = 1/R$$

$$G = \kappa \cdot A/l$$

$$\kappa = G \cdot l/A$$

| | |
|---|-----------------------------------|
| G | konduktance [S] |
| l | vzdálenost elektrod [m] |
| A | plocha elektrody [m^2] |
| R | odpor [Ω] |

(Horáková et al., 2003)

Hodnota konduktivity je ovlivněna jak množstvím iontů ve vzorku, ale také jejich pohyblivostí, na niž výrazně působí teplota prostředí (Broncová et al., 2010). Dle Pittera (2015) může dojít při změně teploty o 1°C směrem vzhůru, tak i opačně k ovlivnění hodnoty konduktivity až o 2 %, a je proto důležité dbát na teplotu vzorku. Při měření měrné vodivosti dochází k přepočtu aktuální hodnoty na referenční teplotu 25 °C, aby byl minimalizován vliv závislosti na teplotě (Broncová et al., 2010). Výsledek měření může být také ovlivněn přítomností NL, jako jsou tuky, dehty případně minerální látky nebo kovové částice. Pokud je vzorek vody málo mineralizovaný a měření ukazuje nízké hodnoty měrné vodivosti kolem 1 mS m⁻¹, může být hodnota ovlivněna atmosférickým CO₂ nebo NH₃ (Horáková et al., 2003).

Hodnoty konduktivity u destilované vody se pohybují v rozmezí 0,05 – 0,5 mS m⁻¹, v přírodních povrchových a podzemních vodách je to většinou od 5 do 50 mS m⁻¹ a u vod minerálních nebo průmyslových odpadních vod může být hodnota vyšší než 10³ mS m⁻¹ (Pitter, 2015).

Kysejší a naopak zásaditější vody s pH menší než 5 a naopak vyšší než 9 mají výraznější pohyblivost H⁺ a OH⁻ iontů, a proto je potřeba při výpočtu hodnoty měrné vodivosti uvažovat i s koncentrací těchto iontů z důvodu jejich vysoké molární konduktivity (Pitter, 2015).

CHSK_{Mn}

Při určení chemické spotřeby kyslíku se využívá činidla, které se spotřebovává při oxidaci. Na základě znalosti jeho množství, které bylo nutno použít, se stanoví množství organických látek ve vzorku vody. Získané hodnoty se dále přepočítají na tzv. kyslíkový ekvivalent. Jednotkou získaných hodnot je mg.l⁻¹. V současné době se využívá k oxidaci především dichromanu draselného, který postupně více nahrazuje i další rozšířené činidlo manganistan draselný. Běžně se hodnoty CHSK_{Mn} stanovené touto metodou u přírodních vod pohybují v řádu jednotek, a naopak u znečištěných vod to může být i několik desítek mg.l⁻¹ (Pitter, 2015).

Tato hodnota, která se stanovuje u všech druhů vod, spadá do tzv. nespecifických ukazatelů a definuje stupeň znečištění organickými látkami. Při stanoveních bylo využito manganistanu draselného, který je určen především pro hodnocení pitných a

přírodních vod. Důvodem je především jednoduchost, vyšší rychlost provedení a nutnost menšího množství činidla. To je ale na úkor nižší oxidovatelnosti org. látek (Horáková et al., 2003). Díky nižší oxidovatelnosti této metody se nevyužívá informací jako skutečné míry znečištění vod organickými látkami (Pitter, 2015). Při stanovení CHSK_{Mn} dochází k navyšování hodnoty vzhledem k oxidovatelnosti i některých anorganických látek mezi které patří Fe^{2+} , NO_2^- , Cl^- a je nutné provést korekci výsledku např. výpočtem (Vávrová, 2015). Zároveň je možné tímto způsobem určit koncentrace pod 1 mg.l^{-1} . V případě výskytu koncentrací chloridů nad 300 mg.l^{-1} může docházet k ovlivnění stanovení. Chloridy se mohou dostávat do přírodních vod srážkami a mohou být přírodního původu např. jako vulkanické exhalace nebo kapénky mořské vody. Vliv na vyšší koncentraci chloridu ve srážkách má i činnost člověka především při spalování plastů z polyvinylchloridy (Pitter, 2015).

Dusitany NO_2^-

Dusík je přirozenou součástí v prostředí a běžně se vyskytuje v horninovém prostředí, v atmosféře, půdě nebo rostlinách a živočiších. V půdě se vyskytuje především v organické podobě a prochází amonifikací mikroorganismy na amoniakální dusík - NH_4^+ , který je bakteriemi přeměněn na dusitany - NO_2^- a dále na dusičnany NO_3^- , které jsou dobře rozpustné ve vodě a jednoduše vstřebatelné pro rostliny (Kvítek et al., 2003).



Přeměna amoniakálního dusíku na dusitany (anion dusitanový NO_2^-) dle Loučky (2014).

Tyto procesy přeměny jsou výrazně závislé na momentální teplotě prostředí (Kempen et al., 2001; Fux et al., 2002; Radechovský et al., 2013), na koncentraci rozpuštěného kyslíku (Ruiz et al.; 2003, Blackburne et al.; 2008, Radechovský et al.; 2013) a také na množství přítomných sloučenin dusíku (Pollice et al., 2002; Radechovský et al., 2013).

Běžné koncentrace dusitanů v čistých přírodních vodách jsou ve stopových hodnotách nebo je neobsahují vůbec, jelikož jsou přeměněny pomocí nitrifikace na dusičnany. Dusitany spadají zároveň mezi velmi dobré indikátory znečištění, a to především odpadními splaškovými vodami, kdy hodnoty mohou dosahovat i řádů

několika jednotek miligramů na litr. V případě, že jsou dusitany anorganického původu a vznikají redukcí dusičnanů kovy (Fe^{II} nebo Mn^{II}), přestává mít hodnota význam jako ukazatel znečištění (Horáková et al., 2003). Atmosférické srážky mohou obsahovat koncentrace dusitanů, které pocházejí z anorganických zdrojů (Pitter, 2015). Dle Pittera (2015) byla například průměrná koncentrace dusitanového dusíku v roce 2000 v labské vodě v profilu Děčín 0,08 miligramů na litr (Pitter, 2015). Tímto způsobem se dostává výrazné množství živin do ekosystému (Kingston et al., 2000; Hrubá, 2011).

Většinou v případě výskytu dusitanů obsahuje vzorek vody i dusičnany a amoniakální dusík, a to v nízkých koncentracích. Vlastností dusitanů je nestálost a schopnost jednoduše podléhat oxidaci jak chemické, tak i biochemické nebo redukcí (Pitter, 2015). Vyšší koncentrace jsou běžné především v železitých vodách, rašelinných vodách nebo může být zdrojem atmosférická srážka (Pitter, 2015). Dle Radechovský et al. (2013) jsou sloučeniny dusitanového dusíku zásadním faktorem v případě výskytu čisté vody, který podporuje činnost mikroorganismů. V případě zvýšené koncentrace sloučenin dusíku nastává eutrofizace, a proto jsou sloučeniny dusíku považovány za živiny, které zásadně ovlivňují rozvoj ekosystému (Moldán, 2009).

Dusičnany NO_3^-

Rozšíření dusíku v prostředí je velmi výrazné a je hlavní složkou především atmosféry kde zaujímá 78 %. Naproti tomu v půdním prostředí je obsažen jen ve velmi malém množství, a to ve formě organické a dále anorganických sloučenin jako jsou dusičnany, dusitany a amonné soli (Dolejšková et al., 2006).

Jelikož patří mezi hlavní anionty vod, je možné je najít ve všech vodách od srážkových, povrchových, podzemních, a také především odpadních. To v jakých koncentracích se budou dusičnany vyskytovat, je ovlivněno právě prostředím. V běžných přírodních vodách se mohou nacházet v koncentracích od desetin až po desítky miligramů na litr, ale ve splaškových nebo průmyslových odpadních vodách to mohou být až stovky mg.l^{-1} (Horáková et al., 2003).

Případný výskyt zvýšeného množství dusičnanů v povrchových i podzemních vodách značí pravděpodobně ukazatel na starší znečištění, a to především organického původu

(Horáková et al., 2003). V prostředí jsou dusíkaté organické látky postupně oxidovány při nitrifikaci od amoniakálního dusíku až na konečné dusičnany. Za běžných aerobních podmínek je stabilita sloučenin vysoká, což neplatí v případě anaerobního prostředí, kdy dochází k biologické denitrifikaci a vzniku molekul dusíku. Dusičnany mohou být za určitých podmínek také chemicky redukovány určitými kovy (Cd, Fe, Al, Zn), případně amoniakálním dusíkem nebo některými organickými látkami (Pitter, 2015). Rychlost veškerých procesů je urychlována zvyšující se kyselostí prostředí (Yang, 2005; Pitter, 2015).

V přírodě může docházet ke změnám množství dusičnanů ve vodě i vlivem různého vegetačního období s nejnižšími koncentracemi v letním období z důvodu využívání dusičnanů rostlinami a vyššími koncentracemi v období vegetačního klidu v zimě a v období tání sněhu atd. Řada dalších faktorů může zasahovat do trendu vývoje koncentrací, mezi něž patří změna průtoku vody během různých srážkových událostí nebo vlivem množství organických látek, případně změny rychlosti proudění rychlejších a pomalejších úseků (Kubíček et Lelák, 1992).

Vliv na množství dusičnanů má i činnost člověka, který zvyšuje koncentrace používáním dusíkatých hnojiv při zemědělské činnosti, spalováním paliv a uvolňováním oxidů dusíku do ovzduší, a tím navyšuje koncentrace v povrchových vodách (Pitter, 2015).

Společně s SO₂ tvoří oxidy dusíku hlavní sloučeniny poškozující prostředí především v lokálním měřítku, kdy dochází k okyselování prostředí. Díky spalování fosilních paliv došlo v minulosti k poškození a odumření velkého množství lesních porostů. Velkými zásahy do technologií odsíření došlo k zredukování produkce síranů do prostředí, ale v případě oxidů dusíku se toto ještě nepodařilo (Moldán, 2009).

Dle (Pitter, 2015) došlo např. v letech 1936 – 1986 k navýšení dusičnanů ve vodách Černého jezera na Šumavě více jak pětinasobně.

SO₄²⁻

Síra je běžnou součástí prostředí vyskytující se na zemském povrchu především jako sírany. Vlivem postupného zvětrávání hornin na mořském dně dochází k uvolňování síranů do prostředí. Do atmosféry se dostává síra biogenním, a zároveň i antropogenním způsobem. Vulkanickou činností dochází k navyšování oxidu

siřičitého a sulfanu v atmosféře (Loučka, 2014). Člověk spalováním fosilních paliv v domácnostech a průmyslu a vypouštěním exhalací do ovzduší také napomáhá navyšování koncentrací SO_2 a SO_3 v prostředí (Pitter, 2015). V přírodních podzemních a povrchových vodách můžeme nalézt koncentrace v desítkách až stovkách mg.l^{-1} , naproti tomu zvýšené hodnoty až v řádu tisíců miligramů se nacházejí v některých minerálních vodách (Horáková, 2003). Ve vodách společně s hydrogenuhličitanu a chloridy, někdy také dusičnany tvoří nejdůležitější anionty (Pitter, 2015).

V atmosféře převládají síranové aerosoly vznikající jako následek oxidace oxidů síry, které reagují s vodou za vzniku kyseliny sírové a poté s aerosoly nacházejícími se v atmosféře (Loučka, 2014). Běžné hodnoty v atmosférické vodě jsou v rozmezí desetin až jednotek miligramů na litr, to neplatí v průmyslových oblastech, které způsobují navýšení až na desítky mg.l^{-1} (Pitter, 2015).

Tyto srážky způsobují snižování pH a podporují vznik tzv. kyselých dešťů, které negativně působí na kondici stromů s jejich následným úhynem (Primack et al., 2011). Vlivem cirkulace v atmosféře dochází k šíření těchto látek až na vzdálenosti několika set kilometrů od zdroje vzniku (Hruška et Majer, 1996). Srážky, které nejsou ovlivněné lidskými exhalacemi, dosahují pouze slabé kyselosti v hodnotách pH 5 - 6. V období bez odsíření spalujících zdrojů na tuhá paliva byly běžné hodnoty 3,5 – 4,5 (Hruška et Kopáček, 2009). V 60. - 80. letech 20. století způsobovaly velmi vysoké koncentrace SO_2 v atmosféře plošné odumírání lesů v Krušných horách. V zimních měsících došlo například k odumření několika tisíců hektarů lesů díky vysokým koncentracím SO_2 a prudkému snížení teploty (Hruška et al., 2009). Dle Hruška et al. (2009) dosahují půdy ve střední Evropě poměrně velké mocnosti, a proto docházelo nejprve k výraznému okyselení svrchní vrstvy půdy a masivnímu odumírání stromů až následně k zasažení povrchových vod.

V případě, že dojde k velké redukci daného prostředí, může nastat situace, kdy je množství síranů sníženo vlivem reakce H_2S nebo HS^- za vzniku sulfidů kovů (Šrámek et al., 2000). Neutralizační kapacita půd a hornin je v tomto případě vyčerpána a vlivem působení H_2SO_4 dojde k postupnému uvolňování toxických kovů do prostředí

(Hruška et Majer, 1996). Třetí nejrozšířenější prvek v zemské kůře (Al) se vyskytuje za běžných podmínek v nerozpustné formě, která není škodlivá. V případě, že dojde k výraznému okyselení prostředí, hliník se snadněji rozpouští a působí toxicky na organismy. Tento prvek zároveň může blokovat příjem jiných kationtů např. hořčík, vápník, draslík (Hruška et al., 2009).

PO₄³⁻

Přírodní vody obsahují fosfor v organické nebo anorganické formě s nejvyšším zastoupením především orthofosforečnanů, případně polyfosforečnanů. Přesun orthofosforečnanů je řízen především hodnotou pH přírodních vod. Hlavní produkce polyfosforečnanů je ve velké míře spojená s činností člověka při výrobě a používání chemických pracích prostředků, prostředků pro povrchovou ochranu chladicích okruhů, ochranných prostředků proti korozi atd. Při biologických rozkladných pochodech zase vznikají organicky vázané sloučeniny fosforu. Výrazným přispívatelem jsou v současné době domácnosti a průmysl produkující odpadní vody (Horáková et al., 2003).

Při geologických činnostech došlo k nahromadění velkého množství sloučenin fosforu v bazických horninách, především apatitu (fosforečnanu vápenatém) nebo při sedimentárních procesech. Dle Lellák et al. (1992) dochází k vymývání ortofosforečnanů do vodního prostředí většinou ve formě fosforečnanu železitého. Tyto rozpustné formy jsou využívány některými bakteriemi a fytoplanktonem, a tím se dostávají do ekosystémového řetězce.

K vysokým koncentracím anorganických forem fosforu přispívá i zemědělská činnost aplikováním fosforečných hnojiv, případně v organické formě velkochovy hospodářských zvířat. Přírodní vody obsahují pouze velmi nízké koncentrace fosforečnanů do hodnot většinou nedosahujících 1 mg.l⁻¹, což je způsobeno jejich málo rozpustnými formami s kovy (Pitter, 2015). V kyselém prostředí vznikají sloučeniny zejména s hliníkem, železem nebo manganem a v prostředí zásaditém jsou to sloučeniny s vápníkem a hořčíkem (Lindsay et al., 1989). Vliv na koncentrace má i jejich výrazná schopnost vázat se na tuhé fáze (Pitter, 2015).

Dle Pitter (2015) dochází vlivem přírodních procesů k vertikálnímu rozvrstvení koncentrací fosforu v přírodních vodách s nejvýraznějším zastoupením zejména

v sedimentech. Tyto hodnoty se mohou měnit vlivem změn v prostředí během roku, zároveň za určitých podmínek dochází k distribuci fosforečanů ze sedimentů do kapalného stavu (Pitter, 2015). Díky těmto výkyvům nelze usuzovat, v jakém stupni eutrofizace se rašeliniště nachází (Vitt et al., 1995). V případě, že dojde k výraznému snížení kyslíku v období útlumu v letním a zimním období, může dojít k omezení množství trojmocné formy železa a její přeměny na rozpustnou formu dvojmocného železa. V rámci koloběhu fosforu dochází více k usazování oproti uvolňování fosforu do vody (Lellák et al., 1992).

DOC

Ve vodách můžeme nalézt uhlík jak ve formě organické, tak i ve formě anorganické, a to ve stavu rozpuštěném jako CO₂, případně jako hydrogenuhličitany nebo uhličitany. Celkový organický uhlík (TOC) je zastoupen ve formě rozpuštěné (DOC), a také ve formě nerozpuštěné organické hmoty (POC) (Horáková et al., 2003).

$$\text{DOC} + \text{POC} = \text{TOC}$$

DOC (*Dissolved Organic Carbon*) – rozpuštěný organický uhlík
POC (*Particulate Organic Carbon*) – nerozpuštěný organický uhlík
(Pitter, 2015)

V případě určení biologické rozložitelnosti organických látek je důležité určení zastoupení organického uhlíku. Tato rozložitelnost se vyjadřuje v % DOC, kdy za lehce rozložitelné jsou brány látky, kde dochází k úbytku DOC nad 70 % (Pitter, 2015). Dle Pittera (2015) se běžně vyskytují koncentrace DOC v povrchových vodách v jednotkách až desítkách jednotek mg/l, zato ve splaškových vodách se tyto koncentrace navyšují na desítky až stovky mg/l.

Projekt AWMN (Acid Waters Monitoring Network) probíhající ve Velké Británii odhalil, že má změna klimatu vliv na obsah DOC ve vodách, a to se zvyšující se teplotou jak v aerobním, tak i částečně v anaerobním prostředí. Tento vliv však není stěžejní pro zvýšenou produkci DOC do prostředí (Evans et al., 2006 in Novák 2012). Asimilace C a mineralizace organické hmoty definuje rovnováhu výměny plynů mezi atmosférou a rašeliništěm, které je výrazným zásobníkem atmosférického CO₂ a zdrojem CH₄, a je ovlivněna teplotou (Novák, 2012). Tento vliv na mineralizaci rašelinné hmoty na CO₂ a metan není jediný, tento proces je také ovlivněn srážkovými

úhrny. Zároveň dle Nováka et al. (2008) nekoreluje zásoba uhlíku s průměrnou roční teplotou, a proto jsou tyto procesy pravděpodobně výsledkem daných stanovištních poměrů. To potvrzuje (Chow et al., 2006), který tvrdí, že se množství DOC v rašelině snižuje s hloubkou, zároveň částečně ukazuje na rozkladné procesy a korelaci mezi mineralizací uhlíku a množstvím DOC. Zároveň ale zdůrazňuje různé koncentrace dle stanovištních podmínek.

Stěžejní pro uvolňování DOC do vody je především snižující se produkce síranů a pokles iontové síly půdního roztoku. Hlavním zdrojem byla především atmosférická depozice síry, která v 80. letech 20. století zabraňovala rozpustnosti DOC (Evans et al., 2006).

V našich oblastech přispívala k acidifikaci především antropogenní činnost, a to ve formě spalování fosilních paliv s dominantní produkcí síranů právě v tomto období (Pitter, 2015).

V minulosti docházelo k výrazným melioračním zásahům do prostředí rašelinišť, především tvorbou odvodňovacích příkopů, čímž se vysoušela stanoviště. Tyto zásahy umožňovaly rozvoj stromového patra, které v prostředí s trvale zvýšenou hladinou podzemní vody jinak nemůže prosperovat, a tím mohly napomáhat k potlačení produkce DOC do prostředí (Novák, 2012).

Dle Palviainen et al. (2010) obsahují pařezy stromů smrku, borovice a břízy velké množství uhlíku a dusíku, proto by v případě jejich odstraňování z lokality mohlo dojít ke zhoršení kvality odtékající vody z rašeliniště. K uvolňování těchto složek dochází až po úbytku 70 %, 80 % resp. 95 % původního objemu.

Důležitou otázkou je také vliv hnojení a vápnění rašelinišť na produkci a uvolňování metanu a CO₂ do prostředí. Vápněním dochází k nadprodukcí emisí těchto složek, a to především zvýšením pH, které podporuje mikrobiální aktivity. Použitím vápence do kyselé půdy může docházet ke zvýšenému uvolňování CO₂ z tohoto vápence (Biasi et al., 2008).

Huminové látky

V půdě, rašeliništích, a také i dnových sedimentech dochází vlivem rozkladných a syntetických pochodů k usazování a hromadění humusových složek a jejich

postupnému přesunu do okolních vod. Humus vzniká z odumřelých rostlinných částí prostředí a je ovlivněn původem a zdrojem a také skutečností, zda se jedná o tekoucí nebo stojaté vody (Pitter, 2015). Při tomto procesu humifikace probíhá řada anaerobních enzymatických a biochemických pochodů a dochází k mineralizaci organických složek prostředí (Stevenson, 1994).

Obsah huminových látek může v povrchových vodách tvořit až 60 % obsahu DOC, ale jsou známy případy i 90 % DOC (Pitter, 2015). Voda z rašelinišť vykazuje poměrně vysokou kyselost, kterou způsobují právě zvýšené koncentrace huminových látek a jejich pH se pohybuje okolo 4,6 – 5,3, v některých případech může dosahovat i hodnoty pH 4 (Pitter, 2015).

Díky výrazné rozloze rašelinišť může být podíl huminových látek v přírodních vodách Krušných hor vysoký. Největší zastoupení huminových látek v půdě je právě v rašelině, kde dosahuje 40 – 55 % (Pitter, 2015). Příkladem může být podíl huminových látek ve vodách na rašeliništích Šumavy, kde se pohybuje běžně koncentrace až do 120 mg/l (Chalupa, 1963).

Tmavohnědé huminové látky se nazývají huminové kyseliny a jsou rozpustné při pH nad 2, oproti tomu žluté až žlutohnědé fulvinové kyseliny jsou rozpustné při jakémkoli pH a díky tomu je jejich obsah ve vodě převládající. Rozklad huminových látek je díky jejich vlastnostem výrazně ovlivněn klimatickými podmínkami a cirkulací vod, protože podléhá fotochemickému rozkladu (Pitter, 2015). V případě, že jsou v koloidním stavu, je jejich soudržnost slabá a jsou schopny reagovat na jakoukoli změnu pH, výskyt nebo změnu koncentrace kovů (Muscolo, 2012).

V 80. letech docházelo díky emisním spadům se složkami ze spalování fosilních paliv k hromadnému odumírání lesů, a tím k degradaci daných lokalit. Následkem bylo vysoušení svrchních horizontů, které při srážkových epizodách, případně při jarním tání sněhu byly promývány, a to mělo za následek zvýšený odnos do vodních toků (Novák et al., 2013).

Při nižších srážkách vody může zároveň docházet k usazování a akumulaci v tůňkách, případně melioračních kanálech, kde při náhle srážkové epizodě dojde ke zvýšenému přesunu huminových látek do vody (Novák et al., 2013).

Díky výskytu karboxylových (-COOH) a fenolických hydroxylových skupin (-OH), které jsou schopny jednoduše nahradit vodík jiným kationtem nebo radikálem, obsahují často huminové látky zvýšené koncentrace kovů, jejichž zdrojem můžou být vody nebo půdy (Tyl et al., 2011).

Zároveň to může způsobovat snížení jejich toxicity. Fulvinové kyseliny mohou při 100 mg/l vázat ve vodě až 8 mg/l Fe a 4 mg/l Al. Ve vodách z rašelinišť to může být až 75 % celkového obsahu Fe a Al, které je navázáno na huminové látky (Pitter, 2015).

A₂₅₄ nm a A₂₅₄ nm/DOC*100

Některé, především aromatické sloučeniny, jsou schopny vstřebávat ultrafialové záření a této jejich schopnosti se využívá pro určování zastoupení určitých organických látek ve vodách. Jedná se o látky, které mají svoje maxima záření v rozmezí 200 – 380 nm. Tuto schopnost mají například huminové látky, aromatické uhlovodíky, ligninsulfonany, nebo některé organické látky vyskytující se v odpadních vodách. Tato veličina je bezrozměrná a je definována jako absorbance při 254 nm. To, jaké bude množství maxim a jaká bude vlnová délka, je ovlivněno jejich funkční skupinou a množstvím aromatických jader. Vyšší koncentrace mohou většinou znamenat, že došlo ke kontaminaci některými aromatickými látkami, nebo jsou zdrojem vyšší koncentrace huminových látek vyskytující se především ve vyšších nadmořských výškách. Běžné hodnoty absorbance při A₂₅₄ nm v povrchových vodách se pohybují v řádu desetin (Pitter, 2015). Tento ukazatel má pouze informativní charakter, který nám neříká, zda jde o zvýšené hodnoty přírodních huminových látek nebo zda se jedná o znečištění aromatickými sloučeninami z průmyslu (Pitter, 2015).

Na koncovém výstupu se mohou podílet i některé rušivé vlivy, což jsou změny stavu případně koncentrace daných látek, které jsou schopny absorbovat záření o vlnové délce 254 nm v období mezi odběrem a měřením. Mezi tyto látky patří železo (Fe³⁺) projevující se v alkalické oblasti jako zákal. Výsledky mohou být ovlivněny také oxidačními a redukčními činidly, případně zvýšeným obsahem dusitanů a dusičnanů (Novotná, 2015). V případě odběru zakaleného vzorku nebo obsahu většího

množství nerozpuštěných látek dochází k ovlivnění výstupu (Horáková et al., 2003). Nerozpuštěné látky se proto odstraňují sedimentací, odstředěním nebo filtrací (Novotná, 2015). Dalším prvkem, který je schopný absorbovat záření o vlnových délkách 254 nm, je chróm (Horáková et al., 2003).

Pro určení poměrného množství huminových látek v povrchových vodách se v některých případech využívá také poměru A_{254} a DOC (Pitter, 2015). Pokud je dle (Edzwald et al., 1985; Pitter, 2015) výsledek menší než 2, látky jsou organického původu, ale nemají huminový charakter, a jejich molární hmotnost je nízká s malou hydrofobicitou. V případě, že se výsledek pohybuje okolo 4, bude se jednat o látky huminového charakteru s vysokou molární hmotností a hydrofobicitou.

Hliník (Al)

Hliník se přirozeně vyskytuje v řadě formách v nerostech, zeminách, ale také v povrchové a podzemní vodě (Michna et al., 2005). Jedná se o nejběžnější kov a zároveň třetí nejrozšířenější prvek v zemské kůře, kde se jeho zastoupení pohybuje okolo 7,47 %. (Ma et al., 2001; Šimková, 2012). Jeho přirozený výskyt v prostředí je převážně vázaný na sloučeniny a do prostředí vod se dostává většinou vyluhováním z hornin a půdy. Přírodní vody poté obsahují často Al v rozpuštěné formě, ale běžné je i zastoupení hliníku ve formě koloidní, především navázané na látky nerozpuštěné nebo organické komplexy (Horáková et al., 2003).

Výše koncentrace v prostředí může být ovlivněna řadou faktorů, jak je kyselé nebo zásadité prostředí, stav klimatických podmínek, případné srážkoodtokové podmínky a v neposlední řadě druh horniny nebo půdy a její rozpustnost (Driscoll, 1985). Dle Pittera (2015) je přirozená koncentrace rozpuštěného hliníku v podstatě velmi nízká a běžně nepřesahuje řády setin až desetin mg/l.

Zvýšená koncentrace hliníku ve vodách bývá projevem acidifikace prostředí, kdy silně kyselé prostředí způsobuje zvýšené vyluhování prvku do vod. V oblasti Kamencového jezera u Chomutova bylo například zjištěno přibližně pH 3 a koncentrace hliníku se pohybovaly v řádech desítek mg/l (Pitter, 2015). Dále uvádí, že u vod, které nejsou acidifikované, převládají hydrogenuhličitany, a naopak vody, které jsou zásadně acidifikované, mají vyšší zastoupení síranů.

Vlivem lidské činnosti došlo v minulosti k výraznému navýšení některých polutantů (SO_2) běžně se vyskytujících v atmosféře. K tomuto přispívalo především spalování fosilních paliv (Pitter, 2015). V České republice byly postiženy převážně příhraniční oblasti včetně Krušných hor. To, zda se dostanou kyselé srážky do prostředí, může být také ovlivněno vegetačním krytem a druhovým zastoupením porostu. Například ve smrkových porostech mohou podkorunové srážky dosahovat až trojnásobku kyselosti oproti bukovým porostům, a tím dochází k zvýšenému vyluhování hliníku (Oulehle et Hruška, 2005). Vysoká kyselost prostředí nemusí být vždy způsobena lidskou činností, ale může to být například výsledek prostředí a vysokého zastoupení huminových látek, které jsou komplexotvorné a jsou schopné vázat na sebe vysoké koncentrace kovů díky zastoupení karboxylových a fenolických hydroxylových skupin (Tyl et al., 2011). Takovéto prostředí vykazují oblasti zastoupené rašeliništi. V případě, že dochází k navyšování alkality, více se začínají projevovat ionty OH^- . Vody v přírodních podmínkách, které vykazují pH 4 – 5, mají komplexační kapacitu, jež se pohybuje v rozmezí desetin až 1,5 mmol Al na 1 g HL. Maximální schopnost vázat na sebe ionty kovů je kolem pH 6, zatímco při hodnotách pH okolo 3,5 je tato komplexotvorná schopnost minimální (Pott, 1985; Backes, 1987; Tipping, 1991; Pitter, 2015).

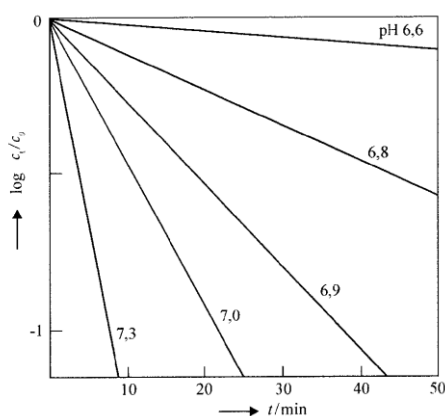
Vysoká koncentrace hliníku může být pro řadu organismů toxická. Tato toxicita je ale ovlivněna také hodnotou pH, kdy dochází ke zvyšování toxicity zároveň se zvyšováním alkality prostředí. Formy Al navázané na huminové látky vykazují nižší toxicitu než formy jednoduché (Driscoll, 1980; Pitter, 2015). Toxicita hliníku nemusí být vždy odrazem celkové koncentrace, ale je také zároveň ovlivněna skutečností, v jakém poměru jsou zastoupeny organické a anorganické formy, jelikož toxicitu vykazují pouze některé sloučeniny (Pitter, 2015).

Nárůst acidifikace, a tím zvýšení koncentrací kovů v prostředí vyvolává také změna srážkoodtokového poměru, nebo proces jarního tání sněhu, kdy dochází k okyselení prostředí a výraznějšímu odnosu a vyplavování složek do povrchových vod (Navrátil et al., 2003).

Železo (Fe)

Vody obsahují ionty železa v podobě dvojmocné Fe^{II} nebo trojmocné Fe^{III} , a tato podoba je závislá na probíhajících oxidačně redukčních procesech (Ambrožová, 2003). Dalšími faktory, které ovlivňují, v jakém oxidačním stupni se prvek bude vyskytovat a v jakých koncentracích, jsou hodnota pH a přítomnost komplexotvorných látek (humínové látky) ve vodě (Pitter, 2015).

U dna vodních nádrží, toků v podzemních vodách, v bezkyslíkatém redukčním prostředí je železo stabilní a vyskytuje se především ve druhém oxidačním stupni Fe^{II} , to znamená především v železnatých sloučeninách (Malý et al., 1996). Jeho rozpustnost je potom ovlivněna rozpustností sloučenin jako hydrogenuhličitan $\text{FeCO}_{3(\text{s})}$, hydroxid železnatý $\text{Fe}(\text{OH})_{2(\text{s})}$, sulfidy železa $\text{FeS}_{(\text{s})}$, a momentálním stavem prostředí a okolních podmínek (Pitter, 2015).



Graf zobrazuje závislost rychlosti oxidace Fe^{II} na hodnotě pH (Pitter, 2015).

V běžných přírodních podmínkách se nachází železo v koncentracích setin až desetin mg/l.

V rozsahu pH od 6,0 – 8,0 mohou být v roztoku koncentrace rozpustných forem sloučenin Fe od 10^{-5} do 10^{-3} mol/l, to znamená 0,5 – 50 mg/l Fe. Ve vodách z rašeliníšť se díky přítomnosti huminových látek, které na sebe vážou ionty Fe, pohybují koncentrace v řádu jednotek mg/l (Malý et al., 1996).

Na to, jak rychle se bude oxidovat Fe ve druhém oxidačním stupni rozpuštěným kyslíkem, mají vliv i organické látky, které mohou tento proces potlačovat a zpomalovat (humínové látky, třísloviny). Je to způsobeno jejich komplexotvornými a redukčními vlastnostmi. Tyto vlastnosti způsobují, že v huminových vodách zůstává Fe^{II} v roztoku i v případě výskytu rozpuštěného kyslíku značně dlouhou dobu. V případě tříslovin je tato reakce ještě výraznější než u huminových látek (Pitter, 2015). V prostředí s rozpuštěným kyslíkem je naopak nejstabilnější Fe^{III} . Železité soli hydrolyzují, a přitom vzniká hydroxid železitý. Tato forma železa má vlastnost na sebe navázat ty látky, které se jednoduše vážou prostřednictvím kyslíku jako sírany, chloridy a fosforečnany. Rozpustnost solí železa v prokysličených přírodních vodách o $\text{pH} > 6$ se snižuje (Malý et al., 1996).

Dle Waita et al. (1984) faktor, který může ovlivňovat redukci Fe^{III} ve vodě, může být i fotochemická reakce (světlo), a to především v kyselém prostředí. Během výzkumu jezer bylo pozorováno zvyšování koncentrace železa ve vodách při intenzivnějším slunečním svitu, kdy docházelo především k rozpouštění oxidů železitého (Stumm, 1996; Pitter, 2015).

V přírodě může docházet k tomu, že Fe^{II} může oxidovat na Fe^{III} a naopak. To, jak bude železo redukováno, je ovlivněno především tím, kolik je přítomno oxidačních látek, které jsou schopny vázat elektrony nebo kolik voda obsahuje redukčních látek, které jsou zase naopak schopny uvolňovat elektrony. U těchto dějů je důležitá hodnota pH , kde platí, že čím vyšší hodnota, tím je uvolňování jednodušší (Malý et al., 1996). V případě, že se vyskytuje ve vodě sirovodík, dochází k navázání iontů železa a vzniká siřník železa, který má nízký stupeň rozpustnosti. Koloběh Fe je také zásadně ovlivněn koloběhem fosforu. Železo v trojmocném oxidačním stupni se váže na fosforečnany, a vzniká tak nerozpustná forma (Pitter, 2015).

5. Praktická část

5.1 Metodika

5.1.1 Periodické měření hladin podzemní vody ve vrtech řady PV

V rámci monitoringu byla sledována úroveň hladiny podzemní vody ve vrtech řady PV, které se nacházejí v okolí odvodňovacích kanálů (drénů). Četnost těchto měření byla periodicky 1x měsíčně. Úroveň hladiny v jednotlivých objektech byla měřena manuálně od zhlaví vrtu pomocí svinovacího metru, a poté odečtena od naměřené hodnoty výška tohoto zhlaví od terénu. Na severozápadním okraji sledovaného rašeliniště se nachází vedlejší odvodňovací kanál, v jehož blízkosti je první skupina sledovaných vrtů PV-1 až PV-3. Druhou skupinou vrtů, které jsou monitorovány, jsou vrty PV-4 až PV-6 a nacházejí se v blízkosti zpřehrázkovaného odvodňovacího kanálu na západním okraji vrchoviště, jež vytéká z hlavního odvodňovacího kanálu. V blízkosti měrného přelivu V-2 na hlavním kanále při západním okraji rašeliniště je umístěn samostatný sledovaný vrt PV-7. Poslední monitorovanou skupinou jsou vrty PV-8 až PV-10 a jsou umístěny ve východní části poblíž hlavního odvodňovacího kanálu, který protíná sledované rašeliniště od západu k východu. Pro účely diplomové práce byla měřena hladina podzemní vody také v monitorovacím vrtu PA-3, který slouží zároveň ke sledování kvalitativních parametrů podzemní vody. Hlavní parametry a poloha využívaných monitorovacích vrtů řady PV a PA jsou v příložených tabulkách 2 a 3 a na mapovém podkladu v přílohách 2-1 až 2-4.

Tabulka 2: parametry monitorovacích vrtů řady PV (Šíma et Švec, 2018)

| Vrt | souřadnice X | souřadnice Y | Hloubka vrtu [m] p.ú.t. | Zhlaví vrtu [m] |
|-------|--------------|--------------|----------------------------|-----------------|
| PV-1 | 985282,8597 | 822512,5956 | 1,35 | 0,48 |
| PV-2 | 985272,3463 | 822505,1836 | 1,99 | 0,38 |
| PV-3 | 985267,3525 | 822505,867 | 1,7 | 0,42 |
| PV-4 | 985433,5565 | 822597,3044 | 1,2 | 0,45 |
| PV-5 | 985433,7142 | 822582,7565 | 0,8 | 0,3 |
| PV-6 | 985437,2624 | 822601,0103 | 1,7 | 0,4 |
| PV-7 | 985572,6507 | 822403,9556 | 2,0 | 0,45 |
| PV-8 | 985456,5307 | 822045,4327 | 2,04 | 0,39 |
| PV-9 | 985461,2465 | 822043,5275 | 2,05 | 0,58 |
| PV-10 | 985471,4178 | 822039,783 | 2,05 | 0,57 |

Tabulka 3: parametry monitorovacích vrtů řady PA (Šíma et Švec, 2018)

| Vrt | souřadnice X | souřadnice Y | Z zhlaví vrtu | Zhlaví vrtu [m] |
|------|--------------|--------------|---------------|-----------------|
| PA-3 | 985755,00 | 822121,27 | 892,23 | 0,57 |
| PA-6 | 985643,36 | 822166,50 | 890,55 | 0,71 |

5.1.2 Odběry vzorků a měření chemických parametrů povrchových a podzemních vod

Diplomová práce řeší také vývoj hydrochemických parametrů na rašeliništi. V prvotní fázi byly realizovány odběry podzemní vody v objektu PA-6. V letním období roku 2014 byla provedena revitalizační opatření formou zbudování přehrázek na odvodňovacích kanálech (obrázek 39 v přílohách), která způsobila postupné zatopení oblasti v okolí vrtu (který se nachází ve středu sledovaného rašeliniště) povrchovou vodou. Následovalo vytipování nového odběrového místa, jako zdroje podzemní vody, které nahradilo původní objekt. Nový objekt PA-3 se nachází v jižní části vrchoviště. Pro odběr povrchové vody z rašeliniště bylo vytipováno odběrové místo na měrném přelivu V-1 umístěném na odtoku z hlavního odvodňovacího kanálu na východním okraji rašeliniště a druhé místo na profilu III. Mlýn umístěném na Chomutovce. Četnost odběrů z daných míst byla stanovena také s měsíční periodou. Během odběrů, úprav a analýz se vycházelo ze standardních operačních postupů akreditované laboratoře BIOANALYTIKA CZ, s.r.o. Zároveň s odběry vzorků povrchové a podzemní vody byly měřeny hydrochemické parametry v rozsahu pH, teplota a elektrická vodivost (konduktivita) za pomoci přístroje Combo HI 98129. Odběry vzorků z objektů PA-6 a PA-3 byly provedeny staticky pomocí ručního odběrového válce. Odběr povrchové vody na profilu III. Mlýn byl proveden ze středové části toku jako hladinový vzorek pomocí ručního válce. Vzorek povrchové vody na odtoku z rašeliniště byl též odebrán pomocí válce z proudu za přelivným objektem V1.

Vzorky byly po odběru umístěny do tmavých skleněných vzorkovnic s konzervací podle stanovovaného parametru a uzavřeny teflonovým těsněním. Jednotlivé konzervace dle stanovovaného parametru jsou v příložené tabulce 4.

Tabulka 4: použité konzervace (ČSN EN ISO 5667-3, 2013)

| Stanovovaný ukazatel | Konzervace pro uchování |
|------------------------------------|---|
| Fe, Al | okyselení HNO ₃ na pH 1 až 2 |
| CHSK _{Mn} | okyselení H ₂ SO ₄ na pH 1 až 2 |
| PO ₄ ³⁻ | okyselení HNO ₃ nebo H ₂ SO ₄ na pH 1 až 2 |
| DOC, celkový organický uhlík (TOC) | okyselení H ₂ SO ₄ na pH 1 až 2 |

Pro každý odběr byl na místě vyhotoven protokol o odběru, který obsahoval veškeré základní informace z terénního měření a vzorkování. Po označení a uložení vzorků do chladicí kabely byly tyto transportovány v co nejkratší době při teplotách v rozmezí 3 – 4 °C do laboratoře a předány současně s vyhotoveným protokolem o odběru a předávací průvodkou pověřené osobě laboratoře. Rozsah stanovovaných analýz je v tabulce 5.

Tabulka 5: stanovované analýzy (Šíma et Švec, 2018)

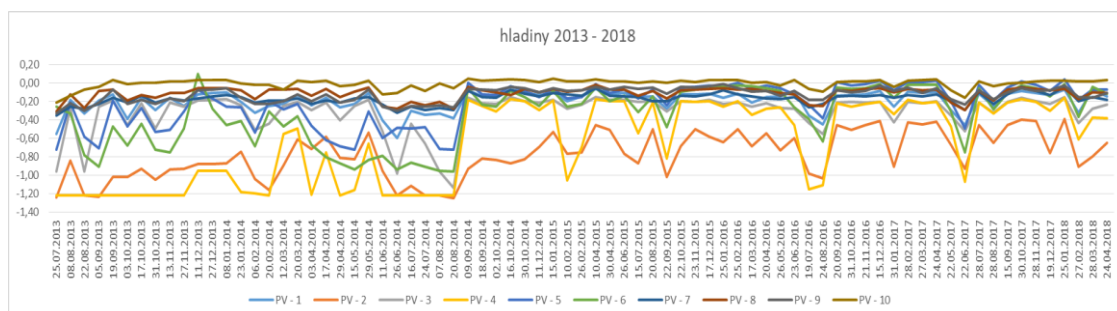
| Typ matrice | Rozsah analýz |
|----------------|--|
| podzemní voda | pH, konduktivita, CHSK _{Mn} , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , Fe, Al, DOC, A ₂₅₄ , A ₂₅₄ /DOC*100, huminové látky |
| povrchová voda | pH, konduktivita, CHSK _{Mn} , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , Fe, Al, DOC, A ₂₅₄ , A ₂₅₄ /DOC*100, huminové látky |

5.1.3 Statistické vyhodnocení

Získaná data z odběrů a terénního měření byla vytríděna a pomocí statistického programu R verze 3.3.1 (2016-06-21) podporující operační systém Windows byla spočítána nejprve datová explorační analýza (EDA). Výsledek ukázal základní statistické parametry, jako jsou maxima, minima, 25% a 75% kvartily, průměry a medián. Dalším krokem v rámci vyhodnocení naměřených hladin a získaných výsledků hydrochemických parametrů z laboratoře bylo vyhodnocení dat vícenásobnou nepřímou gradientovou analýzou PCA (principal components analysis) se standardizací přes druhy v programu Canoco 5. Kvalitativní parametry na odběrových místech včetně hladin na vrtu PA-3 byly poté podrobeny lineární regresi, a zároveň i jednotlivé údaje z měření hladin ve vrtech PV byly podrobeny korelační analýze.

5.2 Statistické vyhodnocení výsledků

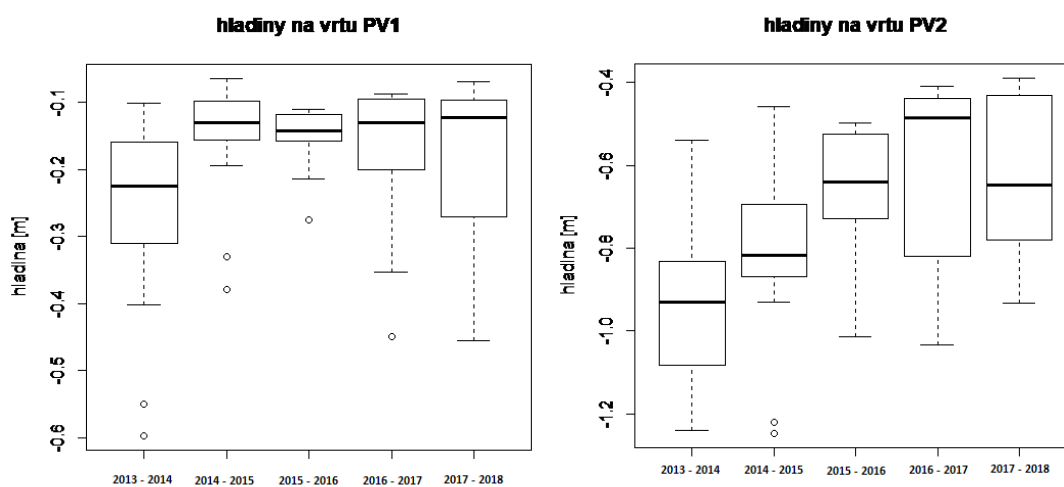
5.2.1 Periodické měření hladin ve vrtech PV

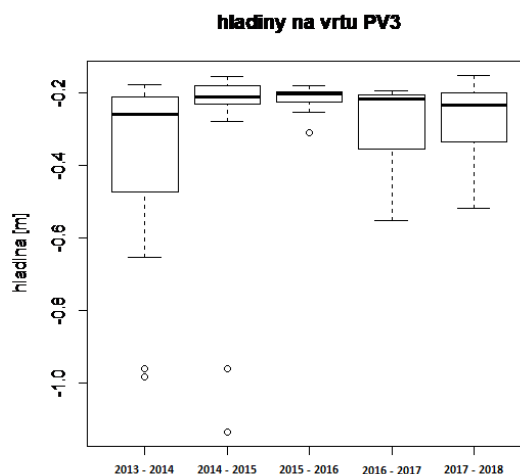


Obrázek 3: periodické měření hladin za celé období monitoringu 2013 – 2018 v [m]

Na obrázku 3 je zobrazen vývoj hladin podzemní vody na vrtech řady PV, které byly sledovány od 25. 7. 2013 až do 30. 6. 2014, kdy bylo v letním období provedeno v rámci nápravných opatření zbudování přehrázek na odvodňovacích kanálech. Vliv těchto zásahů se projevil již při monitoringu na konci srpnového měření zvýšením hladiny a snížením rozkolísaností hladin podzemní vody většiny monitorovaných objektů. Následná měření proběhla opakovaně každý měsíc s posledními použitými hladinami pro hodnocení ze dne 24. 4. 2018.

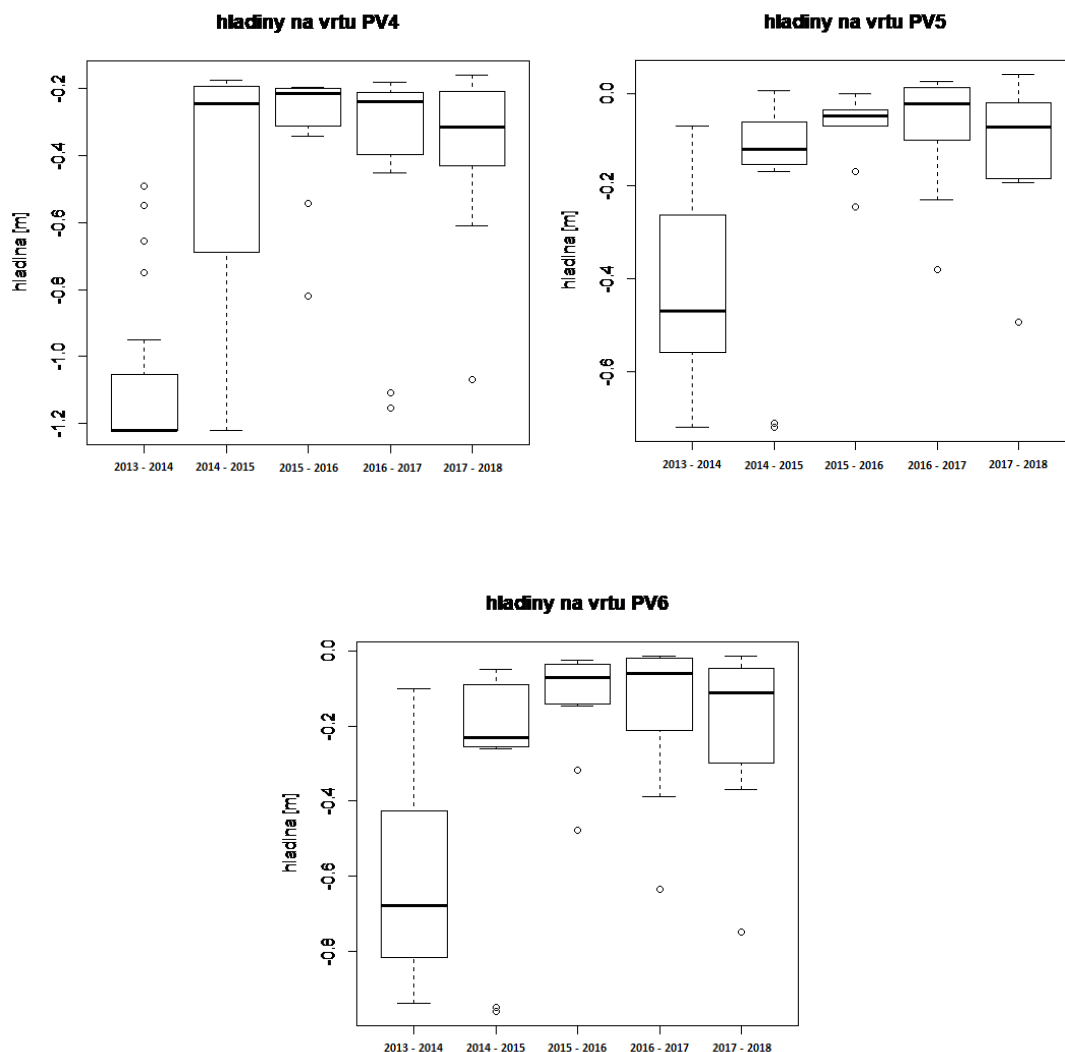
5.2.2 Základní statistické vyhodnocení hladin ve vrtech řady PV





Obrázek 4: grafy za období monitoringu 2013/2018 ve vrtech PV-1 až PV-3 zobrazující hodnoty mediánu, maximální a minimální hodnoty, včetně 25% a 75% kvartilů a odlehlých bodů

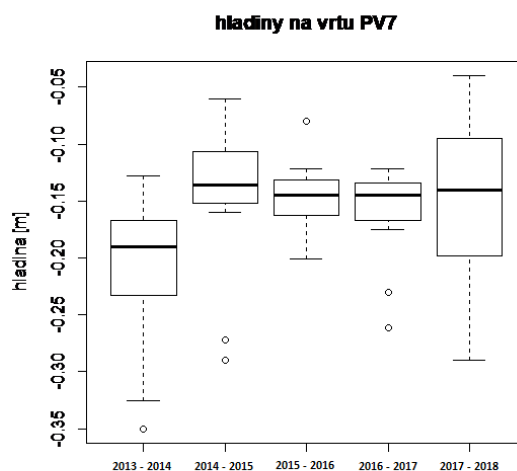
Na obrázku 4 jsou zobrazeny grafy první skupiny vrtů PV-1 až PV-3. Ze zobrazených grafů je patrný nárůst hladiny podzemní vody (dále jen HPV) v období 2014/2015 ve vrtech PV-1 (-0,225 až -0,13 m) a PV-3 (-0,26 až -0,212 m), a následné ustálení rozkolísanosti, která se zvýšila částečně opět v posledních dvou monitorovacích obdobích. Tyto dva objekty mají zároveň oproti vrtu PV-2 zvýšenou korelaci (0,84). Hodnota koeficientu s vrtem PV-2 dosahuje (0,70). Po provedených zásazích do odtoku vody z rašeliniště je také u vrtu PV-2 patrný dlouhodobý nárůst HPV, který dosáhl maxima v období 2016/2017 (-0,93 až -0,485 m) a vysoká rozkolísanost během celého monitorovacího období. V období 2017/2018 dochází ke snížení hladiny (-0,648 m). Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v příložených tabulkách 6 až 11 umístěnými pod grafy.



Obrázek 5: grafy za období monitoringu 2013/2018 na vrtech PV-4 až PV-6 zobrazující hodnoty mediánu, maximální a minimální hodnoty, včetně 25% a 75% kvartilů a odlehlých bodů

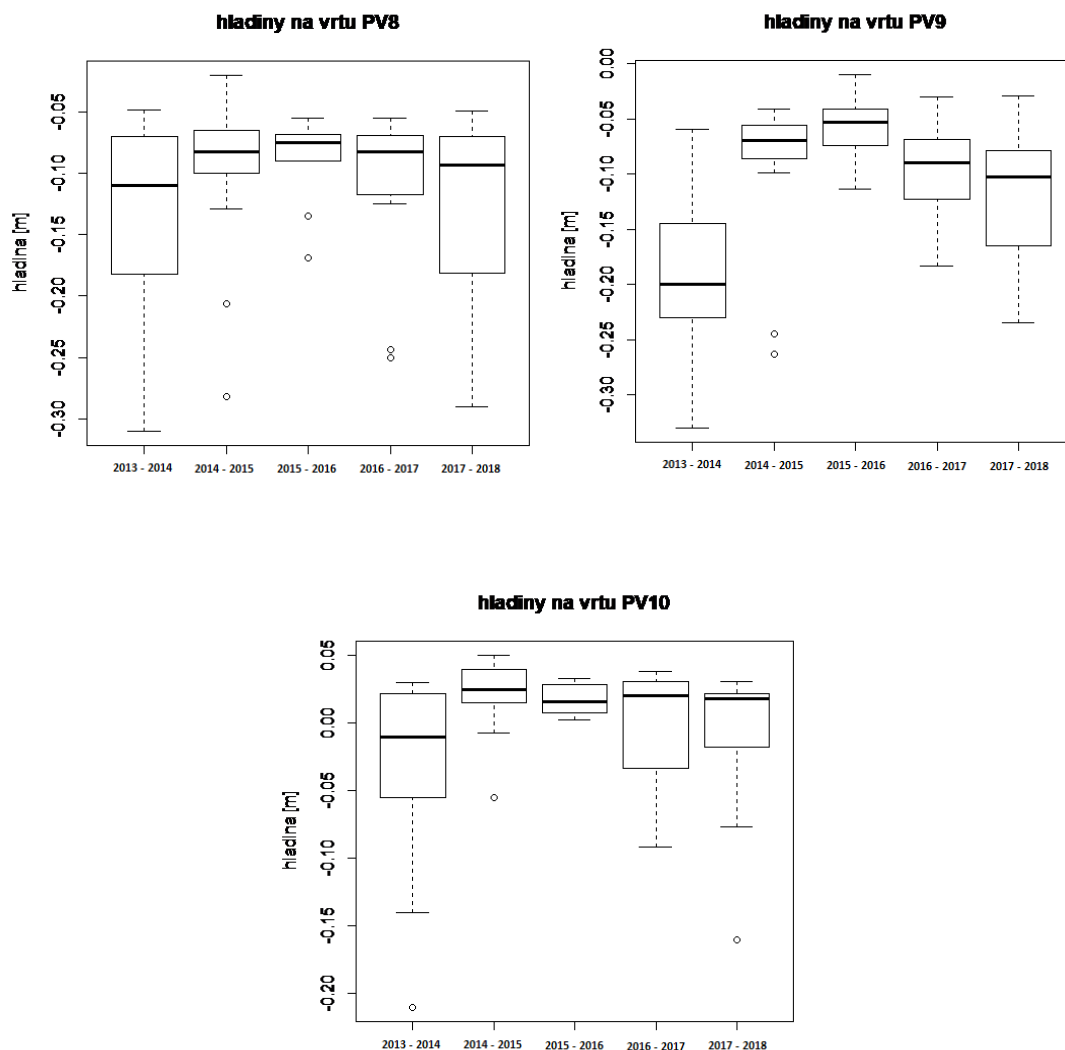
Na obrázku 5 jsou zobrazeny grafy druhé skupiny vrtů PV-4 až PV-6, na nichž je patrné, že od období 2014 – 2015 došlo ke zvýšení hladiny podzemní vody v celé skupině vrtů. U vrtu PV-5 se jedná o hodnoty (-0,47 až -0,12 m) a u vrtu PV-6 (-0,68 až -0,23 m). Vrty PV-5 a PV-6 vykazují vůči sobě mírně zvýšenou korelaci (0,93) oproti vrtu PV-4 (0,83) a vyšší ustálení rozkolísanosti hladiny, která se mírně zvýšila za poslední dvě monitorovaná období. Vrt PV-4, který před přehrazením kanálů byl ve většině případů suchý, vykazuje v prvním období po provedených revitalizačních opatřeních v období 2013/2014 vysokou rozkolísanost hladiny, která se ustálila v dalších sledovaných obdobích, zároveň také i nárůst hladiny (-1,22 až -0,246 m).

Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v příložených tabulkách 6 až 11 umístěnými pod grafy.



Obrázek 6: graf za období monitoringu 2013/2018 na vrtu PV-7 zobrazující hodnoty mediánu, maximální a minimální hodnoty, včetně 25% a 75% kvartilů a odlehlých bodů

Obrázek 6 zobrazuje grafy za jednotlivá období monitoringu ve vrtu PV-7 nacházejícího se samostatně u hlavního odvodňovacího kanálu. Hodnoty mediánu vykazují zvýšení hladiny podzemní vody (-0,19 až -0,136 m) po přehrazení kanálů v roce 2014 a ustálení rozkolísanosti. V posledním období 2017/2018 dochází k výraznému zvýšení rozkolísanosti hladiny. Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v příložených tabulkách 6 až 11 umístěnými pod grafy. Objekt zároveň vykazuje zvýšenou korelaci se skupinou vrtu na východní straně odvodňovacího kanálu. Korelační koeficient dosahuje hodnoty s vrtu PV-7 a PV-8 (0,84), PV-9 (0,87), PV-10 (0,78).



Obrázek 7: grafy za období monitoringu 2013/2018 na vrtech PV-8 až PV-10 zobrazující hodnoty mediánu, maximální a minimální hodnoty, včetně 25% a 75% kvartilů a odlehlých bodů

Na obrázku 7 je zobrazena poslední skupina vrtů PV-8 až PV-10 nacházející se u hlavního odvodňovacího kanálu. Grafy zobrazují nárůst a ustálení hladiny podzemní vody ve všech vrtech po zbudování přehrážek v srpnu 2014, a je zde také patrná zvýšená korelace mezi jednotlivými objekty PV-8 a PV-9 (0,81), PV-8 a PV-10 (0,78), PV-9 a PV-10 (0,77). Skokový nárůst hladin ve vrtech je patrný z hodnot mediánu, které dosahují u vrtu PV-8 (-0,11 až -0,082 m), ve vrtu PV-9 (-0,20 až -0,070 m) a ve vrtu PV-10 (-0,01 až 0,025 m). Poslední monitorované období 2017/2018 vykazuje naopak zvýšení rozkolísanosti a snížení HPV ve všech objektech. Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v příložených tabulkách 6 až 11 umístěnými pod grafy.

Vypočtené hodnoty popisné statistiky z měření hladin ve vrtech řady PV

Tabulka 6: hladiny za celé období monitoringu 2013/2018 v [m]

| období | PV-1 | PV-2 | PV-3 | PV-4 | PV-5 | PV-6 | PV-7 | PV-8 | PV-9 | PV-10 | |
|----------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2013 2018 | Min | -0.597 | -1.247 | -1.135 | -1.220 | -0.720 | -0.960 | -0.350 | -0.310 | -0.330 | -0.210 |
| | 1st Qu. | -0.253 | -0.932 | -0.337 | -1.205 | -0.345 | -0.563 | -0.205 | -0.144 | -0.192 | -0.020 |
| | Median | -0.149 | -0.770 | -0.225 | -0.473 | -0.154 | -0.260 | -0.155 | -0.089 | -0.099 | 0.016 |
| | Mean | -0.196 | -0.775 | -0.318 | -0.647 | -0.224 | -0.343 | -0.171 | -0.117 | -0.129 | -0.007 |
| | 3rd Qu. | -0.116 | -0.543 | -0.201 | -0.213 | -0.047 | -0.067 | -0.135 | -0.069 | -0.067 | 0.025 |
| | Max. | -0.065 | -0.390 | -0.153 | -0.160 | 0.040 | -0.014 | -0.040 | -0.020 | -0.010 | 0.050 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých vrtů řady PV v metrech za období 2013/2018. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru, 25% a 75% kvartily.

Tabulka 7: období monitoringu 2013/2014 v [m]

| období | PV-1 | PV-2 | PV-3 | PV-4 | PV-5 | PV-6 | PV-7 | PV-8 | PV-9 | PV-10 | |
|----------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2013 2014 | Min | -0.597 | -1.240 | -0.985 | -1.220 | -0.720 | -0.940 | -0.350 | -0.310 | -0.330 | -0.210 |
| | 1st Qu. | -0.311 | -1.083 | -0.475 | -1.220 | -0.560 | -0.817 | -0.233 | -0.182 | -0.230 | -0.055 |
| | Median | -0.225 | -0.930 | -0.260 | -1.220 | -0.470 | -0.680 | -0.190 | -0.110 | -0.200 | -0.010 |
| | Mean | -0.249 | -0.944 | -0.385 | -1.095 | -0.421 | -0.611 | -0.208 | -0.136 | -0.190 | -0.028 |
| | 3rd Qu. | -0.160 | -0.833 | -0.211 | -1.055 | -0.264 | -0.428 | -0.168 | -0.070 | -0.145 | 0.022 |
| | Max. | -0.101 | -0.540 | -0.178 | -0.490 | -0.070 | -0.100 | -0.128 | -0.048 | -0.059 | -0.030 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých vrtů řady PV v metrech za období 2013/2014. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru, 25% a 75% kvartily.

Tabulka 8: období monitoringu 2014/2015 v [m]

| období | PV-1 | PV-2 | PV-3 | PV-4 | PV-5 | PV-6 | PV-7 | PV-8 | PV-9 | PV-10 | |
|----------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2014 2015 | Min | -0.380 | -1.247 | -1.135 | -1.220 | -0.720 | -0.960 | -0.290 | -0.282 | -0.263 | -0.055 |
| | 1st Qu. | -0.156 | -0.869 | -0.232 | -0.690 | -0.154 | -0.256 | -0.152 | -0.100 | -0.086 | 0.015 |
| | Median | -0.130 | -0.817 | -0.212 | -0.246 | -0.120 | -0.230 | -0.136 | -0.082 | -0.070 | 0.025 |
| | Mean | -0.155 | -0.804 | -0.330 | -0.473 | -0.189 | -0.291 | -0.143 | -0.102 | -0.096 | 0.021 |
| | 3rd Qu. | -0.099 | -0.695 | -0.180 | -0.193 | -0.062 | -0.090 | -0.107 | -0.065 | -0.056 | 0.040 |
| | Max. | -0.065 | -0.459 | -0.156 | -0.175 | 0.005 | -0.048 | -0.060 | -0.020 | -0.041 | 0.050 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých vrtů řady PV v metrech za období 2014/2015. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 9: období monitoringu 2015/2016 v [m]

| období | | PV-1 | PV-2 | PV-3 | PV-4 | PV-5 | PV-6 | PV-7 | PV-8 | PV-9 | PV-10 |
|----------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 2015 2016 | Min | -0.276 | -1.015 | -0.310 | -0.820 | -0.245 | -0.479 | -0.201 | -0.169 | -0.114 | 0.002 |
| | 1st Qu. | -0.158 | -0.729 | -0.225 | -0.311 | -0.070 | -0.141 | -0.163 | -0.090 | -0.074 | 0.008 |
| | Median | -0.142 | -0.640 | -0.204 | -0.215 | -0.050 | -0.070 | -0.145 | -0.075 | -0.053 | 0.016 |
| | Mean | -0.153 | -0.664 | 0.218 | -0.314 | -0.074 | -0.130 | -0.148 | -0.088 | -0.058 | 0.017 |
| | 3rd Qu. | -0.119 | -0.525 | -0.197 | -0.200 | -0.035 | -0.035 | -0.132 | -0.069 | -0.041 | 0.029 |
| | Max. | -0.110 | -0.498 | -0.180 | -0.195 | 0.000 | -0.025 | -0.080 | -0.055 | -0.010 | 0.033 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých vrtů řady PV v metrech za období 2015/2016. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 10: období monitoringu 2016/2017 v [m]

| období | | PV-1 | PV-2 | PV-3 | PV-4 | PV-5 | PV-6 | PV-7 | PV-8 | PV-9 | PV-10 |
|----------------------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| 2016 2017 | Min | -0.450 | -1.035 | -0.553 | -1.155 | -0.380 | -0.635 | -0.261 | -0.250 | -0.183 | -0.092 |
| | 1st Qu. | -0.173 | -0.7765 | -0.319 | -0.368 | -0.091 | -0.186 | -0.1638 | -0.114 | -0.114 | -0.030 |
| | Median | -0.131 | -0.485 | -0.218 | -0.240 | -0.023 | -0.059 | -0.145 | -0.083 | -0.090 | 0.020 |
| | Mean | -0.174 | -0.6155 | -0.286 | -0.403 | -0.070 | -0.148 | -0.161 | -0.110 | -0.099 | -0.002 |
| | 3rd Qu. | -0.096 | -0.443 | -0.207 | -0.216 | 0.012 | -0.019 | -0.135 | -0.071 | -0.074 | 0.030 |
| | Max. | -0.088 | -0.410 | -0.196 | -0.180 | 0.025 | -0.014 | -0.122 | -0.055 | -0.030 | 0.038 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých vrtů řady PV v metrech za období 2016/2017. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 11: období monitoringu 2017/2018 v [m]

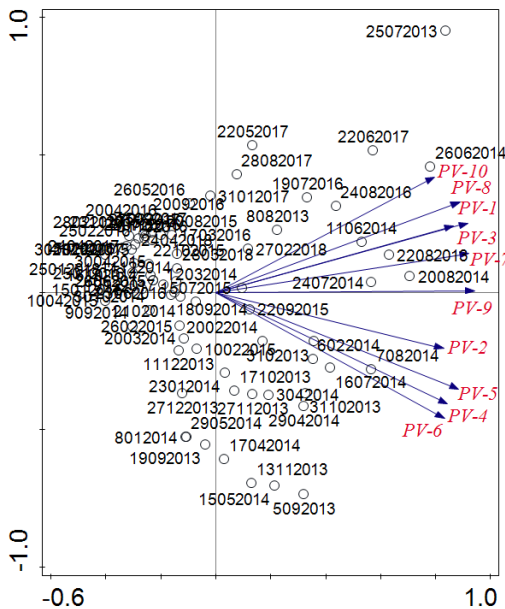
| období | | PV-1 | PV-2 | PV-3 | PV-4 | PV-5 | PV-6 | PV-7 | PV-8 | PV-9 | PV-10 |
|----------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2017 2018 | Min | -0.455 | -0.932 | -0.520 | -1.070 | -0.495 | -0.750 | -0.290 | -0.290 | -0.235 | -0.160 |
| | 1st Qu. | -0.261 | -0.770 | -0.328 | -0.407 | -0.182 | -0.292 | -0.198 | -0.178 | -0.162 | -0.012 |
| | Median | -0.124 | -0.648 | -0.233 | -0.315 | -0.072 | -0.111 | -0.140 | -0.094 | -0.103 | 0.018 |
| | Mean | -0.181 | -0.623 | -0.275 | -0.375 | -0.110 | -0.190 | -0.149 | -0.124 | -0.119 | -0.010 |
| | 3rd Qu. | -0.103 | -0.442 | -0.204 | -0.208 | -0.022 | -0.051 | -0.100 | -0.072 | -0.081 | 0.020 |
| | Max. | -0.070 | -0.390 | -0.153 | -0.160 | 0.040 | -0.014 | -0.040 | -0.049 | -0.029 | 0.031 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých vrtů řady PV v metrech za období 2017/2018. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

5.2.3 Analýza hlavních komponent PCA hladin ve vrtech

Soubory naměřených dat za celé období, a také i za jednotlivá období monitoringu byly podrobeny statistickému vyhodnocení lineární ordinační metodou PCA (principal components analysis), tzv. metodou hlavních komponent v programu Canoco 5. Před samotným vyhodnocením došlo nejprve k standardizaci a centrování. Jednotlivé body zobrazují datum měření a jejich blízkost vypovídá o podobnosti jednotlivých měření. Úhel, který svírají jednotlivé šipky, vypovídá o korelaci jednotlivých vrtů mezi sebou (Lepš et Šmilauer, 2000).

PCA za monitorovací období 2013/2018



Obrázek 8: analýza hladin za celé období monitoringu 2013/2018 metodou PCA. Diagram zobrazuje korelaci mezi vrty PV-1 až PV-10. Použitá data jsou v tabulce 38 v příloze. Body zobrazují jednotlivé odběry označené dnem, měsícem a rokem měření.

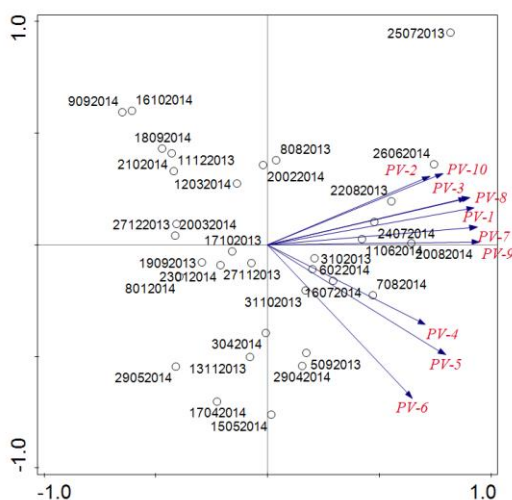
Vektory PV-1 až PV-10 zobrazují sledované objekty na lokalitě za celé období monitoringu od roku 2013 a body jednotlivá měření. První dvě ordinační osy vysvětlily 85,94 % variability v datech, kde je patrná korelace mezi objekty PV-1 a PV-3 (0,84). Další pozitivní korelace je patrná mezi vrty PV-4 až PV-6, kde především mezi vrty PV-5 a PV-6 dosahuje vysoké hodnoty (0,93). Vysoký korelační koeficient byl zjištěn také mezi vrty PV-7 a PV-9 (0,87). Naopak nejnižší koeficient, jak je patrné i z diagramu, byl zjištěn mezi vrty PV-6 a PV-10 (0,48) a PV-4 a PV-10 (0,54). Ostatní

výsledky korelace za celé období jsou v příložené tabulce 12.

Tabulka 12: korelační analýza vrtů řady PV za celé období monitoringu 2013/2018

| | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| PV-1, PV-2 | PV-1, PV-3 | PV-2, PV-3 | PV-4, PV-5 | PV-4, PV-6 | PV-5, PV-6 |
| 0,70 | 0,84 | 0,70 | 0,83 | 0,83 | 0,93 |
| PV-7, PV-8 | PV-7, PV-9 | PV-7, PV-10 | PV-8, PV-9 | PV-8, PV-10 | PV-9, PV-10 |
| 0,84 | 0,87 | 0,78 | 0,81 | 0,78 | 0,77 |
| PV-4, PV-10 | PV-5, PV-10 | PV-6, PV10 | PV-2, PV-5 | PV-2, PV-6 | PV-2, PV-10 |
| 0,54 | 0,58 | 0,48 | 0,72 | 0,70 | 0,54 |

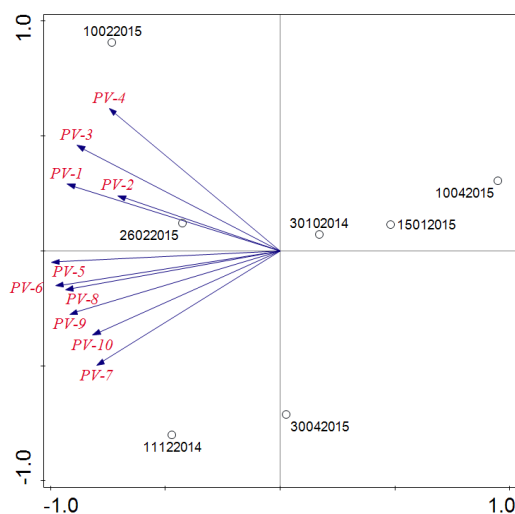
PCA za monitorovací období 2013/2014



Obrázek 9: analýza hladin za období 2013/2014 metodou PCA. Diagram zobrazuje korelaci mezi vrtů PV-1 až PV-10. Použitá data jsou v tabulce 38 v příloze. Body zobrazující jednotlivé odběry jsou označeny dnem, měsícem a rokem měření.

Vektory PV-1 až PV-10 zobrazují sledované objekty na lokalitě za období monitoringu 2013/2014 a body jednotlivá měření. První dvě ordinační osy vysvětlily 81,13 % variability v datech. V grafu je patrná korelace mezi objekty PV-1 a PV-3 (0,85). Další zvýšená pozitivní korelace je zjištěna mezi objekty PV-7 až PV-10 a u vrtů PV-5 a PV6 (0,84). Naopak nižší korelační koeficient byl zjištěn u vrtů PV-4 a PV-6 (0,58) a také u vrtů PV-4 a PV-2 (0,49). Nejnižší korelace je patrná u vrtů PV-2 a PV-6 (0,28). Výsledky korelační

analýzy mezi vrtů jsou v tabulce 32 umístěné v přílohách.



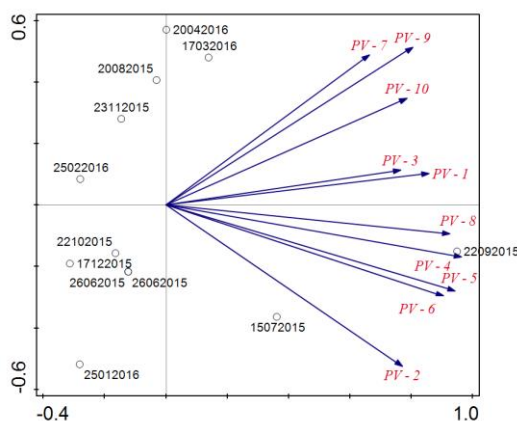
Obrázek 10: analýza hladin za období 2014/2015 metodou PCA. Diagram zobrazuje korelaci mezi vrty PV-1 až PV-10. Použitá data jsou v tabulce 38 v příloze. Body zobrazující jednotlivé odběry jsou označené dnem, měsícem a rokem měření.

(0,44) a nejnižší u vrtů PV-4, PV-7 (0,25). Ostatní výsledky korelační analýzy mezi jednotlivými objekty jsou v tabulce 32 umístěné v přílohách.

PCA za monitorovací období 2014/2015

Vektory PV-1 až PV-10 zobrazují sledované objekty na lokalitě za období monitoringu 2014/2015 a body jednotlivá měření. První dvě ordinační osy vysvětlily 89,21 % variability v datech. Zde je patrná a potvrzená korelace mezi objekty PV-1 a PV-3 (0,96), dále je viditelná korelace u vrtů PV-5 a PV-6 (0,98). Vysoký korelační koeficient vyšel také mezi vrty PV-8 a PV-9 (0,93). Naopak nižší korelace byla zjištěna mezi vrty PV-10 a PV-2

PCA za monitorovací období 2015/2016

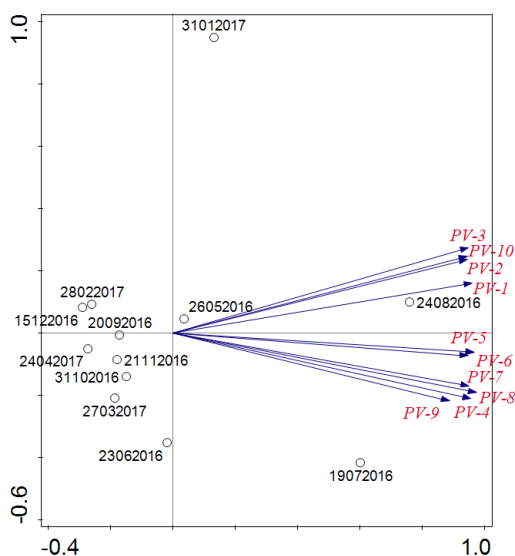


Obrázek 11: analýza hladin za období 2015/2016 metodou PCA. Diagram zobrazuje korelaci mezi vrty PV-1 až PV-10. Použitá data jsou v tabulce 38 v příloze. Body zobrazující jednotlivé odběry jsou označené dnem, měsícem a rokem měření.

Další výsledky korelační analýzy mezi jednotlivými objekty jsou v tabulce 32 umístěné v přílohách.

Vektory PV-1 až PV-10 zobrazují sledované objekty na lokalitě za období monitoringu 2015/2016 a body jednotlivá období měření. První dvě ordinační osy vysvětlily 82,40 % variability v datech. Vysoká korelace je viditelná mezi vrty PV-1 a PV-3 (0,95). Stejně jako u vrtů PV-4 a PV-5 (0,93). Další vysoký korelační koeficient byl zjištěn PV-5 a PV-6 (0,97). Naopak nejnižší korelace viditelná na diagramu je patrná mezi vrty PV-7 a PV-2 (0,27) a také u vrtů PV-2 a PV-3 (0,47).

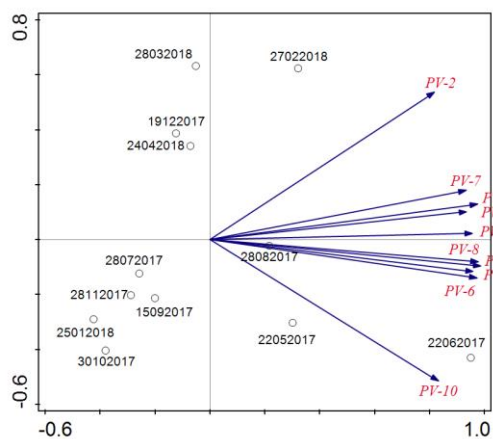
PCA za monitorovací období 2016/2017



Obrázek 12: analýza hladin za období 2016/2017 metodou PCA. Diagram zobrazuje korelaci mezi vrty PV-1 až PV-10. Použitá data jsou v tabulce 38 v příloze. Body zobrazující jednotlivé odběry jsou označené dnem, měsícem a rokem měření.

Vektory PV-1 až PV-10 zobrazují sledované objekty na lokalitě za období monitoringu 2016/2017 a body jednotlivá měření. První dvě ordinační osy vysvětlily 93,96 % variability v datech. Vysoká korelace mezi vrty byla zjištěna u většiny objektů, kde korelační koeficient dosahuje hodnoty více než 0,90. Nejvyšší koeficient byl zjištěn u vrtů PV-5 a PV-6 (0,99) a naopak nejnižší mezi vrty PV-3 a PV-9 (0,75). Ostatní výsledky korelační analýzy mezi ostatními objekty jsou zaznamenány v tabulce 32 umístěné v přílohách.

PCA za monitorovací období 2017/2018



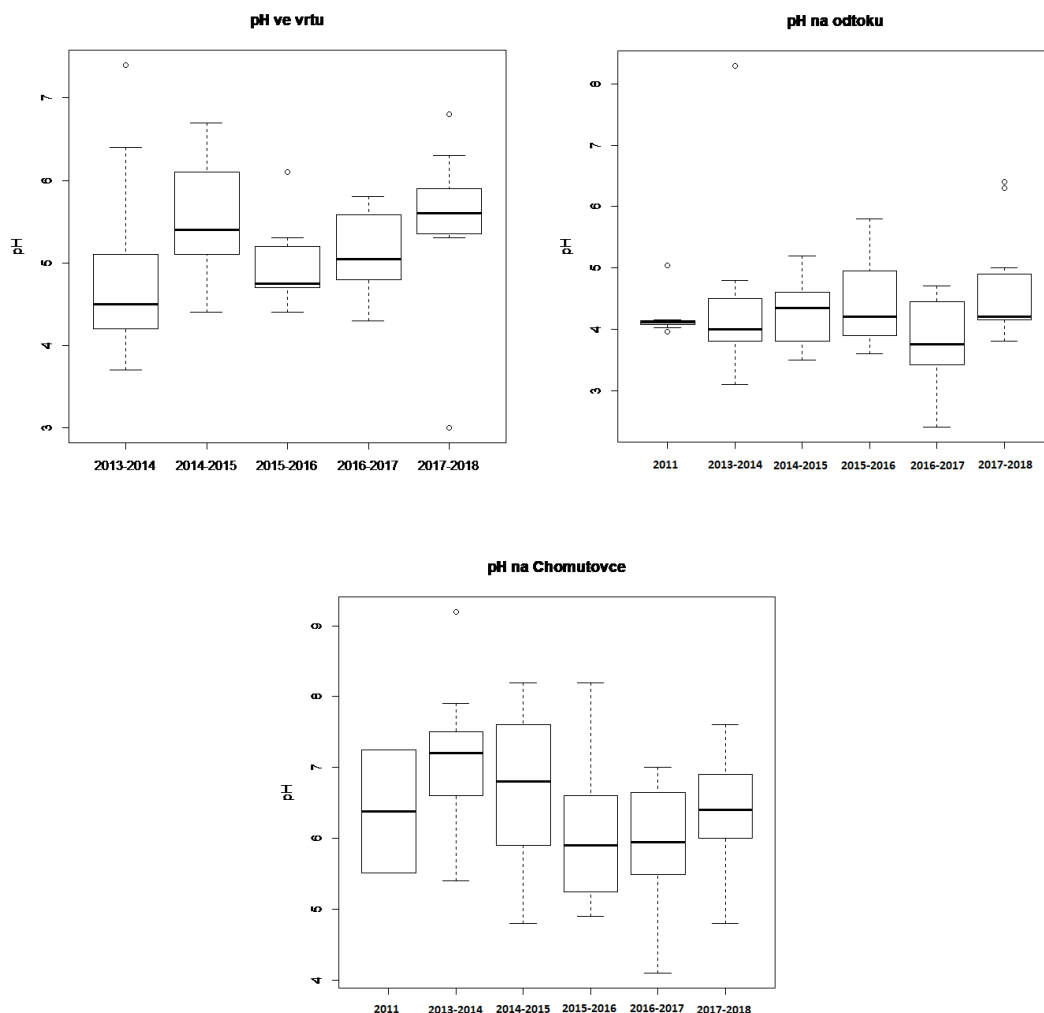
Obrázek 13: analýza vývoje hladin za období 2017/2018 metodou PCA. Diagram zobrazuje korelaci mezi vrty PV-1 až PV-10. Použitá data jsou v tabulce 38 v příloze. Body zobrazující jednotlivé odběry jsou označené dnem, měsícem a rokem měření.

byla zjištěna u vrtů P-2 a PV-10 (0,43) což je patrné z přiloženého diagramu. Další výsledky korelační analýzy mezi ostatními vrty jsou v tabulce 32 umístěné v přílohách.

Vektory PV-1 až PV-10 zobrazují sledované objekty na lokalitě za období monitoringu 2017/2018 a body jednotlivá měření. První dvě ordinační osy vysvětlily 94,29 % variability v datech. Nejvyšší korelační koeficient byl zjištěn u vrtů PV-5 a PV-6 (0,98). Další pozitivní korelace byla zjištěna u vrtů PV-1 a PV-3 (0,95), PV-8 a PV-9 (0,92). Zvýšený korelační koeficient byl také vyhodnocen u skupiny vrtů PV-7 až PV-9 a také u celé skupiny vrtů PV-5 až PV-6. Nejnižší korelace

5.3 Periodické měření hydrochemických parametrů

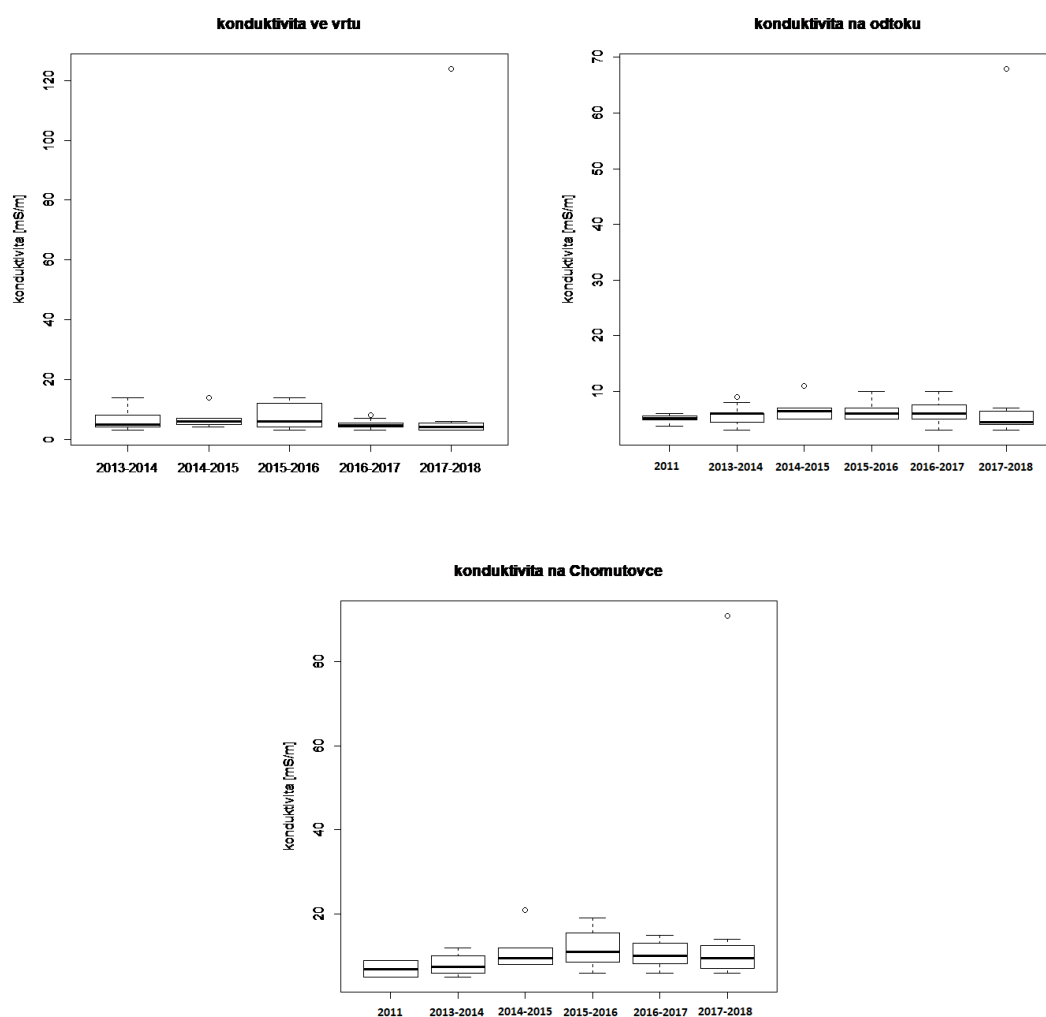
5.3.1 Základní statistické vyhodnocení hydrochemických parametrů



Obrázek 14: vypočtené hodnoty pH (medián, 25% a 75% kvartily, 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí včetně odlehlých bodů) na odběrových místech za jednotlivá období monitoringu

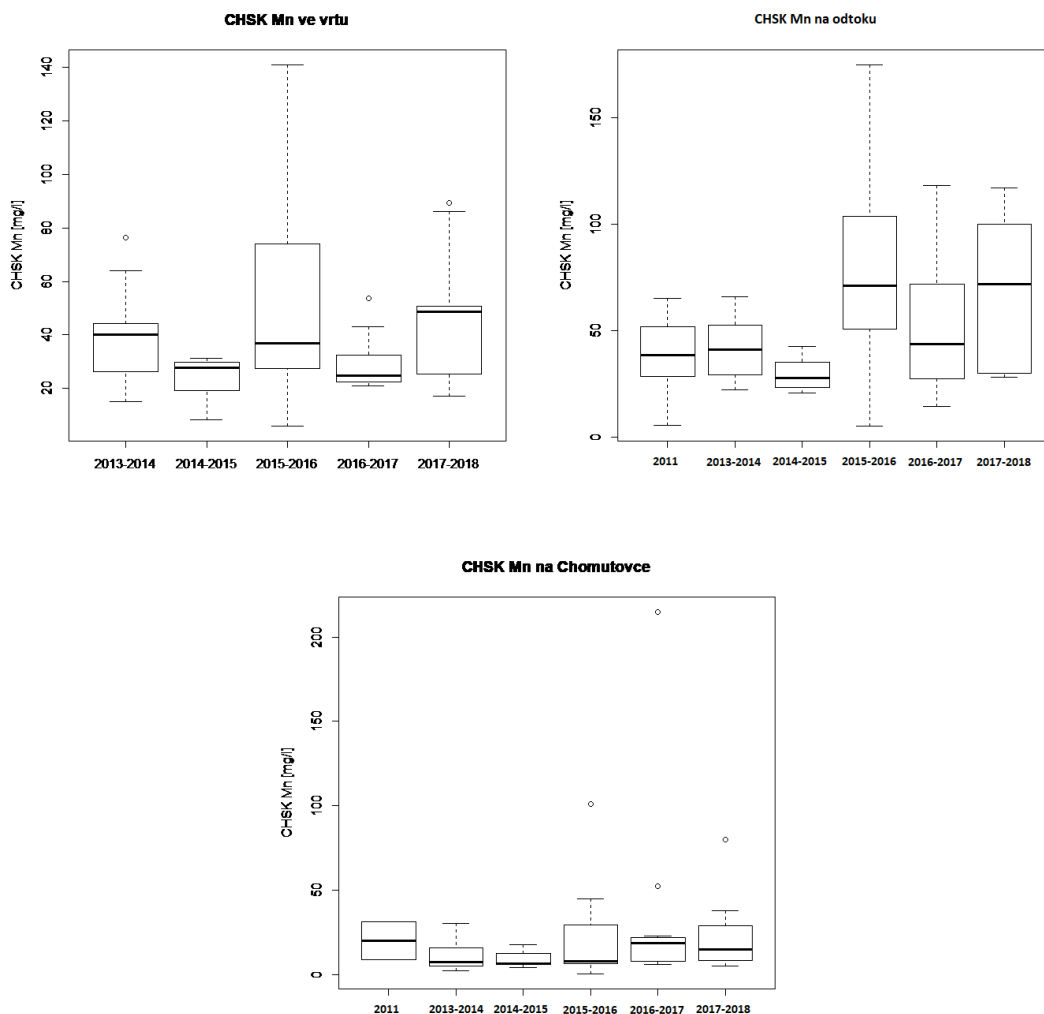
Grafy na obrázku 14 zobrazují vypočtené hodnoty pH (medián, 25% a 75% kvartily, 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí včetně odlehlých bodů) na odběrových místech za jednotlivá období monitoringu. Nejnížší hodnoty pH jsou patrné z grafů na odtoku z rašeliniště a nejvyšší na odběrovém místě Chomutovka, což platí za celé období monitoringu. V první fázi průzkumu v roce 2011 byly zjištěny hodnoty pH povrchové vody na rašeliništi v rozmezí (3,96 až 5,04), na Chomutovce (5,52 až 7,25). Po zbudování přehrázek na rašeliništi v létě 2014 je patrný nárůst pH na odtoku z rašeliniště a ve vrtu v období 2014/2015 s hodnotou mediánu ve vrtu (5,40) a na

odtoku V-1 (4,35), naopak na Chomutovce dochází k poklesu (6,80). Během roku jsou viditelné poměrně vysoké rozdíly v hodnotách pH za celé období monitoringu. Nejvyšší hodnoty mediánu ve vrtu byly zjištěny v období 2014/2015 (5,4) a 2017/2018 (5,6), na odtoku z rašeliniště v období 2014/2015 (4,35) a třetím odběrovém místě Chomutovka (7,20) v období 2013/2014. Patrný nárůst hodnoty pH je viditelný v posledních dvou obdobích ve vrtu a na odběrovém místě Chomutovka. Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v tabulkách 13 až 29.



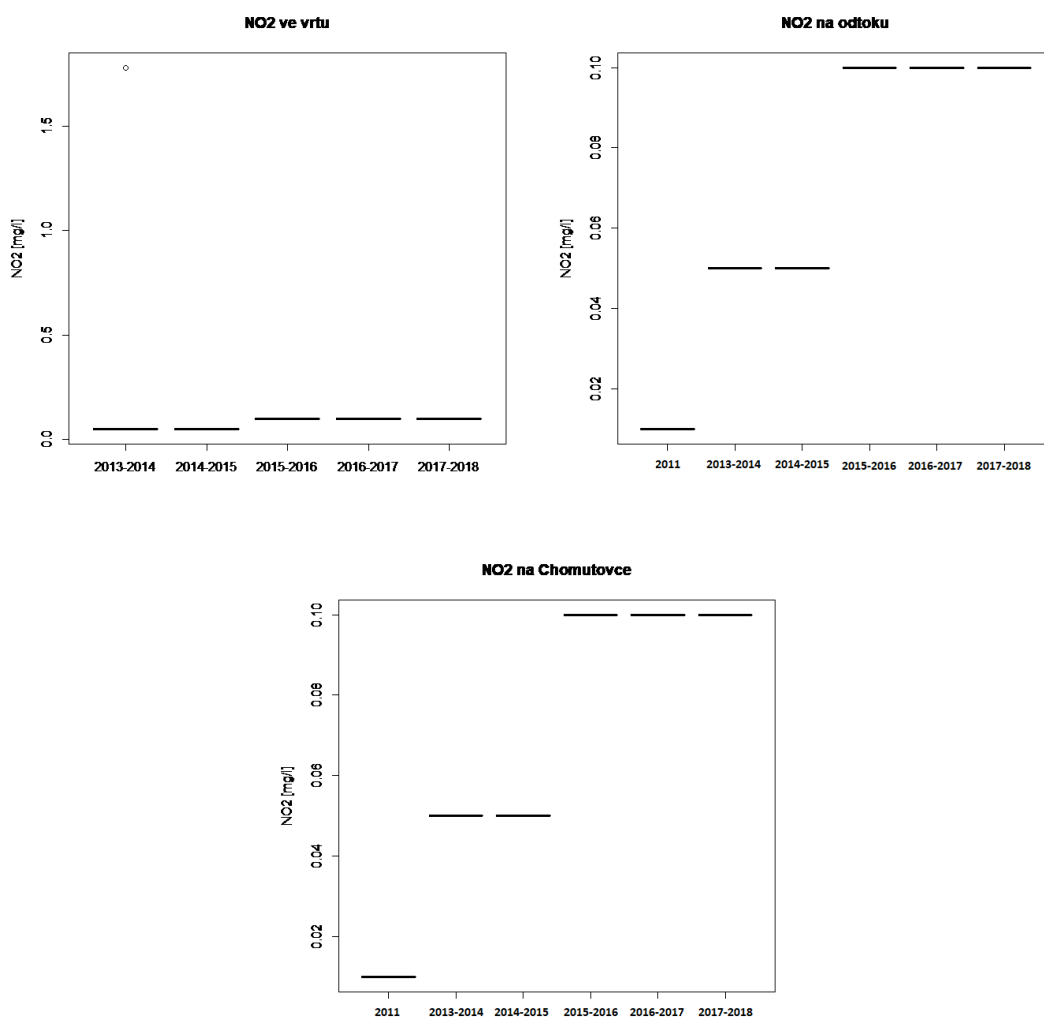
Obrázek 15: vypočtené hodnoty konduktivity (medián, 25% a 75% kvartily, 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí včetně odlehých bodů) na odběrových místech za jednotlivá období monitoringu

Hodnoty měrné vodivosti na profilech V-1 a PA-3, PA-6 se pohybovaly prakticky za celé období v rozmezí 4 -10 mS/m, na profilu Chomutovka jsou tyto hodnoty přibližně dvojnásobné 6 – 20 mS/m. Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v tabulkách 13 až 29.



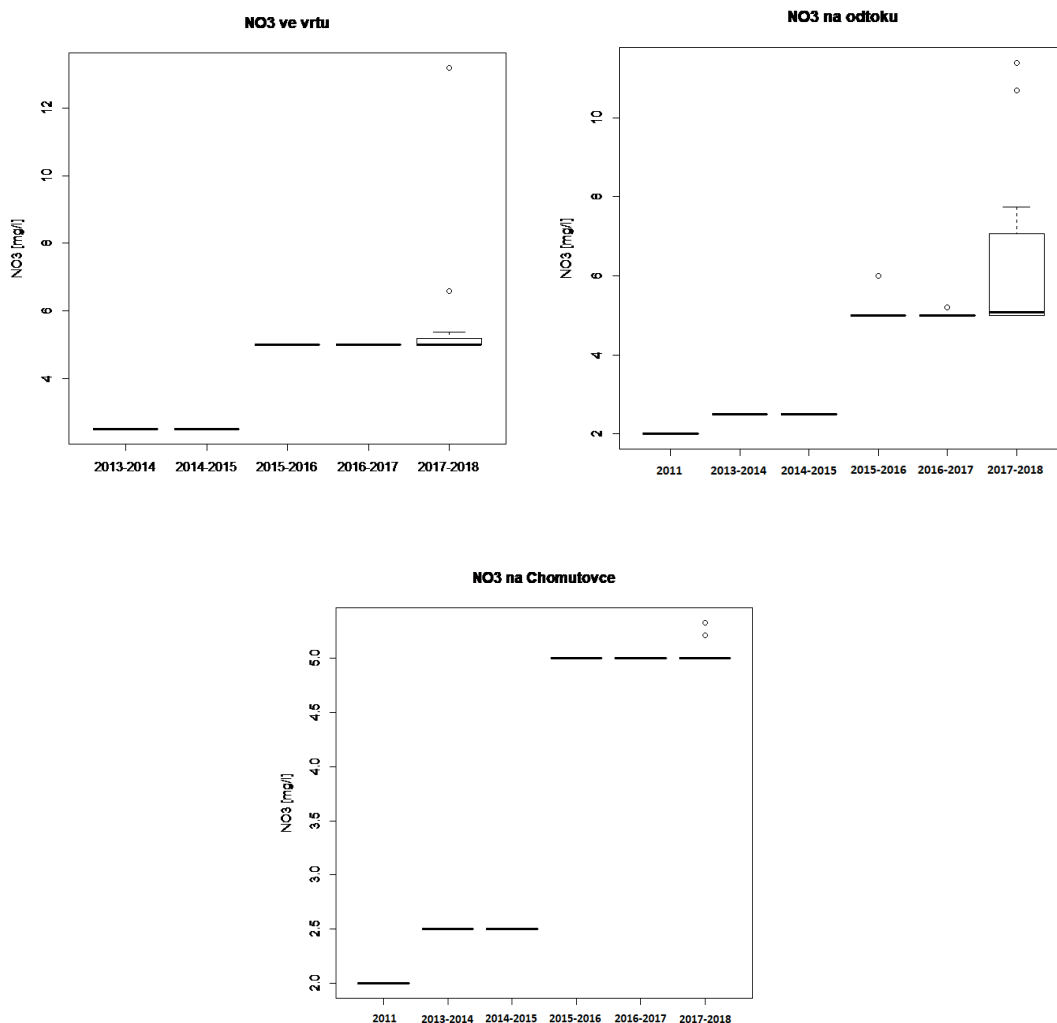
Obrázek 16: vypočtené hodnoty $CHSK_{Mn}$ (medián, 25% a 75% kvartily, 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí včetně odlehlých bodů) na odběrových místech za jednotlivá období monitoringu

Nejnižší hodnoty a zároveň ustálenost $CHSK_{Mn}$ vykazují vzorky odebrané na Chomutovce hodnotou mediánu zjištěnou v období 2014/2015 (6,50) a nejvyšší v prvotní fázi 2011 (20,15), naopak nejvyšší zjištěné hodnoty CHSK ve vzorcích odebraných na odtoku z vrchoviště dosahují (71,85) v posledním monitorovacím období, a je také patrný nárůst hodnot od roku 2011, kde byla zjištěna (38,5). Z grafů je viditelné, že odběrová místa PA-3 a V-1 spolu korespondují během celého období monitoringu, kdy za období 2014/2015 je patrný pokles, a naopak v následujícím období navýšení hodnot a rozkolísanosti, která je patrná až do období 2017/2018. Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v tabulkách 13 až 29.



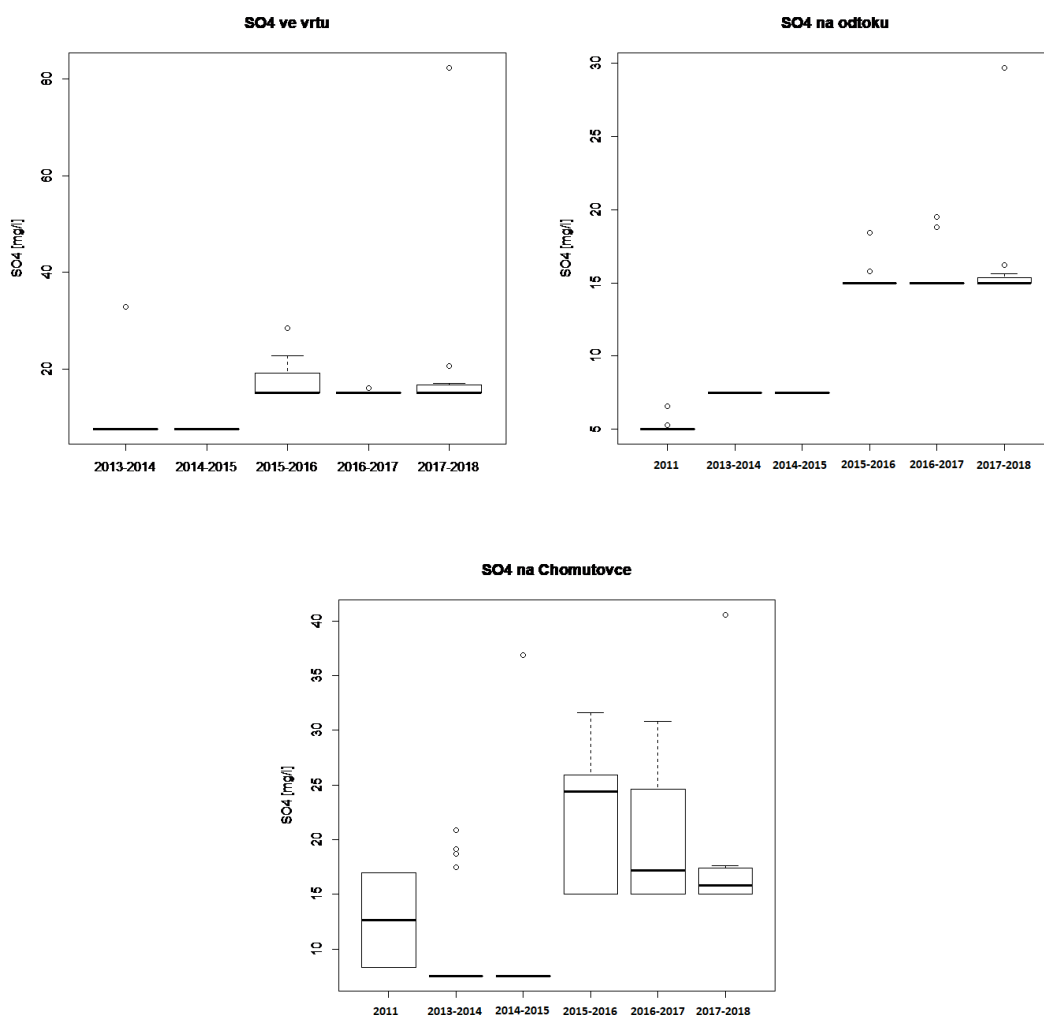
Obrázek 17: vypočtené hodnoty NO₂- (medián, 25% a 75% kvartily, 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí včetně odlehých bodů) na odběrových místech za jednotlivá období monitoringu

Dusitany za celé období monitoringu na všech odběrových profilech vykazovaly hodnoty na mezi stanovitelnosti použitými metodami. Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v tabulkách 13 až 29.



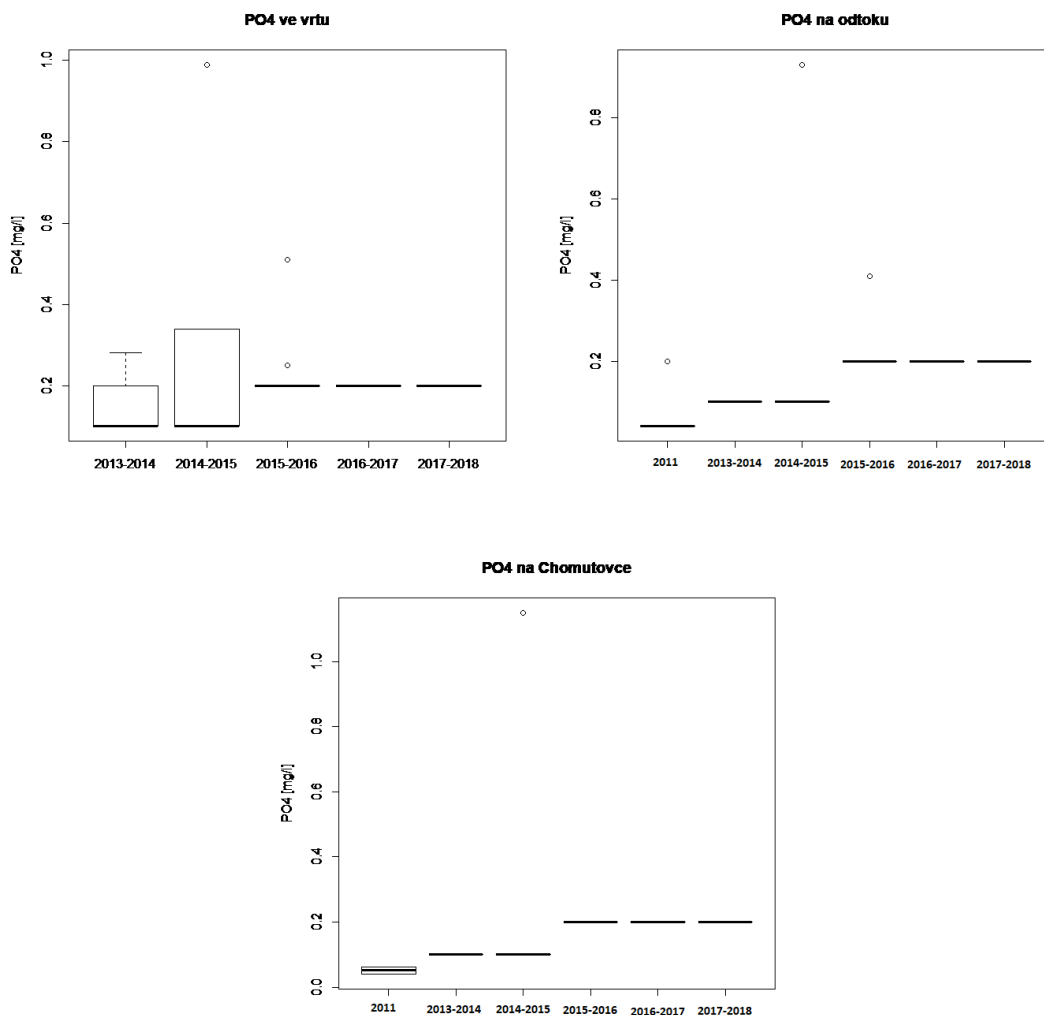
Obrázek 18: vypočtené hodnoty NO₃⁻ (medián, 25% a 75% kvartily, 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí včetně odlehlých bodů) na odběrových místech za jednotlivá období monitoringu

Dusičnany za většinu období monitoringu na odběrových profilech vykazovaly hodnoty na mezi stanovitelnosti použitými metodami. V posledním monitorovacím období 2017/2018 na profilech V-1 a PA-3 je patrné navýšení koncentrací dusičnanů. Na měrném přelivu byla zjištěna maximální hodnota při červencovém odběru 11,4 mg/l a na vrtu PA-3 se jednalo o březnový vzorek s koncentrací 13,2 mg/l. Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v tabulkách 13 až 29.



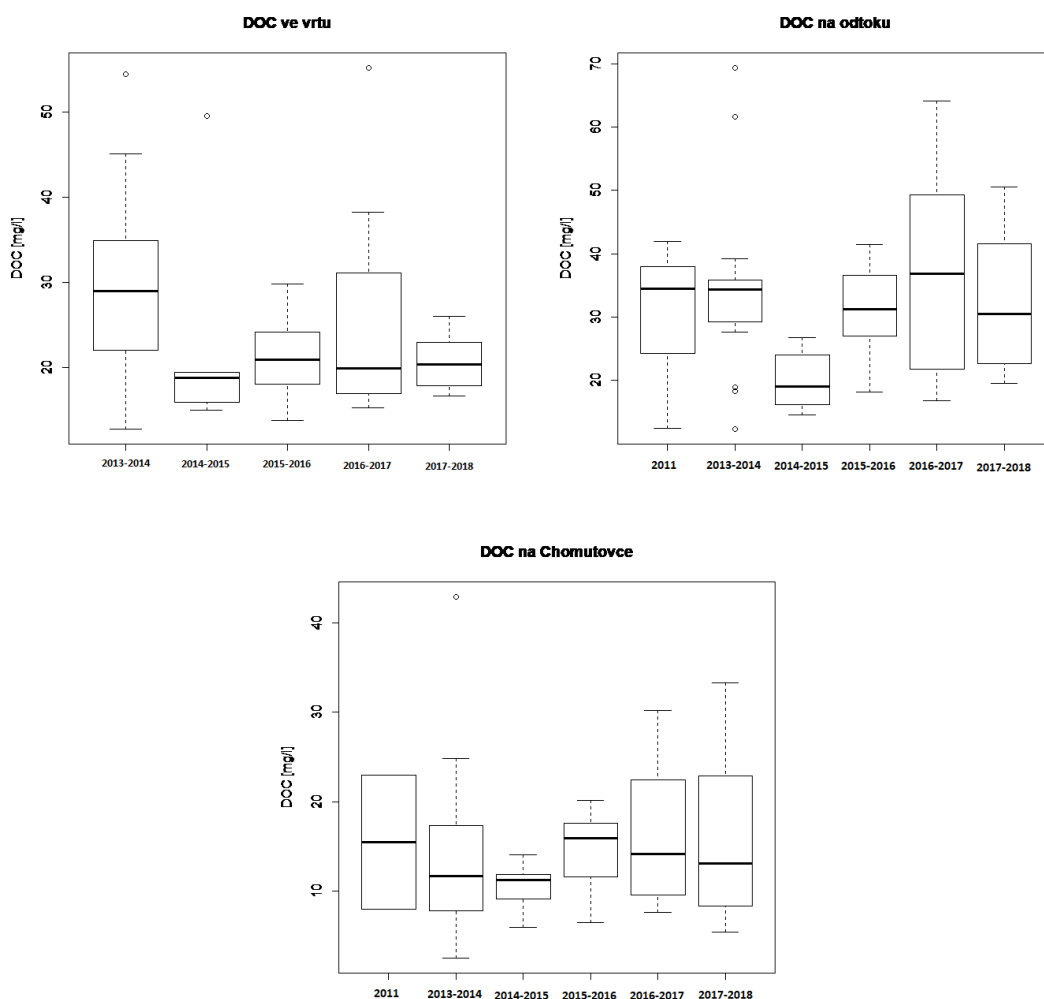
Obrázek 19: vypočtené hodnoty SO_4^{2-} (medián, 25% a 75% kvartily, 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí včetně odlehlých bodů) na odběrových místech za jednotlivá období monitoringu

SO_4^{2-} za většinu období monitoringu na odběrových profilech vykazovaly koncentrace na mezi stanovitelnosti použitými metodami. Poslední tři monitorovací období zejména v zimních měsících je na profilech V-1 a PA-3 znatelné nepatrné navýšení těchto hodnot. Odběrové místo Chomutovka vykazuje vzestup koncentrací mediánu především za poslední tři období a zároveň nejvyšší rozkolísanost zjištěných koncentrací SO_4^{2-} . Nejvyšší hodnota mediánu na Chomutovce byla zjištěna za období 2015/2016 (24,4 mg/l), za poslední období se jednalo o hodnotu (15,85 mg/l). Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v tabulkách 13 až 29.



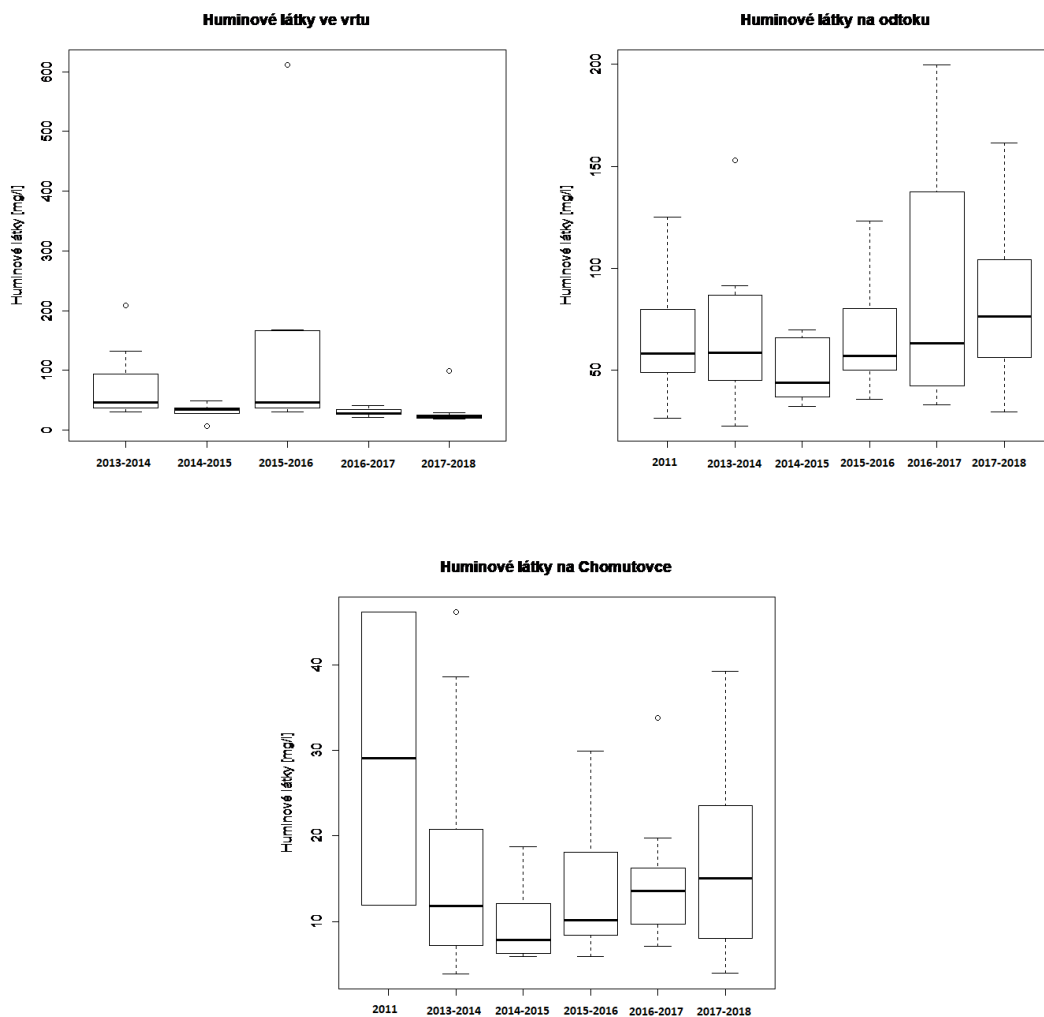
Obrázek 20: vypočtené hodnoty PO_4^{3-} (medián, 25% a 75% kvartily, 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí včetně odlehlých bodů) na odběrových místech za jednotlivá období monitoringu

PO_4^{3-} za většinu období monitoringu na odběrových profilech vykazovaly koncentrace na mezi stanovitelnosti použitými metodami. Pouze první dvě období nejprve ve vrtu PA-6 za období 2013/2014 a poté ve vrtu PA-3 za období 2014/2015 vykazují vzorky mírně zvýšené hodnoty. Maximální koncentrace zjištěná ve vrtu PA-6 byla 0,28 mg/l a u vrtu PA-3 dosahovala 0,34 mg/l. Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v tabulkách 13 až 29.



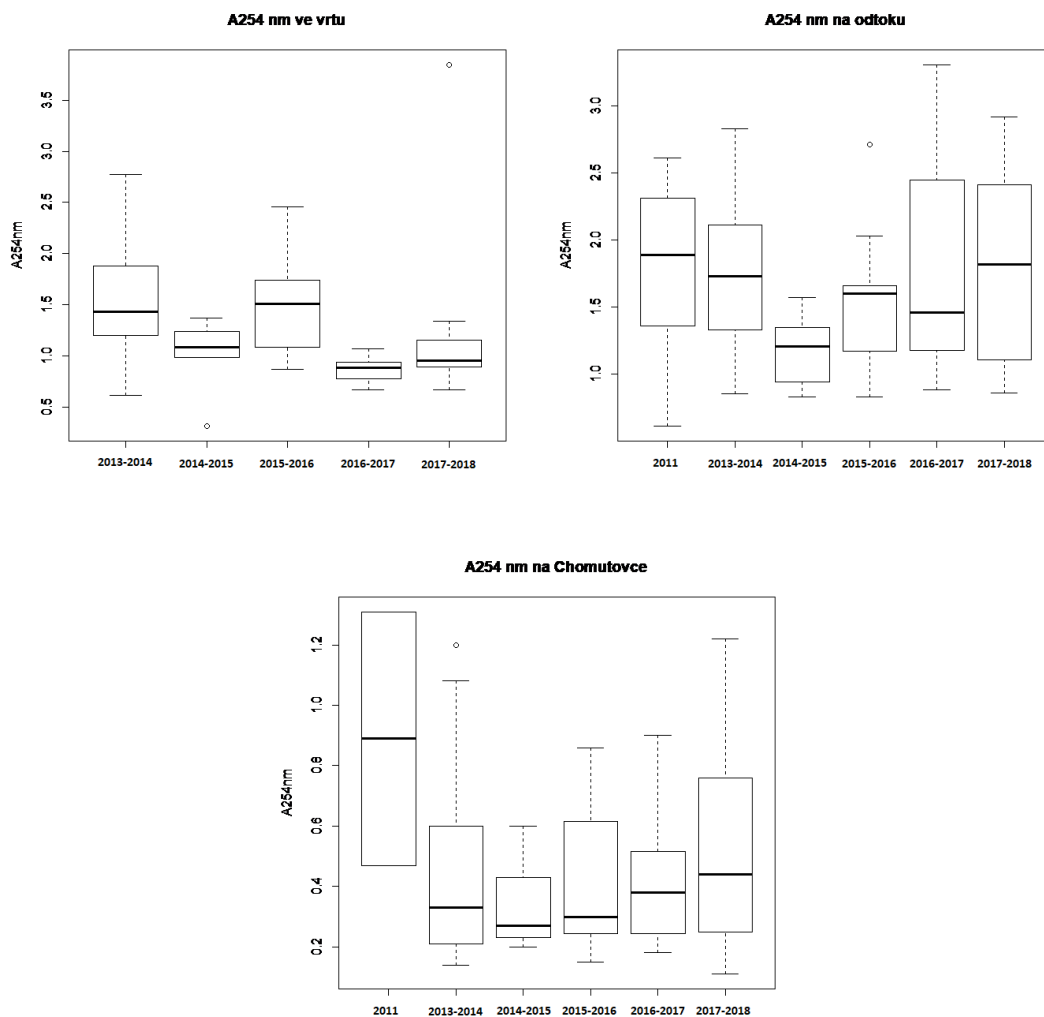
Obrázek 21: vypočtené hodnoty DOC (medián, 25% a 75% kvartily, 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí včetně odlehlých bodů) na odběrových místech za jednotlivá období monitoringu

Po provedených revitalizačních opatřeních v létě 2014 je patrný pokles hodnot DOC a snížení rozkolísanosti na všech odběrových místech s následným zvýšením koncentrací v období 2015/2016. Nejvyšší hodnoty DOC vykazuje odtok z rašeliníště, kde bylo nejsilnější období 2016/2017 (36,8 mg/l) a poté ve vrtu PA-3 v období 2015/2016 (20,95 mg/l). V období 2013/2014 před zbudováním přehrázek byly zjištěny hodnoty mediánu ve vrtu PA-6 (29 mg/l), v prvotní fázi v roce 2011 dosahovaly na vrchovišti hodnoty (34,5 mg/l) a na Chomutovce (15,5 mg/l). Na grafech je patrná vysoká rozkolísanost zejména za období 2013/2014 a 2016/2017. Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v tabulkách 13 až 29.



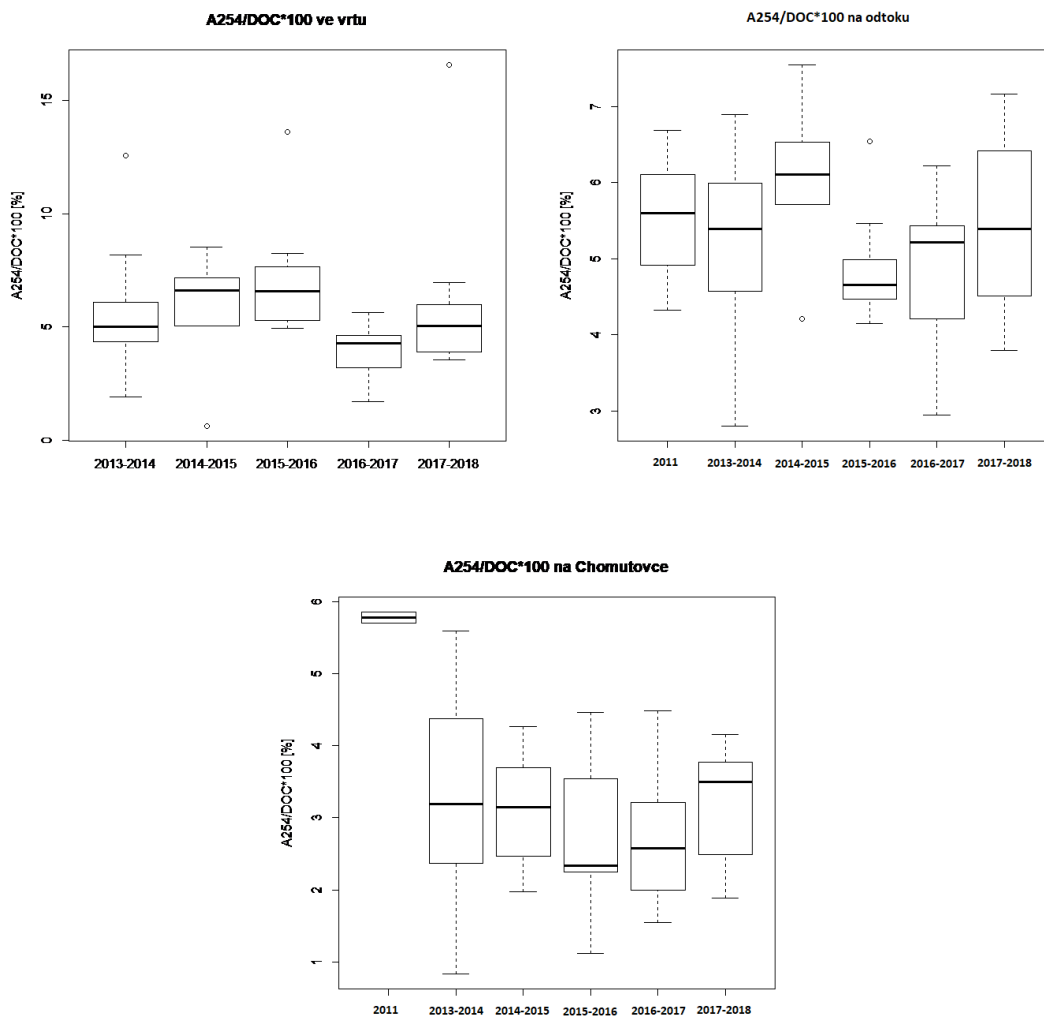
Obrazek 22: vypočtené hodnoty huminových látek (medián, 25% a 75% kvartily, 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí včetně odlehlých bodů) na odběrových místech za jednotlivá období monitoringu

Nejnižší koncentrace huminových látek vykazují vzorky získané na odběrovém místě Chomutovka, kde je poslední tři období trend mírného zvyšování koncentrací s nejnižšími hodnotami 2013/2014 (7,85 - 10,13 - 13,52 - 15,01 mg/l), a naopak nejvyšší hodnoty v průběhu celého monitoringu byly sledovány na odtoku z rašeliniště, kde dochází také k postupnému navyšování za poslední tři období (43,91 - 56,95 - 63,26 - 76,16 mg/l). Odběrové místo PA-3 za poslední tři monitorovaná období má spíše sestupný trend od 2015/2016 (45,8 - 28,39 - 22,78 mg/l). V rámci odběru vzorků v 1. etapě v roce 2011 byly zjištěny hodnoty na Chomutovce (29,05 mg/l) a na rašeliništi (58 mg/l). Grafy vykazují také poměrně vysokou rozkolísanost zejména na odtoku a Chomutovce. Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v tabulkách 13 až 29.



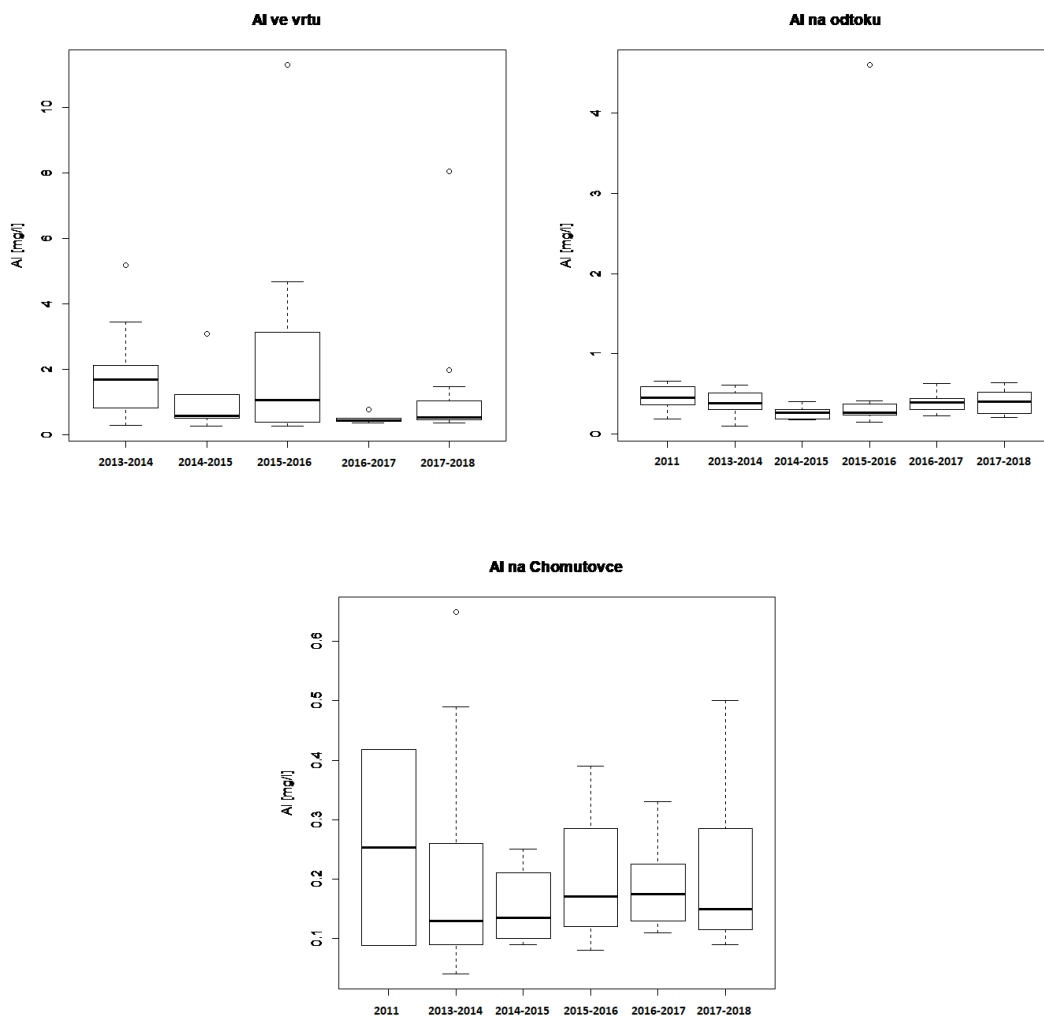
Obrázek 23: vypočtené hodnoty A₂₅₄ nm (medián, 25% a 75% kvartily, 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí včetně odlehlých bodů) na odběrových místech za jednotlivá období monitoringu

Z grafů je patrné, že hodnoty A₂₅₄ nm jsou dlouhodobě nejnižší na Chomutovce a nejvyšší jsou viditelné na odtoku z rašeliniště V-1, mírně nižší hodnoty byly zjištěny ve vzorcích z vrtu. V letech 2011 byly výsledovány hodnoty A 254 nm na rašeliništi v rozmezí 0,61 – 2,61 a na Chomutovce 0,31 – 1,31. V období 2014/2015 je patrný pokles hodnot na všech třech odběrových místech PA-3 (1,08), V-1 (1,205) a Chomutovka (0,27) s následným viditelným zvýšením v období 2015/2016. Maximální hodnoty absorbance na odtoku byly vyzorovány v letech 2016/2017, a to 3,31. Chomutovka má od roku 2014 stoupající trend, v letech 2017/2018 zaznamenala nejvyšší hodnotu absorbance dosahující 2,92. Hodnoty ve vrtu a na odtoku spolu poměrně výrazně korespondují. Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v tabulkách 13 až 29.



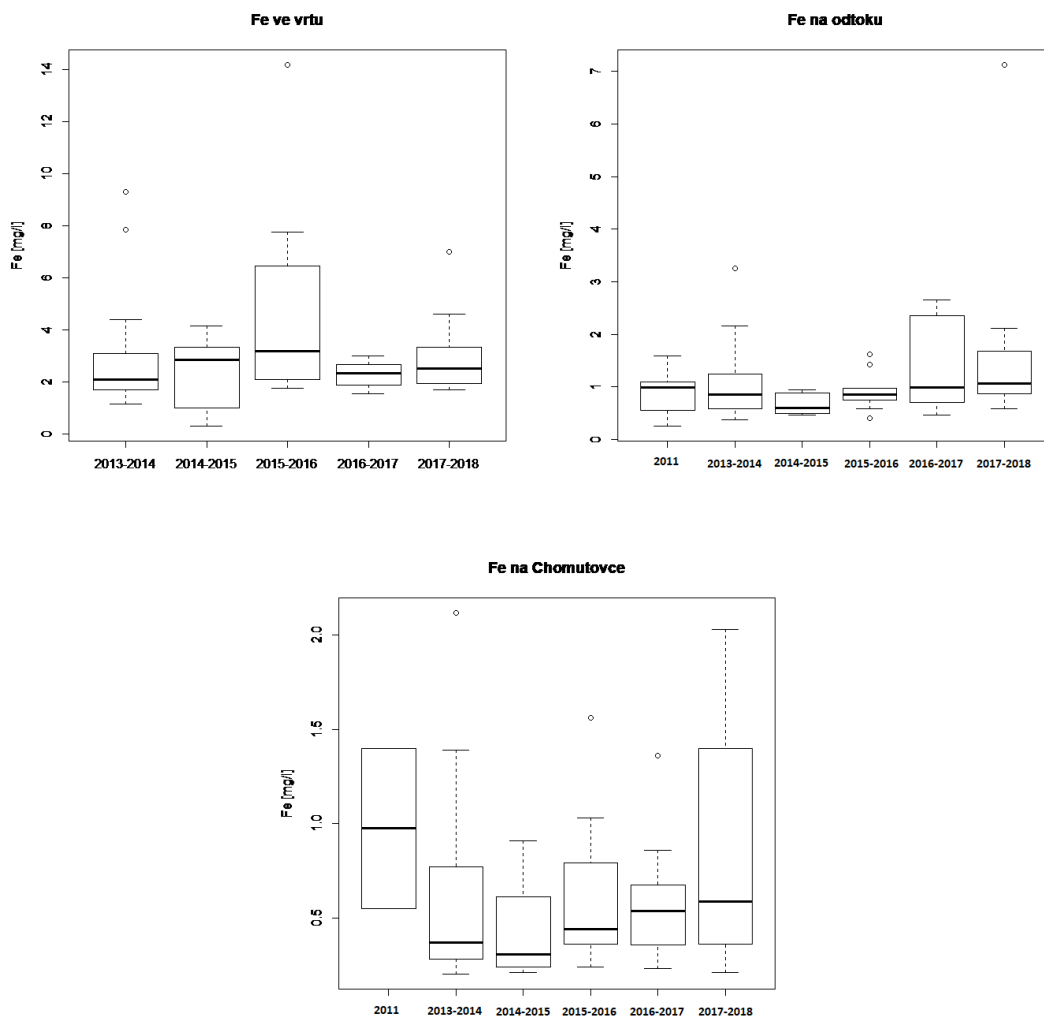
Obrázek 24: vypočtené hodnoty A_{254}/DOC (medián, 25% a 75% kvartily, 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí včetně odlehlých bodů) na odběrových místech za jednotlivá období monitoringu

Poměrné množství A_{254}/DOC zjištěné v roce 2011 na rašelinšti se pohybovalo v rozmezí 4,5 až 6,8 % a na Chomutovce cca 5,8 %. Po přehrazení kanálů nastává v období 2014/2015 mírné navýšení tohoto koeficientu ve vrtu PA-3 a na odtoku z rašelinště V-1 s max. hodnotou ve vrtu 8,54 % a na odtoku 7,55 %, což byla zároveň nejvyšší zjištěná hodnota. Na Chomutovce je patrná v tomto období stagnace s nejvyšším rozptylem a koncentracemi v předchozím roce v rozmezí 0,83 – 5,59 %. Z grafů je patrné, že trend vývoje na odběrových místech spolu koresponduje, pouze u vrtu v roce 2015/2016 je patrný vzestup oproti propadu na V-1 a Chomutovce.



Obrázek 25: vypočtené hodnoty AI/DOC (medián, 25% a 75% kvartily, 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí včetně odlehlých bodů) na odběrových místech za jednotlivá období monitoringu

Za celé období monitoringu jsou nejvyšší koncentrace monitorovány ve vrtu, a naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny po celou dobu na odběrovém místě Chomutovka, která zároveň vykazuje nejvyšší rozkolísanost koncentrací. V prvotní fázi v roce 2011 se koncentrace na rašeliništi pohybovaly v rozmezí 0,18 – 0,65 mg/l a na Chomutovce 0,088 a 0,41 mg/l. Ve vrtu PA-6 v období 2013/2014 byly zjištěny hodnoty mediánu 1,68 mg/l s následným poklesem koncentrací za období 2014/2015 (0,58 mg/l). Nejvyšší rozkolísanost ve vrtu je za období 2015/2016 s mediánem (1,07 mg/l) a nejvyšší hodnotou (11,03 mg/l). Na odtoku je patrná ustálenost a mírné zvýšení koncentrací za poslední dvě období. Na Chomutovce je od roku 2013 patrné zvýšení koncentrací s poklesem mediánu v posledním monitorovaném období. Nejvyšší koncentrace byly zjištěny v období 2013/2014 (0,65 mg/l) a za období 2017/2018 (0,50 mg/l). Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v tabulkách 13 až 29.



Obrázek 26: vypočtené hodnoty Fe (medián, 25% a 75% kvartily, 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí včetně odlehlých bodů) na odběrových místech za jednotlivá období monitoringu

Na grafech je patrné, že nejvyšší koncentrace během celého období byly zjištěny ve vrtu, poté na odtoku a nejnižší na odběrovém místě Chomutovka. V prvotní fázi byly zjištěny na rašeliništi koncentrace v rozmezí (0,253 – 1,59 mg/l) a na Chomutovce (0,55 a 1,4 mg/l). Ve vrtu PA-6 byly hodnoty mediánu za období 2013/2014 (2,09 mg/l) s nejvyšší koncentrací (9,29 mg/l). Poté je patrný trend navyšování koncentrací ve vzorkách až do období 2015/2016, kde hodnota mediánu dosáhla (3,18 mg/l) a max. koncentrace (14,2 mg/l). Poté došlo za poslední dvě období k poklesu koncentrací. Naopak na odtoku měl vývoj spíše v počátku klesající trend a od období 2015/2016 docházelo k postupnému zvyšování koncentrací s maximální hodnotou v období 2016/2017 a to (2,66 mg/l). V následujícím období je patrné

snížení rozptylu a s jedním odlehlým bodem s hodnotou (7,13 mg/l). Na odtoku došlo nejprve k mírnému poklesu zjištěných hodnot se změnou v období 2015/2016, kde je patrný trend postupného zvyšování zjištěných koncentrací s nejvyšší hodnotou mediánu v období 2017/2018, a to (0,585 mg/l) a nejvyšší koncentrací (2,03 mg/l). Je patrné, že trend vývoje na odtoku a na Chomutovce je podobný. Vypočtené hodnoty za jednotlivá období jsou v tabulkách 13 až 29.

Tabulka 13: hydrochemické parametry ve vrtu PA-6 (2013/2014)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ nm | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe |
|------------------------|------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | [%] | [mg/l] | [mg/l] |
| Min | 3.70 | 3.00 | 15.0 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 12.8 | 30.26 | 0.61 | 1.93 | 0.29 | 1.16 |
| 1st Qu. | 4.20 | 4.00 | 26.4 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 22.1 | 37.74 | 1.20 | 4.36 | 0.82 | 1.70 |
| 2013 2014 Median | 4.50 | 5.00 | 40.0 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 29.0 | 45.9 | 1.43 | 5.02 | 1.68 | 2.09 |
| Mean | 4.88 | 6.188 | 37.83 | 0.1518 | < 2.5 | 8.994 | 0.1382 | 30.25 | 71.01 | 1.578 | 5.554 | 1.708 | 2.986 |
| 3rd Qu. | 5.10 | 8.00 | 44.3 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | 0.20 | 34.9 | 94.1 | 1.88 | 6.11 | 2.13 | 3.08 |
| Max. | 7.40 | 14.0 | 76.4 | 1.78 | < 2.5 | 32.9 | 0.28 | 54.4 | 208.25 | 2.77 | 12.57 | 5.17 | 9.29 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů ve vrtu za období 2013/2014. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvantily.

Tabulka 14: hydrochemické parametry ve vrtu PA-3 (2014/2015)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ nm | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe |
|------------------------|------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | [%] | [mg/l] | [mg/l] |
| Min | 4.40 | 4.0 | 8.20 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 15.0 | 6.49 | 0.31 | 0.62 | 0.26 | 0.29 |
| 1st Qu. | 5.10 | 5.0 | 19.10 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 16.0 | 27.97 | 0.98 | 5.04 | 0.51 | 0.99 |
| 2014 2015 Median | 5.40 | 6.0 | 27.7 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 18.8 | 34.0 | 1.08 | 6.62 | 0.58 | 2.84 |
| Mean | 5.54 | 7.2 | 23.24 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | 0.326 | 23.76 | 30.88 | 0.996 | 5.602 | 1.134 | 2.324 |
| 3rd Qu. | 6.10 | 7.0 | 29.8 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | 0.340 | 19.5 | 36.98 | 1.24 | 7.19 | 1.23 | 3.340 |
| Max. | 6.70 | 14.0 | 31.4 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | 0.990 | 49.5 | 48.96 | 1.37 | 8.54 | 3.09 | 4.16 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů ve vrtu za období 2014/2015. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvantily.

Tabulka 15: hydrochemické parametry ve vrtu PA-3 (2015/2016)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ nm | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe |
|---------------------------------|-------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|------------------------|---------------------------|--------|--------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | [%] | [mg/l] | [mg/l] |
| Min | 4.40 | 3.00 | 5.90 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 13.8 | 30.09 | 0.87 | 4.95 | 0.27 | 1.75 |
| 1st Qu. | 4.70 | 4.25 | 28.05 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 18.7 | 37.89 | 1.085 | 5.508 | 0.465 | 2.172 |
| 2015 2016 Median | 4.75 | 6.00 | 36.90 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 20.95 | 45.84 | 1.505 | 6.58 | 1.07 | 3.18 |
| Mean | 4.94 | 7.30 | 53.49 | < 0.1 | < 5.0 | 17.54 | 0.236 | 21.59 | 123.04 | 1.522 | 7.153 | 2.526 | 4.753 |
| 3rd Qu. | 5.125 | 10.75 | 68.00 | < 0.1 | < 5.0 | 18.15 | < 0.20 | 23.73 | 137.68 | 1.738 | 7.548 | 2.935 | 6.005 |
| Max. | 6.10 | 14.00 | 141.0 | < 0.1 | < 5.0 | 28.4 | 0.51 | 29.80 | 612.0 | 2.46 | 13.6 | 11.30 | 14.2 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů ve vrtu za období 2015/2016. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 16: hydrochemické parametry ve vrtu PA-3 (2016/2017)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ nm | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe |
|---------------------------------|-------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|------------------------|---------------------------|--------|--------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | [%] | [mg/l] | [mg/l] |
| Min | 4.30 | 3.00 | 21.0 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 15.3 | 21.42 | 0.67 | 1.70 | 0.37 | 1.55 |
| 1st Qu. | 4.80 | 4.00 | 22.7 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 17.52 | 27.01 | 0.788 | 3.435 | 0.41 | 1.897 |
| 2016 2017 Median | 5.05 | 4.75 | 24.8 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 19.9 | 28.39 | 0.885 | 4.295 | 0.43 | 2.34 |
| Mean | 5.113 | 4.958 | 29.19 | < 0.1 | < 5.0 | 15.09 | < 0.20 | 26.38 | 29.81 | 0.874 | 3.927 | 0.491 | 2.263 |
| 3rd Qu. | 5.54 | 5.25 | 30.32 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 27.55 | 34.57 | 0.94 | 4.532 | 0.50 | 2.58 |
| Max. | 5.80 | 8.00 | 53.7 | < 0.1 | < 5.0 | 16.10 | < 0.20 | 55.2 | 41.74 | 1.07 | 5.63 | 0.78 | 2.99 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů ve vrtu za období 2016/2017. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 17: hydrochemické parametry ve vrtu PA-3 (2017/2018)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ nm | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe |
|---------------------------------|------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|------------------------|---------------------------|--------|--------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | [%] | [mg/l] | [mg/l] |
| Min | 3.00 | 3.0 | 17.1 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 16.7 | 18.53 | 0.67 | 3.55 | 0.35 | 1.69 |
| 1st Qu. | 5.35 | 3.0 | 25.35 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 17.95 | 20.61 | 0.89 | 3.915 | 0.45 | 1.945 |
| 2017 2018 Median | 5.60 | 4.0 | 48.6 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 20.4 | 22.78 | 0.95 | 5.06 | 0.52 | 2.51 |
| Mean | 5.52 | 15.0 | 45.19 | < 0.1 | 5.925 | 21.94 | < 0.20 | 20.72 | 29.97 | 1.247 | 5.977 | 1.383 | 3.02 |
| 3rd Qu. | 5.90 | 5.5 | 50.85 | < 0.1 | 5.190 | 16.65 | < 0.20 | 23.0 | 25.73 | 1.15 | 5.985 | 1.025 | 3.33 |
| Max. | 6.80 | 124.0 | 89.2 | < 0.1 | 13.2 | 82.4 | < 0.20 | 26.0 | 99.62 | 3.85 | 16.59 | 8.03 | 7.01 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů ve vrtu za období 2017/2018. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 18: hydrochemické parametry rašeliniště (2011)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ nm | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe |
|----------------|------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|------------------------|---------------------------|--------|--------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | [%] | [mg/l] | [mg/l] |
| Min | 3.96 | 3.81 | 5.56 | < 0.01 | < 2.0 | 5.0 | 0.04 | 12.4 | 26.50 | 0.61 | 4.32 | 0.19 | 0.25 |
| 1st Qu. | 4.07 | 4.82 | 28.4 | < 0.01 | < 2.0 | 5.0 | 0.04 | 24.3 | 49.00 | 1.36 | 4.92 | 0.37 | 0.55 |
| 2011 Median | 4.11 | 5.15 | 38.5 | < 0.01 | < 2.0 | 5.0 | 0.04 | 34.5 | 58.00 | 1.89 | 5.60 | 0.46 | 0.99 |
| Mean | 4.19 | 5.086 | 39.04 | < 0.01 | < 2.0 | 5.202 | 0.058 | 31.21 | 65.44 | 1.757 | 5.518 | 0.4578 | 0.924 |
| 3rd Qu. | 4.14 | 5.53 | 51.7 | < 0.01 | < 2.0 | 5.0 | 0.04 | 38.0 | 79.90 | 2.31 | 6.11 | 0.59 | 1.09 |
| Max. | 5.04 | 5.99 | 65.3 | < 0.01 | < 2.0 | 6.56 | 0.20 | 42.0 | 125.00 | 2.61 | 6.69 | 0.66 | 1.59 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů na rašeliništi za období 2011. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 19: hydrochemické parametry na měrném přelivu V1 (2013 – 2014)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ nm | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe |
|------------------------|-------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|------------------------|---------------------------|--------|--------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | [%] | [mg/l] | [mg/l] |
| Min | 3.10 | 3.00 | 22.00 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 12.30 | 22.44 | 0.850 | 2.80 | 0.100 | 0.38 |
| 1st Qu. | 3.80 | 4.75 | 29.20 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 29.30 | 44.88 | 1.330 | 4.57 | 0.31 | 0.59 |
| 2013 2014 Median | 4.00 | 6.00 | 41.20 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 34.40 | 58.65 | 1.73 | 5.39 | 0.39 | 0.85 |
| Mean | 4.276 | 5.688 | 42.24 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 34.44 | 67.13 | 1.711 | 5.193 | 0.394 | 1.062 |
| 3rd Qu. | 4.50 | 6.00 | 52.50 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 35.90 | 86.70 | 2.11 | 5.99 | 0.51 | 1.25 |
| Max. | 8.30 | 9.00 | 66.00 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 69.40 | 153.00 | 2.830 | 6.89 | 0.61 | 3.26 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů na měrném přelivu V-1 za období 2013 - 2014. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 20: hydrochemické parametry na měrném přelivu V1 (2014 – 2015)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ nm | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe |
|------------------------|-------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|------------------------|---------------------------|--------|--------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | [%] | [mg/l] | [mg/l] |
| Min | 3.5 | 5.00 | 20.60 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 14.60 | 32.22 | 0.830 | 4.21 | 0.18 | 0.460 |
| 1st Qu. | 3.90 | 5.25 | 23.48 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 16.38 | 36.93 | 0.988 | 5.73 | 0.203 | 0.5175 |
| 2014 2015 Median | 4.35 | 6.50 | 27.8 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 19.00 | 43.91 | 1.205 | 6.11 | 0.265 | 0.605 |
| Mean | 4.30 | 6.833 | 29.47 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | 0.238 | 19.93 | 48.69 | 1.183 | 6.037 | 0.270 | 0.667 |
| 3rd Qu. | 4.575 | 7.00 | 34.80 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.100 | 23.27 | 61.90 | 1.333 | 6.503 | 0.305 | 0.820 |
| Max. | 5.20 | 11.00 | 42.40 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | 0.930 | 26.80 | 69.62 | 1.570 | 7.55 | 0.410 | 0.950 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů na měrném přelivu V-1 za období 2014 - 2015. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 21: hydrochemické parametry na měrném přelivu V1 (2015 – 2016)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ _{nm} | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe |
|------------------------|------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|--------------------------------|---------------------------|--------|--------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | % | [mg/l] | [mg/l] |
| Min | 3.60 | 5.00 | 5.00 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.00 | < 0.20 | 18.2 | 35.76 | 0.83 | 4.15 | 0.15 | 0.40 |
| 1st Qu. | 3.90 | 5.00 | 50.65 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.00 | < 0.20 | 27.05 | 50.02 | 1.17 | 4.465 | 0.235 | 0.75 |
| 2015 2016 Median | 4.20 | 6.00 | 71.0 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.00 | < 0.20 | 31.3 | 56.95 | 1.60 | 4.66 | 0.27 | 0.85 |
| Mean | 4.48 | 6.545 | 78.13 | < 0.1 | < 5.0 | 15.38 | 0.219 | 31.2 | 67.77 | 1.534 | 4.844 | 0.674 | 0.916 |
| 3rd Qu. | 4.95 | 7.00 | 103.8 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.00 | < 0.20 | 36.55 | 80.07 | 1.660 | 4.985 | 0.375 | 0.975 |
| Max. | 5.80 | 10.0 | 175.0 | < 0.1 | 6.0 | 18.40 | 0.41 | 41.5 | 123.08 | 2.71 | 6.54 | 4.60 | 1.62 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů na měrném přelivu V-1 za období 2015 - 2016. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 22: hydrochemické parametry na měrném přelivu V1 (2016 – 2017)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ _{nm} | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe |
|------------------------|-------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|--------------------------------|---------------------------|--------|--------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | % | [mg/l] | [mg/l] |
| Min | 2.40 | 3.00 | 14.4 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.00 | < 0.20 | 16.80 | 32.98 | 0.88 | 2.95 | 0.23 | 0.46 |
| 1st Qu. | 3.49 | 5.00 | 29.05 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.00 | < 0.20 | 22.23 | 42.40 | 1.188 | 4.35 | 0.31 | 0.74 |
| 2016 2017 Median | 3.75 | 6.00 | 43.8 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.00 | < 0.20 | 36.80 | 63.26 | 1.46 | 5.22 | 0.395 | 0.985 |
| Mean | 3.796 | 6.33 | 52.3 | < 0.1 | 5.017 | 15.69 | < 0.20 | 37.28 | 87.24 | 1.778 | 4.857 | 0.40 | 1.448 |
| 3rd Qu. | 4.43 | 7.25 | 68.85 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.00 | < 0.20 | 49.30 | 133.41 | 2.35 | 5.428 | 0.445 | 2.35 |
| Max. | 4.70 | 10.0 | 118.0 | < 0.1 | 5.20 | 19.5 | < 0.20 | 64.10 | 199.92 | 3.31 | 6.22 | 0.63 | 2.66 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů na měrném přelivu V-1 za období 2016 - 2017. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 23: hydrochemické parametry na měrném přelivu V1 (2017 – 2018)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ _{nm} | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe |
|------------------------|------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|--------------------------------|---------------------------|--------|--------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | % | [mg/l] | [mg/l] |
| Min | 3.80 | 3.00 | 28.2 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 19.6 | 29.5 | 0.86 | 3.80 | 0.21 | 0.58 |
| 1st Qu. | 4.18 | 4.00 | 30.38 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 22.68 | 61.84 | 1.107 | 4.562 | 0.275 | 0.89 |
| 2017 2018 Median | 4.20 | 4.50 | 71.85 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 30.55 | 76.16 | 1.82 | 5.39 | 0.405 | 1.07 |
| Mean | 4.62 | 10.08 | 67.7 | < 0.1 | 6.385 | 16.38 | < 0.20 | 32.6 | 81.46 | 1.80 | 5.455 | 0.403 | 1.677 |
| 3rd Qu. | 4.85 | 6.25 | 98.0 | < 0.1 | 6.728 | 15.22 | < 0.20 | 41.17 | 99.3 | 2.37 | 6.255 | 0.515 | 1.63 |
| Max. | 6.40 | 68.0 | 117.0 | < 0.1 | 11.4 | 29.7 | < 0.20 | 50.6 | 161.5 | 2.92 | 7.16 | 0.640 | 7.13 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů na měrném přelivu V-1 za období 2017 - 2018. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 24: hydrochemické parametry na Chomutovce (2011)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ nm | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe | |
|--------|---------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------|----------------|------------------------|---------------------------|------|-------|-------|
| 2011 | Min | 5.52 | 4.94 | 8.90 | < 0.01 | < 2.0 | 8.33 | 0.040 | 8.02 | 11.90 | 0.47 | 5.70 | 0.088 | 0.55 |
| | 1st Qu. | 5.95 | 5.92 | 14.53 | < 0.01 | < 2.0 | 10.50 | 0.046 | 11.77 | 20.48 | 0.68 | 5.74 | 0.171 | 0.763 |
| | Median | 6.39 | 6.90 | 20.15 | < 0.01 | < 2.0 | 12.66 | 0.052 | 15.51 | 29.05 | 0.89 | 5.78 | 0.253 | 0.975 |
| | Mean | 6.39 | 6.90 | 20.15 | < 0.01 | < 2.0 | 12.66 | 0.052 | 15.51 | 29.05 | 0.89 | 5.78 | 0.253 | 0.975 |
| | 3rd Qu. | 6.82 | 7.88 | 25.77 | < 0.01 | < 2.0 | 14.83 | 0.058 | 19.25 | 37.62 | 1.10 | 5.82 | 0.336 | 1.188 |
| | Max. | 7.25 | 8.86 | 31.40 | < 0.01 | < 2.0 | 17.00 | 0.063 | 23.0 | 46.20 | 1.31 | 5.86 | 0.418 | 1.40 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů na Chomutovce za období 2011. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 25: hydrochemické parametry na Chomutovce (2013 – 2014)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ nm | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe | |
|--------------|---------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|------------------------|---------------------------|--------|--------|-------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | % | [mg/l] | [mg/l] | |
| 2013 2014 | Min | 5.40 | 5.0 | 2.45 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.1 | 2.54 | 3.84 | 0.14 | 0.83 | 0.04 | 0.200 |
| | 1st Qu. | 6.60 | 6.0 | 5.11 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.1 | 7.80 | 7.17 | 0.21 | 2.37 | 0.09 | 0.28 |
| | Median | 7.20 | 7.5 | 7.20 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.1 | 11.70 | 11.76 | 0.33 | 3.19 | 0.13 | 0.37 |
| | Mean | 7.13 | 8.0 | 10.96 | < 0.05 | < 2.5 | 10.22 | < 0.1 | 14.37 | 16.26 | 0.462 | 3.442 | 0.20 | 0.622 |
| | 3rd Qu. | 7.50 | 10.0 | 15.70 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.1 | 17.30 | 20.74 | 0.600 | 4.37 | 0.26 | 0.77 |
| | Max. | 9.20 | 12.0 | 30.40 | < 0.05 | < 2.5 | 20.90 | < 0.1 | 42.9 | 46.13 | 1.20 | 5.59 | 0.65 | 2.12 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů na Chomutovce za období 2013 - 2014. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 26: hydrochemické parametry na Chomutovce (2014 – 2015)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ nm | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe | |
|--------------|---------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|------------------------|---------------------------|--------|--------|-------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | % | [mg/l] | [mg/l] | |
| 2014 2015 | Min | 4.80 | 8.00 | 4.20 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.1 | 6.03 | 5.87 | 0.20 | 1.97 | 0.09 | 0.21 |
| | 1st Qu. | 6.10 | 8.25 | 6.275 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.1 | 9.62 | 6.515 | 0.24 | 2.598 | 0.108 | 0.253 |
| | Median | 6.80 | 9.50 | 6.50 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.1 | 11.25 | 7.85 | 0.27 | 3.15 | 0.135 | 0.305 |
| | Mean | 6.68 | 11.33 | 8.917 | < 0.05 | < 2.5 | 12.4 | 0.275 | 10.62 | 9.76 | 0.333 | 3.117 | 0.153 | 0.43 |
| | 3rd Qu. | 7.43 | 11.50 | 10.93 | < 0.05 | < 2.5 | < 7.5 | < 0.1 | 11.8 | 11.13 | 0.39 | 3.605 | 0.193 | 0.538 |
| | Max. | 8.20 | 21.00 | 17.7 | < 0.05 | < 2.5 | 36.9 | 1.15 | 14.1 | 18.7 | 0.60 | 4.26 | 0.25 | 0.91 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů na Chomutovce za období 2014 - 2015. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 27: hydrochemické parametry na Chomutovce (2015 – 2016)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ nm | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe |
|---------------------------------|------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|------------------------|---------------------------|--------|--------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | % | [mg/l] | [mg/l] |
| Min | 4.90 | 6.00 | 0.30 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 6.53 | 5.88 | 0.15 | 1.12 | 0.08 | 0.24 |
| 1st Qu. | 5.25 | 8.50 | 6.65 | < 0.1 | < 5.0 | 15.95 | < 0.20 | 11.58 | 8.38 | 0.245 | 2.245 | 0.12 | 0.36 |
| 2015 2016 Median | 5.90 | 11.00 | 7.70 | < 0.1 | < 5.0 | 24.40 | < 0.20 | 15.9 | 10.13 | 0.30 | 2.33 | 0.17 | 0.44 |
| Mean | 6.09 | 12.18 | 23.04 | < 0.1 | < 5.0 | 22.45 | < 0.20 | 14.59 | 13.66 | 0.42 | 2.772 | 0.204 | 0.619 |
| 3rd Qu. | 6.60 | 15.50 | 29.65 | < 0.1 | < 5.0 | 25.85 | < 0.20 | 17.6 | 18.12 | 0.615 | 3.54 | 0.285 | 0.79 |
| Max. | 8.20 | 19.0 | 101.0 | < 0.1 | < 5.0 | 31.6 | < 0.20 | 20.20 | 29.92 | 0.86 | 4.46 | 0.39 | 1.56 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů na Chomutovce za období 2015 - 2016. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

Tabulka 28: hydrochemické parametry na Chomutovce (2016 – 2017)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ nm | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe |
|---------------------------------|------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|------------------------|---------------------------|--------|--------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | % | [mg/l] | [mg/l] |
| Min | 4.10 | 6.00 | 6.20 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 7.680 | 7.06 | 0.18 | 1.55 | 0.11 | 0.23 |
| 1st Qu. | 5.59 | 8.375 | 8.10 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 9.838 | 10.34 | 0.248 | 2.17 | 0.135 | 0.363 |
| 2016 2017 Median | 5.95 | 10.0 | 18.65 | < 0.1 | < 5.0 | 17.20 | < 0.20 | 14.15 | 13.52 | 0.38 | 2.58 | 0.175 | 0.535 |
| Mean | 5.91 | 10.54 | 33.99 | < 0.1 | < 5.0 | 19.61 | < 0.20 | 16.33 | 14.66 | 0.413 | 2.72 | 0.184 | 0.589 |
| 3rd Qu. | 6.48 | 13.0 | 21.20 | < 0.1 | < 5.0 | 24.50 | < 0.20 | 19.38 | 15.98 | 0.493 | 3.18 | 0.223 | 0.668 |
| Max. | 7.00 | 15.0 | 215.0 | < 0.1 | < 5.0 | 30.8 | < 0.20 | 30.2 | 33.77 | 0.900 | 4.48 | 0.33 | 1.36 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů na Chomutovce za období 2016 - 2017. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

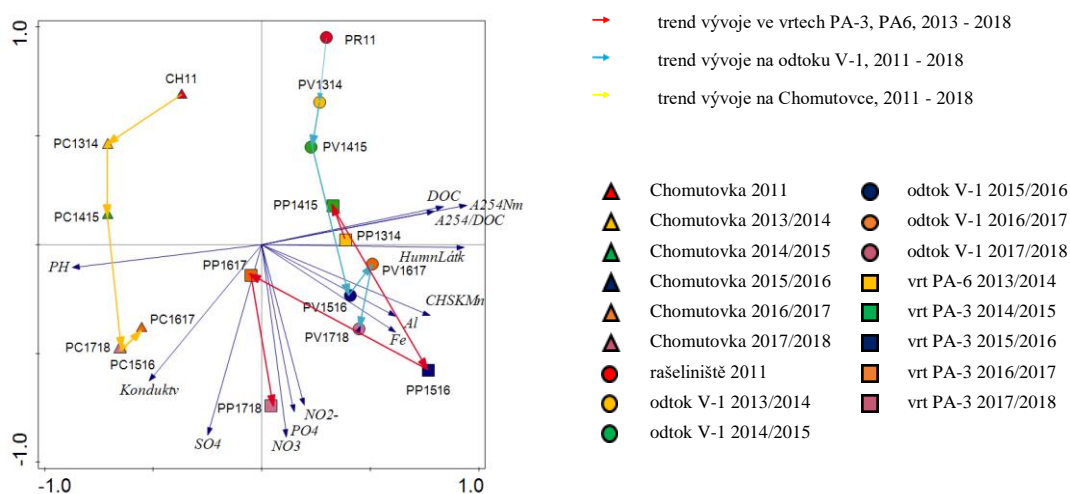
Tabulka 29: hydrochemické parametry na Chomutovce (2017 – 2018)

| období | pH | konduktivita | CHSK _{Mn} | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | DOC | Huminové látky | A ₂₅₄ nm | A ₂₅₄ /DOC*100 | Al | Fe |
|---------------------------------|------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|----------------|------------------------|---------------------------|--------|--------|
| | - | [mS/m] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | - | % | [mg/l] | [mg/l] |
| Min | 4.8 | 6.0 | 5.00 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 5.44 | 3.91 | 0.11 | 1.89 | 0.09 | 0.21 |
| 1st Qu. | 6.0 | 7.0 | 8.44 | < 0.1 | < 5.0 | < 15.0 | < 0.20 | 9.05 | 8.06 | 0.255 | 2.50 | 0.118 | 0.375 |
| 2017 2018 Median | 6.4 | 9.5 | 14.7 | < 0.1 | < 5.0 | 15.85 | < 0.20 | 13.1 | 15.01 | 0.44 | 3.495 | 0.15 | 0.585 |
| Mean | 6.47 | 16.33 | 21.52 | < 0.1 | < 5.0 | 18.02 | < 0.20 | 15.77 | 17.07 | 0.53 | 3.209 | 0.209 | 0.874 |
| 3rd Qu. | 6.85 | 12.25 | 25.00 | < 0.1 | < 5.0 | 17.3 | < 0.20 | 20.77 | 21.84 | 0.655 | 3.735 | 0.263 | 1.345 |
| Max. | 7.6 | 91.0 | 79.8 | < 0.1 | < 5.0 | 40.6 | < 0.20 | 33.3 | 39.19 | 1.22 | 4.160 | 0.50 | 2.03 |

Pozn.: výsledky základního statistického vyhodnocení jednotlivých hydrochemických parametrů na Chomutovce za období 2017 - 2018. Tabulka obsahuje minima, maximální hodnoty, hodnoty mediánu, průměru a 25%, 75% kvartily.

5.3.2 Analýza hlavních komponent hydrochemických parametrů

Soubory naměřených dat za celé období byly podrobeny statistickému vyhodnocení lineární ordinační metodou PCA (principal components analysis), tzv. metodou hlavních komponent v programu Canoco 5. Jednotlivé body zobrazují průměrné hodnoty na jednotlivých lokalitách a jejich blízkost vypovídá o podobnosti. Úhel, který svírají jednotlivé šipky, naznačuje možnou pozitivní nebo negativní korelaci jednotlivých hydrochemických parametrů mezi sebou. V případě promítnutí vzorků kolmo na šipky charakterizující prostředí získáme informaci o vzrůstající hodnotě této charakteristiky, a zároveň i délka šipky vypovídá o velikosti vlivu této hodnoty na výsledek (Lepš et Šmilauer, 2000).



Obrázek 27: analýza vývoje jednotlivých hydrochemických parametrů na lokalitách metodou PCA

Průměry hydrochemických ukazatelů za jednotlivá období 2011, 2013 – 2018 byly podrobeny statistickému vyhodnocení lineární

ordinační metodou PCA. První dvě ordinační osy vysvětlily 70,5 % variability, celkově všechny čtyři osy vysvětlily 91,29 % variability v datech. Z obrázku ordinačního diagramu 27 je patrná pozitivní korelace mezi parametry DOC a $A_{254\text{ nm}}$ s dosaženou hodnotou koeficientu na Chomutovce ($R^2=0,564$), na odtoku V-1 ($R^2=0,647$) a ve vrtu pouze PA-3 ($R^2=0,249$). O něco nižší lineární závislost vykazují také s huminovými látkami, u kterých byla zjištěna částečná lineární závislost na Chomutovce s DOC ($R^2=0,446$), na odtoku V-1 ($R^2=0,462$) a ve vrtu výrazně nižší ($R^2=0,01$). Těsný pozitivní vztah byl zjištěn současně i u parametru $A_{254\text{ nm}}$, na

Chomutovce s lineární závislostí ($R^2=0,813$) a na odtoku z rašeliniště V-1 ($R^2=0,77$). V objektu vrtu je tato závislost výrazně nižší s hodnotou ($R^2=0,240$). Tyto parametry, které jsou v neutrálním vztahu s fosforečnany, dusitany a dusičnany, zároveň vykazují negativní korelaci s hodnotou pH, měrnou vodivostí a sírany. Délka vektorů a úhel mezi nimi poukazuje na vztah mezi Al a Fe především ve vrtu ($R^2=0,748$), poté na Chomutovce ($R^2=0,593$) a nejnižší lineární závislost byla zjištěna na odtoku z rašeliniště ($R^2=0,247$). Tyto ukazatele mají zároveň negativní vztah s hodnotou pH a neutrální s konduktivitou. Korelace mezi dusitany, dusičnany a fosforečnany nebyla potvrzena.

Z ordinačního diagramu je viditelný nárůst pH a konduktivity na Chomutovce od roku 2011 s následným ustálením hodnoty pH od období 2014/2015 a poklesem za období 2016/2017. V prvním období vykazuje Chomutovka pokles DOC a huminových látek, a naopak u ostatních parametrů jako jsou Al, Fe, CHSK_{Mn} , SO_4^{2-} , PO_4^- , dusitany a dusičnany dochází k viditelnému nárůstu koncentrací především v období 2015/2016 s následnou stagnací. U rašeliniště a odtoku je nejprve patrný mírný nárůst pH až do období 2014/2015 s následnou stagnací až do období 2016/2017, kdy dochází k poklesu hodnoty. Konduktivita vykazuje dlouhodobě vzrůstající trend, pouze v období 2016/2017 dochází k poklesu hodnoty s následným návratem na původní koncentrace. Vývoj DOC, A_{254} nm a huminových látek má spíše mírně vzrůstající trend s výrazným skokem v období 2016/2017. U ostatních parametrů je také viditelné pravidelné navýšení, pouze se stagnací v období 2016/2017. Odběrové místo PA-6 bylo v období 2014/2015 nahrazeno za vrt PA-3 z důvodu zaplavování původního místa odběru povrchovou vodou. V období 2014/2015 dochází k mírnému snížení hodnot většiny parametrů. V období 2015/2016 je viditelný nárůst Al, Fe, CHSK_{Mn} , také zvýšení konduktivity, dusitanů, dusičnanů, fosforečnanů a síranů. Naopak došlo k mírnému poklesu pH a zvýšení hodnot DOC, huminových látek a A_{254} nm. Další období je výrazné skokovým snížením většiny koncentrací a nárůstem pH. Sezóna 2017/2018 vykazuje stabilizaci pH a zvýšení hodnot řady parametrů jako Al, Fe, oxidy dusíku PO_4^- , SO_4^{2-} a konduktivita. V posledním období je patrný mírný nárůst huminových látek ve vrtu.

6. Diskuze

Pro vyhodnocení změny hydrologického režimu v závislosti na provedených nápravných opatřeních na zkoumaném vrchovišti bylo použito naměřených úrovní hladin za období 2013/2018 získaných z monitorovacích vrtů řady PV (PV-1 až PV-10), které jsou rozdělené do tří různě rozmístěných skupin v dané oblasti PV-1 až PV-3, PV-4 až PV-6, PV-8 až PV-10 a samostatně umístěného vrtu PV-7. V letních měsících 2014 byla provedena nápravná opatření formou přehrazení odvodňovacích kanálů, což mělo vliv (viz obrázek 3) na zvýšení úrovně hladiny a ustálení rozkolísanosti ve většině monitorovaných objektů. Z daného grafu je dále patrná stále zvýšená rozkolísanost během periodických měření ve vrtech PV-2 a PV-4 a postupný nárůst hladiny ve vrtu PV-2 až do období 2016/2017 (obrázek 4). Dle Holden et al. (2011) in Peacock et al (2014) dlouhodobé odvodnění způsobuje výraznější kolísání hladiny vody, které zároveň mohou zhoršovat sezónní sucha. Vypočtené hodnoty mediánu za jednotlivá období ve všech monitorovaných objektech (tabulky 6 až 11), byly porovnány s hodnotami mediánu hladin ve vrtech v období před provedenými nápravnými opatřeními (tabulka 7), z kterého vyplývá, že ve všech případech neklesají po provedených úpravách na odvodňovacích kanálech pod tuto úroveň hladin. Vrt PV-10 umístěný na východní straně v bezprostřední blízkosti hlavního odvodňovacího kanálu zároveň vykazuje po zbudování přehrázek dlouhodobě mírně zvýšenou hladinu nad úroveň terénu (0,016 m), způsobenou pravděpodobně výtlačnou silou ve zvodni. Nejvyšší nárůst hladin podzemní vody byl zjištěn u vrtů skupiny PV-4 až PV-6, naopak nejnižší nárůst vykazují vrty nacházející se u hlavního odvodňovacího kanálu PV-8 až PV-10 (tabulka 30).

Tabulka 30: hodnoty mediánu v [m] za období 2013/2014 a 2014/2015

| období | | PV-1 | PV-2 | PV-3 | PV-4 | PV-5 | PV-6 | PV-7 | PV-8 | PV-9 | PV-10 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 13/14 | Median | -0.225 | -0.930 | -0.260 | -1.220 | -0.470 | -0.680 | -0.190 | -0.110 | -0.200 | -0.010 |
| 14/15 | Median | -0.130 | -0.817 | -0.212 | -0.246 | -0.120 | -0.230 | -0.136 | -0.082 | -0.070 | 0.025 |

Výrazný nárůst hladiny podzemní vody ve vrtech po přehrazení kanálů je způsoben pravděpodobně jejich umístěním v blízkosti odvodňovacích kanálů. Vrty v první monitorované skupině PV-1 a PV-3 vykazují po provedených zásazích do odtoku z rašelině stabilizaci a zvýšení úrovně hladiny, naopak ve vrtu PV-2 dochází k nárůstu úrovně hladiny podzemní vody až do období 2016/2017 (-0,485 m) a

v následujícím období je znatelný výrazný pokles. Z tabulky 32 je patrný rozdíl v hodnotách korelace za celé období monitoringu mezi vrty PV-1 a PV-3 (0,84) a vrtem PV-2 (0,70), ale zároveň jsou také viditelné výrazné rozdíly v jednotlivých obdobích především u vrtu PV-2 (tabulka 31), (PV-2 a PV3: 2015/2016 – 0,47) a následující období (0,96). Ukazuje se, že vlivem odvodnění může zůstat průměrná hladina snížena i po dobu několika let a že přirozená úroveň a ustálení nastává po pěti letech od revitalizace (Haapalehto et al., 2014). Další skupina vrtů PV-4 až PV-6, které se nacházejí u západního okraje vrchoviště, reagovala výrazným nárůstem hladiny v období 2014/2015 a snížením rozkolísanosti. Tyto vrty vykazují mezi sebou vysoký stupeň korelace, především v posledních dvou obdobích PV-4 a PV-6 (0,94, 0,95), PV-4 a PV-5 (0,94, 0,95) a PV-5 a PV-6 (0,99 a 0,98). Tato skupina vrtů zároveň vykazuje vyšší rozkolísanost oproti objektům, které se nacházejí u hlavního odvodňovacího kanálu, což by mohlo být pravděpodobně v důsledku jejich umístění na okraji sledovaného vrchoviště. Vrt PV-7 se nachází samostatně u hlavního odvodňovacího kanálu při západním okraji a z obrázku 6 je patrný výrazný nárůst hladin 2014/2015 a ustálení rozkolísanosti. Hodnoty korelace v tabulce 32 vykazují zvýšený vztah mezi vrtem PV7 a vrty PV8 až PV10, které se nacházejí u hlavního odvodňovacího kanálu na východním okraji rašeliniště. Tyto hodnoty se pohybují následovně: PV-8 (0,84), PV-7 a PV-9 (0,87), PV-7 a PV-10 (0,78). Tento pozitivní vztah je způsoben jejich polohou a ovlivněním hydrologickými režimy v kanálu. U této skupiny vrtů je patrný okamžitý nárůst hladiny a snížení rozkolísanosti v období 2014/2015. Také je patrný i rozdíl mezi vrty stejné skupiny v závislosti na vzdálenosti od kanálu. Celkový nárůst hladiny podzemní vody způsobil ve vrtu PV-10 zvýšení hladiny (tj. 0,025 m nad úroveň terénu). Předpokládá se, že toto nastalo výtlačnou silou zvodně v předmětném monitorovaném objektu PV-10. Mezi vrty PV-8 a PV-9 je viditelná mírně vyšší korelace (0,81) než s vrtem PV-10 (0,78, 0,77), který se nachází na protilehlé straně kanálu. Nejnižší korelační koeficienty u těchto objektů, byly zjištěny v období 2015/2016 PV-8 a PV-9 (0,68), PV-8 a PV-10 (0,66), které bylo ale zároveň srážkově nejsilnější (viz tabulka 31). Toto období bylo také výrazné nadprůměrně teplým létem, které způsobilo výrazné snížení hladiny podzemní vody během letních měsíců. Fenner et Freeman (2011) in Peacock et al. (2014) tvrdí, že následky suchého období a zaklesnutí hladin mohou přetrvávat i po delší období v řádu měsíců až let. Trend snižování hladiny ve vrtech v blízkosti kanálu je patrný v posledních dvou obdobích, což způsobují vyšší teplotní průměry především během letních měsíců. To potvrzuje

také Kučerová et al. (2009), která uvádí, že vrchoviště, která jsou závislá na srážkové vodě, mohou především v letních měsících vykazovat výrazné výkyvy v úrovni hladiny podzemní vody, kdy v zimních měsících dochází k akumulaci především pevných srážek na povrchu rašeliniště a v letních měsících v závislosti na teplotě k rychlému poklesu HPV.

Tabulka 31: úhrny srážek za jednotlivá období v [mm] (Šíma et Švec, 2018)

| období | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2013 / 2014 | 2014 / 2015 | 2015 / 2016 | 2016 / 2017 | 2017 / 2018 |
| 575,6 | 551,7 | 739,4 | 630,8 | 685 |

Po provedených revitalizačních zásazích dochází také ke změnám hydrochemických parametrů, které jsou ale výraznější v lesních porostech než na ombrotrofních vrchovištích (Bufková, 2013). Ze získaných dat je patrné, že zásadní určující parametr jsou huminové látky, které vykazují na monitorovaném vrtu v období 2013/2014 mírný pokles koncentrací způsobený pravděpodobně výměnou odběrového místa PA-6 (45,9 mg/l) za PA-3 (34,0 mg/l). V období 2015/2016 dochází ke zvýšené rozkolísanosti a mírnému zvýšení koncentrací HL způsobené pravděpodobně díky výrazně teplému a suchému létu, které nahradil srážkově vydatnější podzim a zima. Následuje mírný pokles koncentrací v dalších obdobích ($R^2=0,181$). Koncentrace na odtoku V-1 a odběrovém místě Chomutovka mají mírný vzestupní trend od období 2014/2015 s maximy v posledním období dosahující na měrném přelivu V-1 (76,2 mg/l) a na Chomutovce (15,01 mg/l). Lineární regrese prokázala výrazný vztah huminových látek s Fe dosahující na Chomutovce ($R^2=0,716$), na odtoku z rašeliniště ($R^2=0,592$) a ve vrtu dosahuje lineární regrese pouze ($R^2=0,24$). Komplexy huminových látek s Al byly prokázány především na Chomutovce ($R^2=0,619$), na odtoku V-1 a ve vrtu již tak průkazné nejsou ($R^2=0,256$ a $R^2=0,211$). Železo vykazuje v dlouhodobém hledisku ve vrtu PA-3 spíše klesající trend ($R^2=0,115$), což odpovídá postupnému nárůstu hladiny podzemní vody v závislosti na čase ve vrtu ($R^2=0,223$), zároveň podobný trend je patrný u huminových látek ($R^2=0,181$). Odběrové místo PA-3 vykazuje proto mírnou lineární závislost Fe, Al s hladinou ve vrtu, kde jsou patrné zvýšené koncentrace v závislosti se zvyšující se hladinou Fe ($R^2=0,242$) a Al ($R^2=0,113$). Huminové látky vykazují spíše zápornou korelaci s hodnotou pH, která je patrná především na Chomutovce, ale na odtoku a ve vrtu PA-3 je patrná spíše mírná lineární závislost ($R^2=0,111$). Chomutovka vykazuje

z dlouhodobého hlediska mírně sestupný trend pH ($R^2=0,117$), naopak na odtoku a ve vrtu nebyla prokázána žádná vzestupná nebo sestupná tendence. Stejně tak nebyla prokázána lineární závislost ve vztahu k hladině podzemní vody ve vrtu. Jak již bylo řečeno, pro období 2015/2016 je typické suché a teplé léto, což se projevilo i na nejnižších hodnotách pH za celé období monitoringu na Chomutovce (6,80), a také ve vrtu PA-3 (4,75). Sestupný trend je viditelný i u odběrového místa V-1 až do období 2016/2017 (3,75). Naopak po provedení nápravných opatření dochází k nárůstu hodnot pH v období 2014/2015 na odběrových místech rašeliniště: vrt (4,50 – 5,40), V-1 (4,0 – 4,35) a naopak na Chomutovce (7,20 – 6,80).

Pozitivní vztah byl zjištěn také mezi huminovými látkami a DOC, a to především na Chomutovce ($R^2=0,446$) a odtoku V-1 ($R^2=0,462$). Naopak ve vrtu lineární závislost nebyla potvrzena. V rámci dlouhodobého vývoje nedošlo k výrazným změnám distribuce DOC do povrchových vod, pouze u vrtu je zjištěn mírně klesající trend. Revitalizační zásahy do odvodňovacích kanálů způsobily snížení koncentrací DOC v povrchových vodách a vyluhování do podzemních vod vrtu na hodnotu: ve vrtu PA-3 (18,8 mg/l), na odtoku V-1 (19 mg/l) a Chomutovce (11,25 mg/l). Následující období 2015/2016 dochází k nárůstu koncentrací ve vrtu (20,95 mg/l), na odtoku (31,3 mg/l) a na Chomutovce (15,9 mg/l) jako reakce na suchá a teplá letní období a zaklesnutí hladiny vody. To neodpovídá vývoji zjištěnému Haapalehto et al. (2014), kdy by v dlouhodobém horizontu mělo docházet k postupnému snížení distribuce a vyluhování fluviačního uhlíku z vrchoviště. Naopak se potvrzuje, že dochází k sezónním výkyvům v distribuci DOC (Tahvanainen et al., 2003 in Haapalehto et al., 2014). Mírně klesající trend konduktivity ve vrtu je zjištěn v rámci dlouhodobého měření ve vrtu ($R^2=0,222$) a naopak na odtoku a Chomutovce tento trend nebyl potvrzen.

Železo zareagovalo na nárůst hladiny na konci léta 2014 snížením koncentrací na odtoku z vrchoviště a stejný průběh je patrný na odběrovém místě Chomutovky. V následujících obdobích dochází naopak k mírnému vzestupu koncentrací v povrchových vodách. Ve vrtu je patrný nárůst až do období 2015/2016. Lineární závislost s hladinou vody ukazuje snižující se množství Fe v závislosti na zvyšující se hladině podzemní vody ($R^2=0,242$). Nejvyšší koncentrace Fe se nacházejí v podzemní vodě vrtu, ač dle Küsel et al. (2008) in Haapalehto et al. (2014) by se vyšší hodnoty měly nacházet spíše v odvodňovacích kanálech díky anaerobním a redukčním

podmínkám, které způsobují snižování Fe (III) až Fe (II), a tím zvyšování rozpustnosti Fe do povrchových vod. Dle Pitter (2015) jsou přirozené koncentrace Al v prostředí velmi nízké, ale zároveň tvrdí, že ve velmi kyselém prostředí může docházet k navýšování koncentrací vyluhováním do vod. Tento trend se nepotvrdil, a ani v dlouhodobém horizontu nebyl potvrzen vzestupný ani sestupný trend.

Dle Silvana et al. (2003) in Haapalehto et al. (2014) jsou živiny jako N a P na rašeliništích v nízkých hodnotách. Toto bylo potvrzeno i v diplomové práci, kde se hodnoty fosforečnanů, dusitanů a dusičnanů pohybovaly na mezi stanovitelnosti použitých metod. Naopak na lesních rašeliništích dochází k nárůstu elektrické vodivosti, fosforečnanů, Al a Fe jak v povrchové, tak i podzemní vodě (Bufková, 2013).

Odběrové místo Chomutovka vykazuje v posledních třech monitorovaných obdobích mírně zvýšené koncentrace SO_4^{2-} . Jelikož neutralizační schopnosti půd jsou výrazně nižší než na počátcích acidifikace, může být důvodem úbytek bazických kationtů a vyčerpání jejich zásob z primárního zvětrávání (Hruška et al., 2009).

7. Závěr

Z výsledků periodického měření hladin podzemní vody ve vrtech řady PV (PV-1 až PV-10), je patrný nárůst a snížení rozkolísanosti HPV ve všech monitorovaných objektech po provedení revitalizačních zásahů ve formě zbudování přehrázek na odvodňovacích kanálech. Výše nárůstu a stabilizace rozkolísanosti hladiny podzemní vody ve vrtech je ovlivněna jejich polohou, kdy je patrné, že vrty nacházející se u vedlejších odvodňovacích kanálů na okraji rašeliniště vykazují vyšší nárůst hladiny než vrty v centru u hlavního odvodňovacího kanálu. Zároveň tyto monitorované objekty u hlavního kanálu vykazují vyšší stabilitu rozkolísanosti. Nárůst a stabilita hladiny v monitorovaných objektech je také zásadně ovlivňována vzdáleností od drenážního systému, kdy vliv odvodňovacích kanálů na hladinu podzemní vody klesá s rostoucí vzdáleností. V posledních dvou obdobích je patrný pokles hladiny podzemní vody v některých objektech. Poslední období vykazují zároveň vyšší teploty v letních měsících způsobujících zaklesnutí hladiny podzemní vody, jehož následky mohou přetrvávat po delší dobu. Tento vliv je způsoben závislostí rašeliniště převážně na srážkových vodách. Klesající trend ve vrtech je pravděpodobně také zásadně ovlivňován rychlejším odtokem povrchové vody, který je způsobený některými přehrázkami, které vykazují narušení konstrukce a dochází k obtékání a vymílání bočních kanálků.

Vyhodnocení fyzikálně chemických parametrů ukazuje, že zásadním způsobem ovlivňují fyzikálně chemické pochody na lokalitě huminové látky společně se změnami klimatických podmínek v celém monitorovaném cyklu. Vlivem výrazných teplotních výkyvů během roku dochází ke změnám výše distribuce těchto prvků do prostředí. Monitorované vrchoviště zareagovalo na zbudování přehrázek snížením hodnot většiny parametrů na všech profilech, pouze odezva hodnoty pH ve vrtu a na odtoku V-1 měla vzrůstající trend. Z dlouhodobého hlediska nejsou patrné výrazné změny ve výši koncentrací huminových látek včetně komplexů s nimi na odtoku V-1 a Chomutovce, naopak ve vrtu mají koncentrace spíše klesající trend, což ovlivňuje i distribuci ostatních parametrů jako jsou především Fe, Al, DOC a další. Zároveň se projevuje i dlouhodobý nárůst hladiny ve vrtu PA-3, která blokuje uvolňování Al, Fe, huminových látek, DOC do podzemních vod, a tím dochází ke snižování mineralizace. Například v období 2015/2016, kde se projevil vliv výrazně teplého a suchého letního období, i když zimní období bylo srážkově nadprůměrné, byly zjištěny zvýšené

hodnoty parametrů na všech třech odběrových místech (Fe, Al, DOC, huminové látky, CHSK_{Mn}) vlivem nízké úrovně hladin a zvýšené teploty, naopak u hodnoty pH byl patrný klesající vývoj. Změny oxidačně redukčních podmínek na odtoku z rašeliniště a Chomutovce způsobují, že se některé prvky jako Fe nebo Al vyskytují v nízkých koncentracích vlivem jejich přechodu do méně rozpustného stavu.

Z vyhodnocených dat je viditelný pozitivní přínos zbudování přehrázek na zvýšení úrovně a stabilizace výkyvů HPV. Tento vliv se zároveň projevuje i na průběžném nárůstu HPV na odběrovém místě PA-3, což způsobuje, že dochází k postupnému snižování distribuce hydrochemických parametrů do podzemní vody, a tím zpomalování procesu demineralizace a degradace rašeliniště. Do vývoje vrchoviště, které je závislé především na srážkové vodě, také zásadně zasahují klimatické změny (teplotní výkyvy) během celého ročního období. Na odtoku V-1 a odběrovém profilu Chomutovka nedochází z dlouhodobého hlediska ke změnám koncentrací hydrochemických parametrů.

8. Seznam použité literatury

Publikace:

- Blackburne, R., Yuan, Z., Keller, J. 2008: Water Res. 42, 2166.
- Broncová G., Kronďák M., Člupek M. 2010: In-situ měření pH, vodivosti a kyslíku ve štole Josef. Pracovní text. Dep. In: Ústav analytické chemie VŠCHT Praha. Nепublikováno
- Bufková I. 2013: Náprava narušeného vodního režimu rašelinišť v národním parku Šumava. Ochrana přírody 2: 17 - 19
- Čechura J., Rous J., Kavalír P., Starý J., Houfková P., Bernardová A., Novák J. 2012: Revitalizace rašelinišť mezi Horou Sv. Šebestiána a Satzung, I. etapa. - Terén Design, s.r.o. Teplice.
- Dolejšková A., Marek Z., Hejtmánková A., Mader P. 2006: *Chemie I: Vybrané kapitoly z obecné, anorganické a analytické chemie*. Skripta, Fakulta agronomická na ČZU Praha.
- Demek J., Balatka B., Bůček A., Czudek T., Dědečková M., Hrádek M., Ivan A., Lacina J., Loučková J., Rausner J., Stehlík O., Sládek J., Vaněčková L., Vašátka J. 1987: Zeměpisný lexikon ČSR, Hory a nížiny, Academia, Praha.
- Fux Ch., Bohler M., Huber P., Brunner I., Siegrist H. 2002: J. Biotechnol. 99, 295.
- Haapalehto, T., Kotiaho, J. S., Matilainen, R., Tahvanainen, T. 2014: The effects of long-term drainage and subsequent restoration on water table level and pore water chemistry in boreal peatlands. Journal of Hydrology, 519 (Part B), 1493-1505.
- Horáková M., Janda V., Koller J., Kollerová L., Palatý J., Koubíková J., Pokorná D., Ptáková H., Schejbal P., Smrčková Š., Strnadová N., Síkora V. 2003: Analytika vody. VŠCHT Praha.
- Hrubá J. 2011: Dusík a jeho transport v přírodních vodách. Bakalářská práce, Dep. In: Přírodovědná fakulta UK Praha. Nепublikováno.
- Hruška J., Majer V., Krám P., Oulehle F., Kopáček J., Vrba J., Fotová D. 2009: Účinky kyselého deště na lesní a vodní ekosystémy, III. Okyselení potoků a jezer. Živa 4, 189 – 192.

- Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J, Stráník Z. 2002: Geologická minulost České republiky, Academia Praha.
- Chytrý M., Kučera T. et Kočí M. [eds.], 2001: Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Kempen R., Mulder, J. W., Uijterlinde, C. A., Loosdrecht M. C. M. 2001: Water Sci. Technol. 44, 145.
- Kingston E., Bowersox V., Zorrilla G., 2000: Nitrogen in the Nation's Rain. National atmospheric deposition program, Illinois, 16 str.
- Krám P., Veselovská F., Čuřík J., Myška O 2017: Látkové toky v amfibolitovém povodí Na zeleném u Vodního díla Mariánské Lázně. Sborník referátů: Hydrologie malého povodí 2017. Ústav pro hydrodynamiku AVČR Praha.
- Kučerová A., Kučera T., Hájek T. 2009: Mikroklima a kolísání hladiny podzemní vody v centrální části Rokytecké slati. In: Černý, D., Dvořák, L.: Weitfällerské slatě.
- Kvítek T., Tippl M. 2003: Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. VÚ meliorací a ochrany půdy Praha.
- Lellák J., Kubíček F. 1992: Hydrobiologie, str. 50-52 pp., 80 pp. Karolinum Praha.
- Lepš J., Šmilauer P. 2000: Mnohorozměrná analýza biologických dat. Biologická fakulta, Jihočeská univerzita České Budějovice.
- Loučka T. 2014: Chemie životního prostředí. Fakulta životního prostředí UJEP Ústí nad Labem.
- Moldan B. 2009: Podmaněná planeta. Karolinum Praha.
- Olmer M., Kessl J., Prchalová H., Holíková M., Pavlíková D., Anýž D., Jiroudková M., Novák V., Šiftař Z., Nakládal V., Herrman Z., Řezáč B. 1990: Hydrogeologické rajóny. Výzkumný ústav Vodohospodářský Praha.
- Peacock M., Jones T.G., Airey B., Johncock A., Evans C.D., Lebron I., Fenner N., Freeman C. 2015: The effect of peatland drainage and rewetting (ditch blocking) on extracellular enzyme activities and water chemistry. Soil Use and Management, 31. 67-76

- Quitt E., 1971: Klimatické oblasti Československa. Stud. Geogr., Brno, 16: 1 – 73.
- Pollice A., Tandoi V., Lestingi C. 2002: Water Res. 36, 2541.
- PITTER P. 2015: Hydrochemie. 5. akt. a dop. vydání. Praha: VŠCHT Praha.
- Pivokonský M. 2012: Hydrochemie. Ústav pro hydrodynamiku AV ČR Praha
- Radechovský J., Švehla P., Hrnčířová H., Páček L., Balík J. 2013: Inhibiční působení sloučenin dusíku při nitrifikaci odpadních vod. Chemické listy 107, 892-896.
- Ruiz G., Jeison D., Chamy R. 2003: Water Res. 37, 1371.
- Řehounek J., Řehouňková K., Prach K. (eds.) 2010: Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi. Calla, České Budějovice.
- Spiwok V. 2015: Statistická analýza dat v R. Skripta, Ústav biochemie a mikrobiologie. VŠCHT Praha.
- Starý J. 2013: Zpráva z vrtných prací v období 06/2013. Název akce: Revitalizace rašelinišť Hora sv. Šebestiána – Satzung – realizační fáze – hydrologický monitoring. Děčín.
- Šíma Z., Švec J. 2013: Revitalizace rašelinišť mezi horou Sv. Šebestiána a Satzung – realizační fáze – hydrologický monitoring. Etapová zpráva. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o.
- Šíma Z., Pavelka J. 2016: Hydrologický monitoring rašeliniště po provedených revitalizačních opatřeních. Výroční zpráva za období 2015 - 2016. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o., Chrudim.
- Šíma Z. 2017: Hydrologický monitoring rašeliniště po provedených revitalizačních opatřeních. Výroční zpráva za období 2016 – 2017. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o., Chrudim.
- Šíma Z., Švec J. 2018: Hydrologický monitoring rašeliniště po provedených revitalizačních opatřeních. Výroční zpráva za období 2017 - 2018. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o., Chrudim.
- Ústav inženýrství ochrany životního prostředí 2012/2013: T7TVO7 Stanovení konduktivity, pH a oxidačně- redukčního potenciálu. Návodů na laboratorní cvičení z předmětu T7TVO Technologie vody. FT UTB Zlín. Nепublikováno

- Vávrová M. 2015: CHSK. Nепublikováno
Dostupné na: <http://docplayer.cz/410586-Chsk-pro-hodnoceni-kvality-vod-obvykle-postaci-zakladni-sumarni-ukazatele-pro-organicke-latky-se-jedna-zejmena-o-ukazatele.html>
- Yang G. C. C., Lee H. L. 2005: Water Res. 39, 884

Webové stránky:

<http://geoportal.gov.cz>

<https://mapy.cz>

<https://www.kr-ustecky.cz>

<https://heis.vuv.cz/>

9. Seznam tabulek a obrázku

Seznam tabulek v textu

| | |
|---|----|
| Tabulka 1: charakteristika klimatické oblasti CH6 (Quitt, 1971)..... | 14 |
| Tabulka 2: parametry monitorovacích vrtů řady PV (Šíma et Švec, 2018) | 35 |
| Tabulka 3: parametry monitorovacích vrtů řady PA (Šíma et Švec, 2018) | 36 |
| Tabulka 4: použité konzervace (ČSN EN ISO 5667-3, 2013) | 37 |
| Tabulka 5: stanovované analýzy (Šíma et Švec, 2018)..... | 37 |
| Tabulka 6: hladiny za celé období monitoringu 2013/2018 v [m] | 43 |
| Tabulka 7: období monitoringu 2013/2014 v [m] | 43 |
| Tabulka 9: období monitoringu 2015/2016 v [m] | 44 |
| Tabulka 10: období monitoringu 2016/2017 v [m] | 44 |
| Tabulka 11: období monitoringu 2017/2018 v [m] | 44 |
| Tabulka 12: korelační analýza vrtů řady PV za celé období monitoringu 2013/2018 | 46 |
| Tabulka 13: hydrochemické parametry ve vrtu PA-6 (2013/2014)..... | 62 |
| Tabulka 14: hydrochemické parametry ve vrtu PA-3 (2014/2015)..... | 62 |
| Tabulka 15: hydrochemické parametry ve vrtu PA-3 (2015/2016)..... | 63 |
| Tabulka 16: hydrochemické parametry ve vrtu PA-3 (2016/2017)..... | 63 |
| Tabulka 17: hydrochemické parametry ve vrtu PA-3 (2017/2018)..... | 63 |
| Tabulka 18: hydrochemické parametry rašeliniště (2011) | 64 |
| Tabulka 19: hydrochemické parametry na měrném přelivu V1 (2013 – 2014) | 64 |
| Tabulka 20: hydrochemické parametry na měrném přelivu V1 (2014 – 2015) | 64 |
| Tabulka 21: hydrochemické parametry na měrném přelivu V1 (2015 – 2016) | 65 |
| Tabulka 22: hydrochemické parametry na měrném přelivu V1 (2016 – 2017) | 65 |
| Tabulka 23: hydrochemické parametry na měrném přelivu V1 (2017 – 2018) | 65 |
| Tabulka 24: hydrochemické parametry na Chomutovce (2011) | 66 |
| Tabulka 25: hydrochemické parametry na Chomutovce (2013 – 2014) | 66 |
| Tabulka 26: hydrochemické parametry na Chomutovce (2014 – 2015) | 66 |
| Tabulka 27: hydrochemické parametry na Chomutovce (2015 – 2016) | 67 |
| Tabulka 28: hydrochemické parametry na Chomutovce (2016 – 2017) | 67 |
| Tabulka 29: hydrochemické parametry na Chomutovce (2017 – 2018) | 67 |
| Tabulka 30: hodnoty mediánu v [m] za období 2013/2014 a 2014/2015..... | 70 |

| | |
|---|----|
| Tabulka 31: úhrny srážek za jednotlivá období v [mm] (Šíma et Švec, 2018)..... | 72 |
|---|----|

Seznam tabulek v přílohách

| | |
|--|----|
| Tabulka 32: korelační analýzy HPV za jednotlivá období na monitorovacích objektech řady PV | 85 |
| Tabulka 33: naměřené hodnoty a výsledky analýz na odběrovém místě Chomutovka (2013 – 2018)..... | 86 |
| Tabulka 34: naměřené hodnoty a výsledky analýz na odběrovém místě měrný přeliv V-1 (2013 – 2018)..... | 88 |
| Tabulka 35: naměřené hodnoty a výsledky analýz ve vrtu PA-6/PA-3 (2013 – 2018)..... | 90 |
| Tabulka 36: naměřené hodnoty a výsledky analýz na rašeliništi v období 2011 | 92 |
| Tabulka 37: naměřené hodnoty a výsledky analýz na Chomutovce v období 2011 | 92 |
| Tabulka 38: naměřené hladiny podzemní vody ve vrtech řady PV za období 2013 - 2018. | 93 |

Seznam obrázků v textu

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: lokalizace zájmového území a odběrového místa Chomutovka III. Mlýn | 11 |
| Obrázek 2: lokalizace zájmového území a vytyčení oblasti monitoringu (www.geoportál.gov.cz)..... | 12 |
| Obrázek 3: periodické měření hladin za celé období monitoringu 2013 – 2018 v [m] | 38 |
| Obrázek 4: grafy za období monitoringu 2013/2018 ve vrtech PV-1 až PV-3 | 39 |
| Obrázek 5: grafy za období monitoringu 2013/2018 na vrtech PV-4 až PV-6 | 40 |
| Obrázek 6: graf za období monitoringu 2013/2018 na vrtu PV-7..... | 41 |
| Obrázek 7: grafy za období monitoringu 2013/2018 na vrtech PV-8 až PV-10 | 42 |
| Obrázek 8: analýza hladin za celé období monitoringu 2013/2018 metodou PCA..... | 45 |
| Obrázek 9: analýza hladin za období 2013 – 2014 metodou PCA..... | 46 |
| Obrázek 10: analýza hladin za období 2014/2015 metodou PCA..... | 47 |
| Obrázek 11: analýza hladin za období 2015/2016 metodou PCA..... | 47 |
| Obrázek 12: analýza hladin za období 2016/2017 metodou PCA..... | 48 |
| Obrázek 13: analýza hladin za období 2017/2018 metodou PCA..... | 48 |
| Obrázek 14: vypočtené hodnoty pH za jednotlivá období monitoringu ve vrtu, na měrném přelivu a Chomutovce | 49 |
| Obrázek 15: vypočtené hodnoty konduktivity za jednotlivá období monitoringu ve vrtu, na měrném přelivu a Chomutovce | 50 |
| Obrázek 16: vypočtené hodnoty CHSK _{Mn} za jednotlivá období monitoringu ve vrtu, na měrném přelivu a Chomutovce | 51 |

| | |
|---|----|
| Obrázek 17: vypočtené hodnoty NO_2^- za jednotlivá období monitoringu ve vrtu, na měrném přelivu a Chomutovce | 52 |
| Obrázek 18: vypočtené hodnoty NO_3^- za jednotlivá období monitoringu ve vrtu, na měrném přelivu a Chomutovce | 53 |
| Obrázek 19: vypočtené hodnoty SO_4^{2-} za jednotlivá období monitoringu ve vrtu, na měrném přelivu a Chomutovce | 54 |
| Obrázek 20: vypočtené hodnoty PO_4^{3-} za jednotlivá období monitoringu ve vrtu, na měrném přelivu a Chomutovce | 55 |
| Obrázek 21: vypočtené hodnoty DOC za jednotlivá období monitoringu ve vrtu, na měrném přelivu a Chomutovce | 56 |
| Obrázek 22: vypočtené hodnoty Huminových látek za jednotlivá období monitoringu ve vrtu, na měrném přelivu a Chomutovce | 57 |
| Obrázek 23: vypočtené hodnoty A_{254} nm za jednotlivá období monitoringu ve vrtu, na měrném přelivu a Chomutovce | 58 |
| Obrázek 24: vypočtené hodnoty poměru A_{254}/DOC za jednotlivá období monitoringu ve vrtu, na měrném přelivu a Chomutovce | 59 |
| Obrázek 25: vypočtené hodnoty Al za jednotlivá období monitoringu ve vrtu, na měrném přelivu a Chomutovce | 60 |
| Obrázek 26: vypočtené hodnoty Fe za jednotlivá období monitoringu ve vrtu, na měrném přelivu a Chomutovce | 61 |
| Obrázek 27: analýza vývoje jednotlivých hydrochemických parametrů na lokalitách metodou PCA..... | 68 |

Seznam obrázků v přílohách

| | |
|--|----|
| Obrázek 28: monitorovací vrty PV-1 a PV-2 (Moučka, 2018) | 95 |
| Obrázek 29: monitorovací vrty PV-3 a PV-4 (Moučka, 2018) | 95 |
| Obrázek 30: monitorovací vrty PV-5 a PV-6 (Moučka, 2018) | 96 |
| Obrázek 31: monitorovací vrt PV-7 (Moučka, 2018)..... | 96 |
| Obrázek 32: monitorovací vrt PV-8 (Moučka, 2018)..... | 97 |
| Obrázek 33: monitorovací vrt PV-9 (Moučka, 2018)..... | 97 |
| Obrázek 34: monitorovací vrt PV-10 (Moučka, 2018)..... | 97 |
| Obrázek 35: monitorovací vrt PA-3 (Moučka, 2017)..... | 98 |
| Obrázek 36: Thomsonův měrný přeliv V-1 (Moučka, 2017)..... | 98 |
| Obrázek 37: Thomsonův měrný přeliv V-2 (Moučka, 2017)..... | 98 |
| Obrázek 38: monitorovací vrt PA-6 (Moučka, 2018)..... | 99 |
| Obrázek 39: hlavní odvodňovací kanál (Moučka, 2017) | 99 |
| Obrázek 40: vedlejší odvodňovací kanál na západním okraji rašeliniště (Moučka, 2016) .. | 99 |

| | |
|---|-----|
| Obrázek 41: srážkoměrná stanice (Moučka, 2017) | 100 |
| Obrázek 42: vedlejší odvodňovací kanál (Moučka, 2017) | 100 |
| Obrázek 43: <i>Drosera rotundifolia</i> (Moučka, 2017) | 100 |
| Obrázek 44: <i>Eriophorum angustifolium</i> (Moučka, 2018) | 101 |
| Obrázek 45: <i>Vaccinium oxycoccos</i> (Moučka, 2016) | 101 |
| Obrázek 46: <i>Andromeda polifolia</i> (Moučka, 2018)..... | 102 |
| Obrázek 47: odebrané vzorky při předávce do laboratoře (Moučka, 2017 | 102 |
| Obrázek 48: průvodka k odebraným vzorkům podzemní a povrchové vody z 27. 8. 2018 | 103 |
| Obrázek 49: odběrové protokoly podzemní a povrchové vody z 27. 9. 2018 | 103 |

Mapové přílohy

Příloha 1: Lokalizace monitorovaného rašeliniště

Příloha 2: Celková vrtná prozkoumanost rašeliniště

Příloha 2.1: Detail umístění monitorovaných vrtů PV-1 až PV-3

Příloha 2.2: Detail umístění monitorovaných vrtů PV-4 až PV-6

Příloha 2.3: Detail umístění monitorovaného vrtu PV-7

Příloha 2.4: Detail umístění monitorovaných vrtů PV-8 až PV-10 a měrného přelivu V-1