

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně  
Sekce zemědělských vstupů



**HODNOCENÍ SEDIMENTŮ VODNÍCH PLOCH (TOKY, RYBNÍKY, VODNÍ NÁDRŽE)  
průběžná zpráva 1995–2017**

**Zpracoval:** Ing. Ladislav Kubík, Ph.D.

**Schválil:** Ing. Miroslav Florián, Ph.D.  
ředitel Sekce zemědělských vstupů

## Obsah

|            |                                                            |           |
|------------|------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>ÚVOD.....</b>                                           | <b>1</b>  |
| <b>2</b>   | <b>METODIKA.....</b>                                       | <b>2</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>Odběr vzorků.....</b>                                   | <b>2</b>  |
| 2.1.1      | Odběr vzorků z vyvezených hromad.....                      | 2         |
| 2.1.2      | Odběr vzorků ze dna vypuštěné nádrže.....                  | 3         |
| 2.1.3      | Odběr vzorků z plné vodní hladiny.....                     | 3         |
| 2.1.4      | Odběr vzorků z vodního toku.....                           | 4         |
| <b>2.2</b> | <b>Nakládání se vzorky.....</b>                            | <b>4</b>  |
| <b>2.3</b> | <b>Laboratorní analýzy.....</b>                            | <b>5</b>  |
| <b>2.4</b> | <b>Databáze.....</b>                                       | <b>5</b>  |
| <b>2.5</b> | <b>Hodnocení dat.....</b>                                  | <b>5</b>  |
| <b>3</b>   | <b>VÝSLEDKY.....</b>                                       | <b>8</b>  |
| <b>3.1</b> | <b>Rizikové prvky.....</b>                                 | <b>8</b>  |
| 3.1.1      | As – Arsen.....                                            | 8         |
| 3.1.2      | Be – Berylium.....                                         | 12        |
| 3.1.3      | Cd – Kadmium.....                                          | 15        |
| 3.1.4      | Co – Kobalt.....                                           | 19        |
| 3.1.5      | Cr – Chrom.....                                            | 23        |
| 3.1.6      | Cu – Měď.....                                              | 27        |
| 3.1.7      | Hg – Rtuť.....                                             | 31        |
| 3.1.8      | Ni – Nikl.....                                             | 35        |
| 3.1.9      | Pb – Olovo.....                                            | 39        |
| 3.1.10     | V – Vanad.....                                             | 43        |
| 3.1.11     | Zn – Zinek.....                                            | 47        |
| <b>3.2</b> | <b>„Hnojivá hodnota“ – živiny, pH, LOI a zrnitost.....</b> | <b>51</b> |
| 3.2.1      | Ca – Vápník.....                                           | 51        |
| 3.2.2      | K – Draslík.....                                           | 54        |
| 3.2.3      | Mg – Hořčík.....                                           | 57        |
| 3.2.4      | P – Fosfor.....                                            | 60        |
| 3.2.5      | pH (CaCl <sub>2</sub> ) – Výměnné pH.....                  | 63        |
| 3.2.6      | LOI – Spalitelné látky v sušině.....                       | 67        |
| 3.2.7      | Zrnitost.....                                              | 70        |
| <b>3.3</b> | <b>Rizikové látky.....</b>                                 | <b>73</b> |
| 3.3.1      | AOX – Adsorbovatelné organicky vázané halogeny.....        | 73        |
| 3.3.2      | PCB – Polychlorované bifenyly.....                         | 76        |
| 3.3.3      | HCH – Hexachlorcyklohexan.....                             | 79        |
| 3.3.4      | HCb – hexachlorbenzen.....                                 | 82        |
| 3.3.5      | Celkové (total) DDT (včetně metabolitů).....               | 85        |
| 3.3.6      | PAU – Polycyklické aromatické uhlovodíky.....              | 88        |
| 3.3.7      | PBDE – Polybromované difenylethery.....                    | 91        |
| 3.3.8      | Uhlovodíky C10–C40.....                                    | 94        |
| <b>4</b>   | <b>POROVNÁNÍ SE ZEMĚDĚLSKOU PŮDOU.....</b>                 | <b>97</b> |

|            |                                |            |
|------------|--------------------------------|------------|
| <b>4.1</b> | <b>Rizikové prvky .....</b>    | <b>97</b>  |
| <b>4.2</b> | <b>Hnojivá hodnota .....</b>   | <b>99</b>  |
| <b>4.3</b> | <b>Rizikové látky .....</b>    | <b>100</b> |
| <b>5</b>   | <b>SHRNUTÍ .....</b>           | <b>101</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Rizikové prvky .....</b>    | <b>101</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Hnojivá hodnota .....</b>   | <b>102</b> |
| <b>5.3</b> | <b>Rizikové látky .....</b>    | <b>103</b> |
| <b>6</b>   | <b>SEZNAM LITERATURY .....</b> | <b>104</b> |
| <b>7</b>   | <b>PŘÍLOHY .....</b>           | <b>105</b> |

## 1 ÚVOD

Sedimenty ve vodních tocích či vodních nádržích (rybnících) vznikají sedimentací (usazováním) erodovaných pevných částic, které jsou přirozeně unášeny vodou. Při poklesu rychlosti proudění (rozšířením profilu, poklesem spádu toku nebo zvětšením hloubky vodoteče), dochází k přirozené sedimentaci unášených částic. Vzniklý materiál může mít povahu od štěrkopísků a písků sedimentovaných v proudných úsecích toků, až po jílovitohlinité a jílovité substráty v rybnících. Jde o přirozený děj, který je urychlován antropogenními zásahy do krajiny. Důvodem kumulace sedimentů a zanášení dna jsou stále přetrvávající splachy zemědělské půdy z okolí rybníků, vodních děl a toků. Často nevhodné hospodaření v povodí způsobuje nadměrnou erozi, pronikání a usazování rizikových prvků a látek v rybnících a tocích. V České republice vykazuje třetina rybníků nadměrné zatížení sedimenty (Čermák et al., 2011). Sedimenty jsou ve velkých objemech do rybníků transportovány podle charakteru a stavu říční sítě a hospodářské činnosti v povodí a způsobují velmi rychlé zanášení méně proudných úseků povrchových vod. Důsledkem ukládání sedimentů je postupné omezování až znemožňování vodohospodářských, biologických a ekologických funkcí vodních nádrží a toků. Celkové množství sedimentů je ve vodních nádržích ČR odhadováno na 197 mil. m<sup>3</sup>, v drobných vodních tocích a závlahových kanálech na 5 mil. m<sup>3</sup> a v odvodňovacích kanálech 0,8 mil. m<sup>3</sup> (Čermák et al., 2011). Tato množství značně zmenšují prostor pro akumulaci vody a snižují i míru ochrany krajiny proti povodním. Z výše zmíněného vyvstává nerudovská otázka „Kam s ním?“ Jednou z možností je jeho „vrácení“ na místo původu, tj. jeho přímé použití na zemědělskou půdu. Tuto možnost využití vytěženého sedimentu v České republice poskytuje vlastníkům sedimentů splnění kritérií uvedených ve vyhlášce č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě.

Na sedimenty je dobré nahlížet jako na materiál s vysokým obsahem organické hmoty a zároveň i velkou „hnojivou“ hodnotou. Pokud vyhoví všem podmínkám na obsahy rizikových prvků a látek, pak se jedná o ideální zúrodňovací materiál pro orné půdy. Vždyť i naši předkové považovali „bahno“ z rybníka za kvalitní hnojivo s vysokým obsahem živin, které dokonce bylo částí deputátů pracovníků v rybníkářství. Sedimenty ve většině případů nepředstavují závažné riziko a jejich zapravením do půdy se v podstatě jen uzavře jeden přírodní cyklus.

Surový sediment vykazuje značný podíl zvodnění až do 80 %, může obsahovat látky různého složení i cizorodé předměty v závislosti na struktuře zemědělské a průmyslové výroby v povodí. Na vytěžené sedimenty lze nahlížet ze dvou úhlů pohledu – jednak je můžeme využívat k mnoha prospěšným účelům vycházejících z „hnojivé“ hodnoty sedimentů a to např. k zúrodňování zemědělské půdy (Kuklík, 2000), k rekultivaci starých povrchových dolů či zavalení podzemních prostor. Sedimenty je však třeba hodnotit i z pohledu druhého, kdy jde nejen o materiál se žádoucími vlastnostmi, ale často také o materiál s neznámými vlastnostmi, které mohou být naopak nežádoucí až nebezpečné. Sedimenty na sebe sorbují široké spektrum látek včetně těžkých kovů či perzistentních látek (Holoubek et al., 1998, Hilscherová et al., 2007), které znesnadňují použití sedimentů ve výše uvedených případech. Sedimenty je třeba chápat i jako rezervoár potenciálně nebezpečných látek. Tyto látky se mohou posléze uvolnit a následně negativně ovlivnit lokalitu, na kterou byl sediment aplikován. Z tohoto důvodu je dobré sedimenty hodnotit z obou úhlů pohledu a brát v potaz veškeré známé informace, aby bylo možné riziko vyplývající z vlastností sedimentů minimalizováno.

Tato průběžná zpráva předkládá výsledky z monitoringu rizikových prvků a látek v sedimentech prováděného v období 1995 až 2017 Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKZÚZ).

## 2 METODIKA

Regionální pracovníci ze sedmi územních pracovišť ÚKZÚZ odebírají každoročně od roku 1995 po celé České republice vzorky sedimentů z vodních ploch. Ročně se odebere kolem 20 vzorků sedimentů. Tyto odběry se provádí podle Metodického pokynu č. 7/SZV – Sledování rybníčních a říčních sedimentů. Pro potřebu hodnocení jsou vodní plochy rozčleněny do pěti kategorií, a to na vodní toky, vodní nádrže a rybníky polní, návesní a lesní.

### 2.1 Odběr vzorků

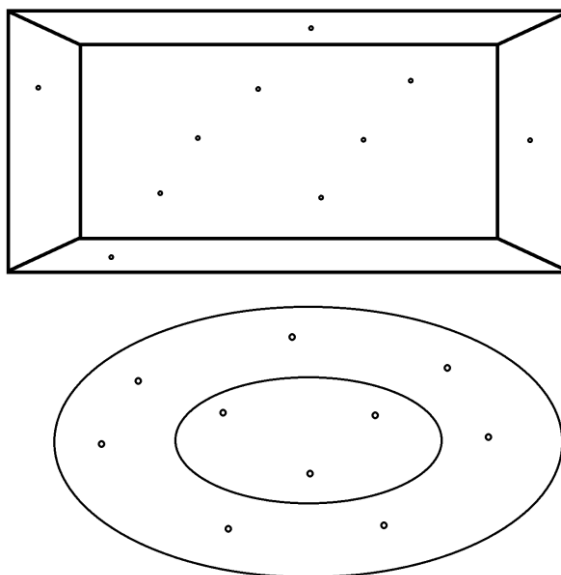
Nejdříve je provedena identifikace nádrže, rybníka, popř. toku. Je zaznamenán název, katastrální území, zeměpisné souřadnice (střed hráze u nádrží a rybníků, u toků místo odběru). Odběr vzorků sedimentů se může provádět čtyřmi způsoby, a to z vyvezených hromad, ze dna vypuštěné nádrže, z plné vodní hladiny, z vodního toku.

#### 2.1.1 Odběr vzorků z vyvezených hromad

Vzorky sedimentů z vyvezených hromad jsou odebírány přednostně.

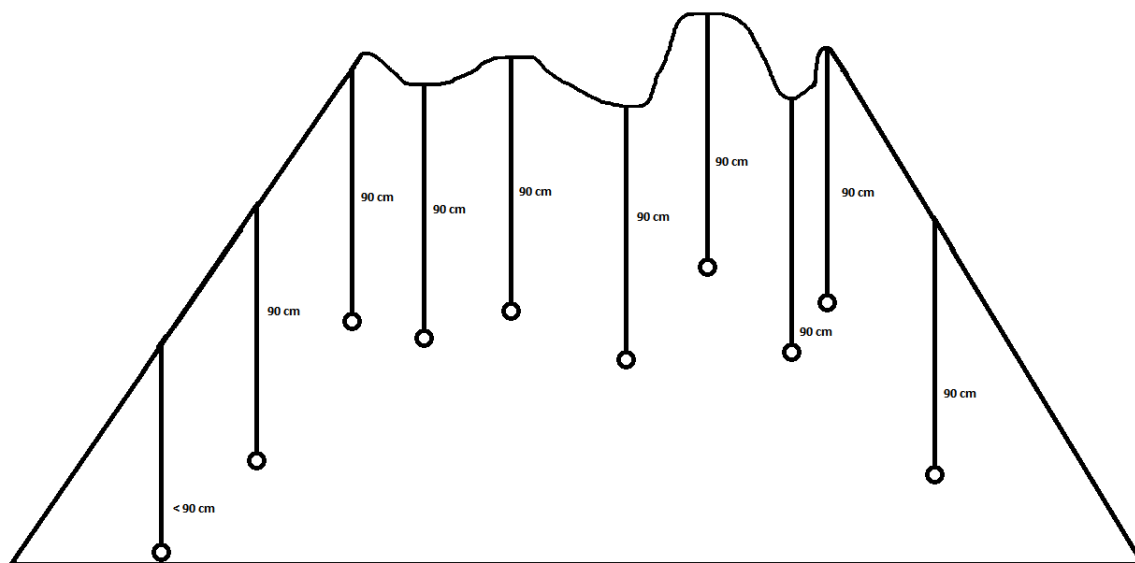
**Způsob odběru:** Odebírá se směsný vzorek, který vznikne smísením nejméně 10 dílčích vzorků (Obrázek 1. Možné způsoby odběru vzorků z vyvezených hromad). Místa pro odběr dílčích vzorků ze vzorkovaného celku se zvolí tak, aby vzorky reprezentovaly celou hromadu tvořící vzorkovaný celek.

**Obrázek 1.** Možné způsoby odběru vzorků z vyvezených hromad



**Technické vybavení:** K odběru lze přednostně použít žlábkový jednodílný vrták, Edelmanův vrták, nebo nerezový rýč či lopatku, dále plastová, popřípadě nerezová nádoba.

**Hloubka odběru:** Dílčí vzorky se odebírají z celé hloubky 0–90 cm, nejvýše však do výšky hromady (Obrázek 2).

**Obrázek 2.** Hloubka odběrů dílčích vzorků z vyvezených hromad

### 2.1.2 Odběr vzorků ze dna vypuštěné nádrže

Pokud bude odběr prováděn ze dna vypuštěné nádrže, je z důvodu bezpečnosti nutná přítomnost nejméně jedné další osoby.

**Způsob odběru:** Odebírá se směsný vzorek, který vznikne smísením nejméně 10 dílčích vzorků. Při odběru z malých rybníků do 2 ha jsou body odběru dílčích vzorků rovnoměrně rozmístěny po celé ploše nádrže tak, aby postihly co nejširší variabilitu vlastností sedimentu. Středně velké rybníky do 10 ha se převážně vzorkují tak, že 2/3 dílčích vzorků se odeberou v místě výtoku a zbytek po obvodu rybníka. Velké rybníky a nádrže nad 10 ha se vzorkují na více místech podle místních podmínek. Přesná lokalizace bodů odběru je před vlastním odběrem prověřena v terénu.

**Technické vybavení:** K odběru lze přednostně použít žlábkový jednodílný vrták, Edelmanův vrták, nebo nerezový rýč či lopatku, dále plastová, popřípadě nerezová nádoba.

**Hloubka odběru:** Dílčí vzorky se odebírají z hloubky 0–90 cm.

### 2.1.3 Odběr vzorků z plné vodní hladiny

Odběr při plné vodní hladině z lodě mohou provádět pouze proškolení pracovníci a z důvodu bezpečnosti je nutná přítomnost nejméně jedné další osoby.

**Způsob odběru:** Odebírá se směsný vzorek, který vznikne smísením nejméně 10 dílčích vzorků. Body odběru dílčích vzorků jsou rovnoměrně rozmístěny po celé ploše nádrže a mají tak postihnout co nejširší variabilitu vlastností sedimentu, a to oblastí obvodu, středu nádrže, jakož i u vtoku, kde je předpoklad malé mocnosti vrstvy sedimentu, tak i u výtoku z vodní nádrže, kde bude vrstva sedimentů nejmocnější. Přesná lokalizace bodů odběru je před vlastním odběrem prověřena v terénu.

**Technické vybavení:** K odběru lze použít pístové, komorové vzorkovače, nebo různé typy drapaků, dále plastová, popřípadě nerezová nádoba.

#### 2.1.4 Odběr vzorků z vodního toku

Pokud je odběr prováděn z vodního toku, je z důvodu bezpečnosti nutná přítomnost nejméně jedné další odpovědné osoby. Přednostně se tyto odběry provádí za sucha a tím i nízkých průtoků v tocích.

**Způsob odběru:** Odebírá se směsný vzorek, který vznikne smísením nejméně 10 dílčích vzorků. Body odběru dílčích vzorků jsou rovnoměrně rozmístěny po celé zájmové délce vodního toku, popřípadě jsou umístěny v akumulární zóně sedimentu nejčastěji podél konkávního úseku toku (břehu) a mají tak postihnout co nejširší variabilitu vlastností sedimentu vodního toku. Přesná lokalizace bodů odběru je před vlastním odběrem prověřena v terénu.

**Technické vybavení:** K odběru lze použít pístové, komorové vzorkovače, nebo různé typy drapaků, při nízké hladině i žlábkový jednodílný vrták, Edelmanův vrták, nebo nerezový rýč či lopatku. Ke sbírání vzorku se používá plastová, popřípadě nerezová nádoba.

Hmotnost čerstvého směsného vzorku pro stanovení anorganických parametrů i organických polutantů má být 2–3 kg.

### 2.2 Nakládání se vzorky

**Úprava směsného vzorku:** pokud bylo odebráno větší množství vzorku, musí být vzorek ve vhodné nádobě zhomogenizován a zmenšen kvartací na požadovanou velikost.

**Balení vzorku:** vzorky se odebírají do plastových nebo nerezových nádob. Po vysušení na vzduchu se ukládají do polyetylenových (PE) sáčků. Vzorky určené ke stanovení organických polutantů se vkládají do PE sáčků okamžitě po odběru.

**Transport a uchování:** vzorky určené ke stanovení anorganických parametrů se transportují za běžných teplot. Vzorky určené ke stanovení organických polutantů jsou transportovány v chladících boxech a co nejdříve po odběru zamrazeny. Vzorky pro stanovení anorganických parametrů jsou vysušeny na vzduchu, ne na přímém slunci a předány do laboratoře. Před předáním do laboratoře jsou uchovávány za běžných podmínek. Při sušení se vzorek dále homogenizuje a pokud je to nutné i kvartuje aby hmotnost vzorku pro laboratoř činila přibližně 1 kg. Vzorky pro stanovení organických polutantů jsou předávány do laboratoře v zamraženém stavu.

**Dokumentace:** ke každému vzorku je zpracován Průvodní list k odběru sedimentu, který obsahuje předepsané identifikační údaje o vodní ploše, včetně fotografie a zakresu míst odběru vzorků. Případné odchylky od metodiky vzorkování se uvádí na zadní stranu dokumentu.

**Označování a předávání vzorků:** vzorky jsou ihned po odběru označeny názvem nádrže/toku nebo pořadovým číslem a v co nejkratší době předány do laboratoře.

## 2.3 Laboratorní analýzy

Ve vzorcích se stanovuje:

- **As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn** (extrakce lučavkou královskou, stanovení metodou ICP/OES);
- **Hgtot** (AMA 254);
- **Mg, Ca** (Mehlich 3, FAAS);
- **P** ((Mehlich 3, FAAS);
- **K** ((Mehlich 3, FAAS);
- **procento spalitelných látek (LOI)** (gravimetrie/žihání);
- **výměnné pH** (ISE/CaCl<sub>2</sub>-pH);
- **zrnitostní složení (velikost částic pod 0,01 mm)** (pipetovací metoda);
- **půdní druh** (hmatová zkouška);
- **HCH** jako suma ( $\Sigma$ ) čtyř isomerů (alfa, beta, gama a delta) (GC-MS/MS);
- **HCB** (GC-MS/MS);
- **AOX** (coulometrická titrace);
- **PCB** jako suma ( $\Sigma$ ) sedmi kongenerů PCB (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180) (GC-MS/MS);
- **DDT** vyjádřené jako suma ( $\Sigma$ ) všech o,p'- a p,p'- izomerů DDD, DDE a DDT (GC-MS/MS);
- **PAU** jako suma ( $\Sigma$ ) 12 PAU (antracen, benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, benzo(ghi)perylen, fenantren, fluoranten, chrysen, indeno(123-cd)pyren, naftalen a pyren) (HPLC);
- **PBDE** jako suma ( $\Sigma$ ) jednotlivých kongenerů (BDE 28, 47, 66, 85, 99, 100, 153, 154, 183) (GC-MS/MS);
- **uhlovodíky C10-C40** (GC/FID).

## 2.4 Databáze

V rámci ÚKZÚZ je vedena databáze sedimentů, ve které jsou údaje již od roku 1995 a to celkem k 540 vzorkům. Od roku 2006 s nástupem využívání systému LPIS (Land Parcel Identification System) a jeho modulu „Registr sedimentů“ jsou spravovaná data o počtu celkem 303 vzorků vedena v celistvé formě v databázi „Registr sedimentů“. U dat z předchozích let schází některé specifikace týkající se většinou přesné lokalizace odběru sedimentu.

## 2.5 Hodnocení dat

Výsledky chemických analýz byly podrobeny následujícímu statistickému hodnocení a zpracování:

- Deskriptivní analýza dat – výpočet aritmetického průměru, mediánu, vyhledání globálních minim a maxim, výpočet percentilů (0,10; 0,25; 0,75; 0,95)
- Exploratorní analýza dat – sestavení krabicových (box) diagramů (Obrázek 3) a mapek
- Statistické testování významnosti rozdílu mezi střední hodnotou – neparametrické testování Kruskal–Wallisovým testem pro více než dva nezávislé výběry. Testovaly se jednotlivé kategorie vodních ploch, respektive sedimentů z nich pocházející.

Do statistického zpracování byly zahrnuty všechny hodnoty stanovených prvků; hodnoty nižší než mez stanovitelnosti (LOQ) byly položeny rovno  $\frac{1}{2}$  LOQ. Pro statistické zpracování byly použity programy MS Excel O365, Statistica v. 6.0 a NCSS 2011.

Dále byly obsahy rizikových prvků a látek v sedimentech hodnoceny vzhledem k platným limitům stanoveným v příloze č.1 vyhlášky č. 257/2009 Sb. Limitní hodnoty jsou uvedeny u jednotlivých hodnocených rizikových prvků a látek a v příloze 1. Podle procenta překročení limitní hodnoty byly jednotlivé rizikové prvky zařazeny do tří kategorií a to na prvky, které často překračují limitní hodnotu ve více jak 3 % případů, na prvky se středním počtem překročení v rozmezí od 0,6 % do 3 %, poslední skupinou jsou prvky ojediněle překračující limitní hodnotu v méně jak 0,6 % případů.

Při hodnocení a porovnávání rizikových prvků a látek v sedimentech a v zemědělských půdách se využívaly poznatky z dalších agend, a to z Bazálního monitoringu půd (BMP), což je dlouhodobý monitoring mnoha veličin v zemědělských půdách na stabilních plochách, a z Registru kontaminovaných ploch (RKP), který je zaměřen na sledování míry kontaminace zemědělských půd rizikovými prvky. Při hodnocení a porovnávání hnojivé hodnoty (živin – P, K, Mg, Ca a pH) se aplikovaly poznatky a data z Agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP).

Pro stanovení změn koncentrace rizikových prvků v půdě po aplikaci sedimentu byly z dat RKP vypočteny mediánové obsahy rizikových prvků v zemědělských půdách pro celou ČR, tj. obsahy před aplikací. Podle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 257/2009 Sb. byly sedimenty rozděleny podle zrnitosti (textury) na písčitohlinité, hlinité, jílovitohlinité a jílovité. Rozdělení bylo provedeno na základě obsahu částic (zrn) menších než 0,01 mm s využitím Novákovy stupnice půdních druhů (tabulka 1). Dále pak na základě uvedené maximální aplikační dávky byla spočítána změna koncentrace po aplikaci sedimentu, jak na běžné půdy, tak na lehké půdy.

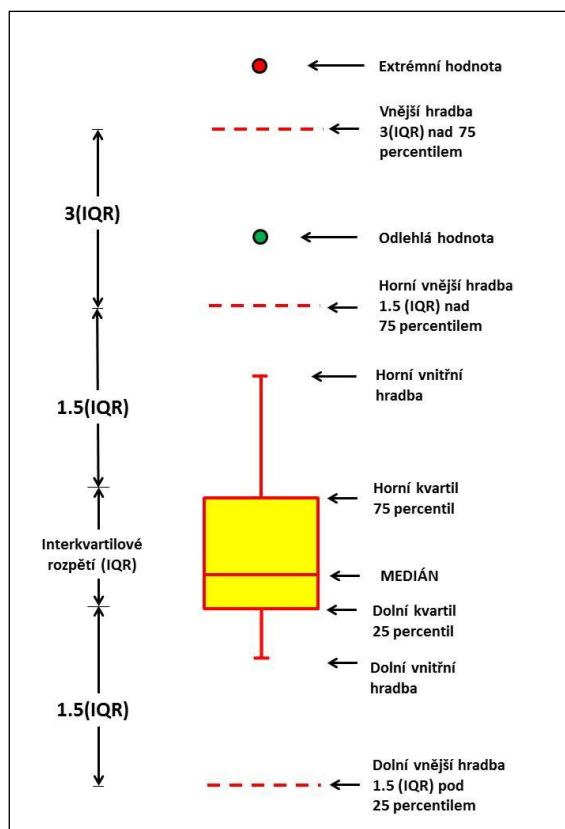
**Tabulka 1.** Nováková stupnice půdních druhů

| Obsah částic (zrn)<br>menších než 0,01 mm<br>(%) | Označení druhu půdy | Zkratka |
|--------------------------------------------------|---------------------|---------|
| 0–10                                             | písčitá             | P       |
| 10–20                                            | hlinitopísčitá      | HP      |
| 20–30                                            | písčitohlinitá      | PH      |
| 30–45                                            | hlinitá             | H       |
| 45–60                                            | jílovitohlinitá     | JH      |
| 60–75                                            | jílovitá            | JV      |
| nad 75                                           | jíl                 | J       |

Hodnocení živin v sedimentech vychází z koncepce hodnocení živin v agendě Agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP). Kritéria pro hodnocení obsahů jsou uvedena v příloze č. 5 vyhlášky č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků a v metodickém pokynu č. 9/SZV – Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017 až 2022. Podle těchto kritérií lze každou hodnotu zařadit do jedné z pěti kategorií obsahů obsahů přístupných živin AZZP – nízký obsah, vyhovující, dobrý, vysoký a velmi vysoký obsah.

V mapách pro rizikové prvky jsou jejich obsahy přepočítány na procenta limitní hodnoty stanovené vyhláškou č. 257/2009 Sb., obsah živin je vyjádřen prostřednictvím kategorií obsahů uvedených ve vyhlášce č. 275/1998 Sb., pro rizikové látky, které mají vyhláškou č. 257/2009 Sb. stanoveny limitní hodnoty jsou jejich obsahy přepočítány na procenta této limitní hodnoty, pro ostatní hodnoty jsou určeny intervaly obsahů.

**Obrázek 3.** Struktura krabicového diagramu se základními statistickými charakteristikami



### 3 VÝSLEDKY

#### 3.1 Rizikové prvky

##### 3.1.1 As – Arsen

Dlouhodobé sledování sedimentů z vodních ploch ukazuje, že ze sledovaných rizikových prvků patří arsen (As) mezi čtyři rizikové prvky (As, Cd, Pb a Zn), které překračují limitní hodnotu ( $30 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) uvedenou ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. ve více než 3 % případů. As ve vzorcích překračuje limitní hodnotu v 5,2 % případů. Jak ukazuje tabulka 2, obsahy As se v sedimentech pohybují v rozmezí hodnot  $0,75\text{--}274 \text{ mg.kg}^{-1}$ , celkový průměrný obsah činí  $12,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Z tabulky 2 dále vyplývá, že vodní toky mají nejvyšší procento překročených limitních hodnot a také nejvyšší hodnoty mediánu, těsně za nimi jsou návesní rybníky, jejichž vzorky rovněž často překračují limitní hodnotu. U lesních rybníků a vodních nádrží nebyl zatím nalezen vzorek, který by překračoval limitní hodnotu.

**Tabulka 2.** Základní statistika a počty překročení limitní hodnoty pro As podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (1995–2017)

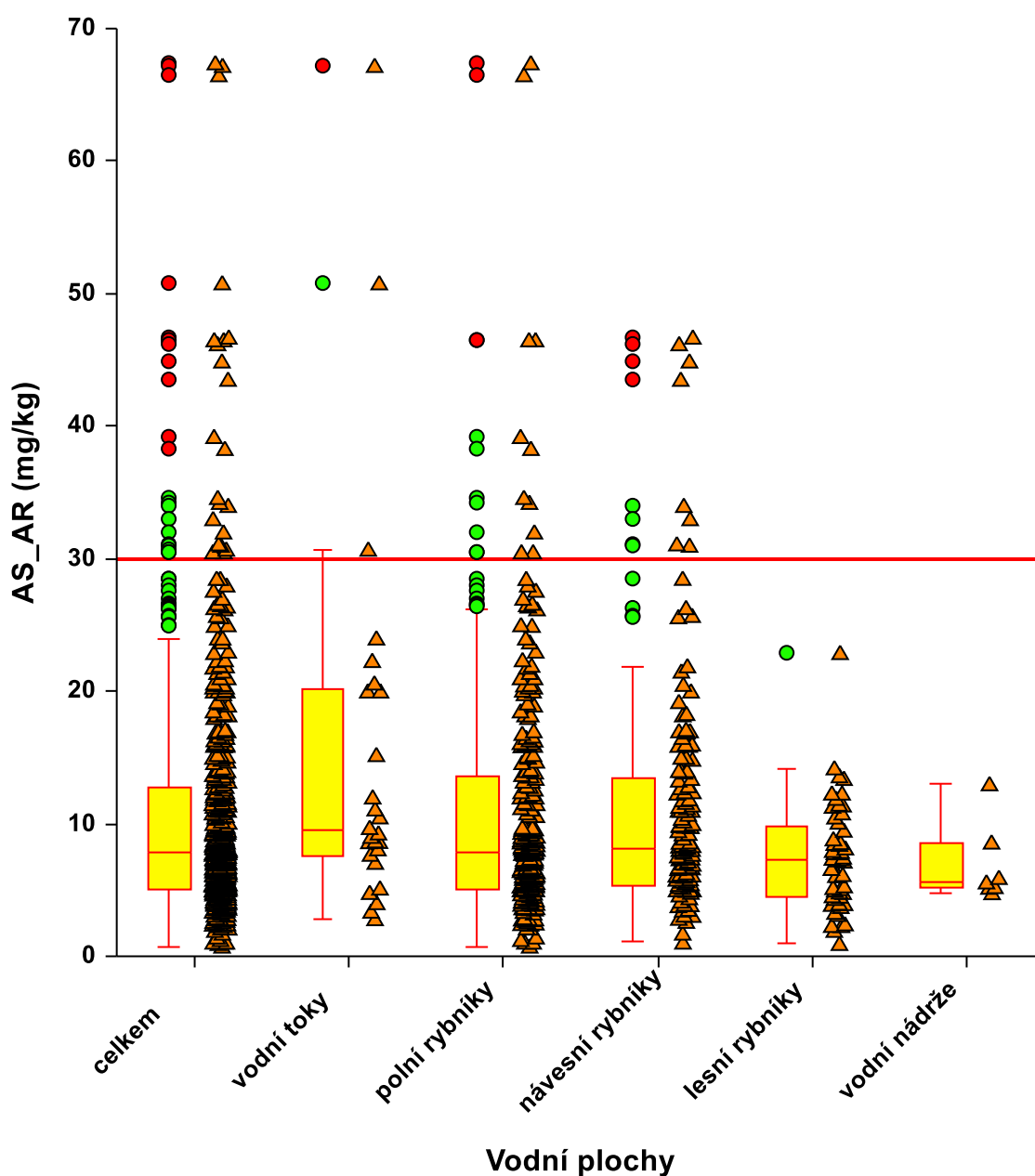
| Prvek                         | Sedimenty vodních ploch                     | Celkem        | Vodní toky    | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|-------------------------------|---------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| As<br>( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) | Počet vzorků                                | 528           | 26            | 288           | 154             | 53            | 7            |
|                               | Průměr                                      | 12,1          | <b>15,8</b>   | 12,7          | 12,3            | 7,62          | 7,15         |
|                               | Min                                         | 0,75          | 2,83          | 0,75          | 1,05            | 0,95          | 5,08         |
|                               | Max                                         | 274           | 69,1          | 274           | 141             | 23,4          | 13,3         |
|                               | 0.10 perc.                                  | 4,05          | 4,56          | 4,03          | 4,97            | 3,21          | 5,32         |
|                               | 0.25 perc.                                  | 5,29          | 8,10          | 5,27          | 5,48            | 4,69          | 5,55         |
|                               | Medián                                      | 8,03          | <b>9,78</b>   | 7,86          | 8,20            | 7,46          | 5,70         |
|                               | 0.75 perc.                                  | 12,9          | 20,0          | 13,7          | 13,7            | 9,73          | 7,44         |
|                               | 0.90 perc.                                  | 21,1          | 27,8          | 22,1          | 21,4            | 12,6          | 10,6         |
|                               | Počet a procento překročení limitní hodnoty | 27<br>(5,2 %) | 3<br>(11,5 %) | 14<br>(4,9 %) | 10<br>(6,5 %)   | 0<br>(0 %)    | 0<br>(0 %)   |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky významný rozdíl mezi vodními toky a jednotlivými kategoriemi rybníků, a zároveň také v rámci jednotlivých kategorií rybníků (příloha 2).

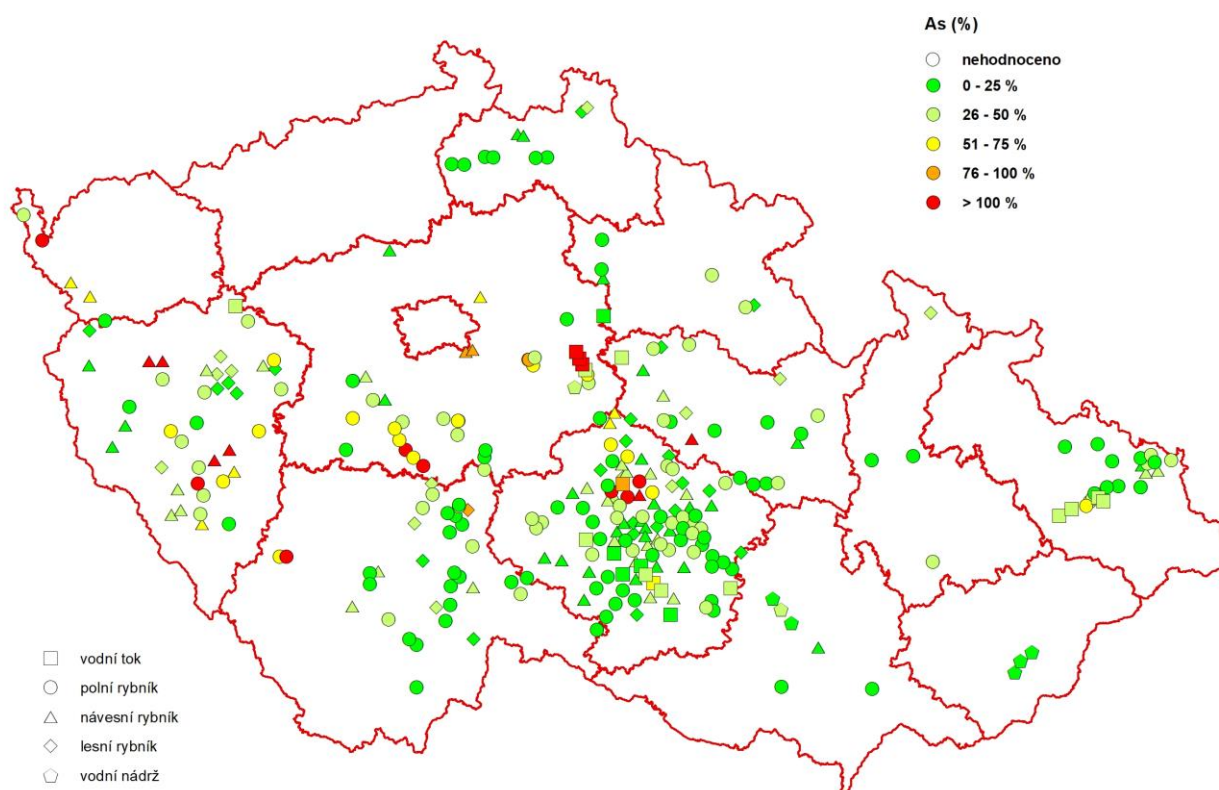
Krabicový diagram v grafu 1 znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů As a jeho limitní hodnotu, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Dále pak na mapě 1 jsou vyobrazena místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů As vzhledem k limitní hodnotě. Do mapy byly vybrány vzorky pouze z let 2006–2017 a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Z mapy vyplývá, že vzorky s vyššími hodnotami As jsou často nalézány v okolí starých důlních činností jako jsou například Stříbrné hory na Havlíčkovodsku, oblast kolem Kutné Hory, Příbrami, dále pak v místech s vyššími hodnotami As v půdě pravděpodobně geogenního původu, které korespondují s nálezy z Registru kontaminovaných ploch, jako je okolí Vysokého Chlumce ve Středočeském kraji, okolí Stříbra, nebo okolí Klatov v Plzeňském kraji. Bohužel u některých vodních ploch např. v jižních Čechách a v Karlovarském kraji pro vysvětlení vysokého obsahu As nemáme dostatečné informace.

Sedimenty jako zdroj živin a organické hmoty je vhodné aplikovat na zemědělskou půdu. Pokud by se sledované sedimenty aplikovaly na lehkou zemědělskou půdu v maximální aplikační dávce uvedené v příloze č. 5 vyhlášky č. 257/2009 Sb., je možné předpokládat, že v lehkých půdách dojde ke zvýšení obsahu As zejména při aplikaci sedimentu jílovitohlinitého a to o 4 % (graf 2, příloha 3). Pouze v případě použití jílovitého sedimentu by se koncentrace snížila zhruba o 1 %. Při aplikaci na běžné půdy by došlo ke snížení (zředění) obsahu As v půdách vyjma případu aplikace opět sedimentu jílovitohlinitého, kdy by došlo k mírnému nárůstu. Jak pro lehké, tak i běžné půdy platí, že zvýšení obsahů As nevede k překročení preventivní hodnoty pro zemědělské půdy uvedené ve vyhlášce č. 153/2016 Sb.

**Graf 1.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů a limitní hodnota pro As podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (celkem i jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 1.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů As vzhledem k limitní hodnotě podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2006–2017)



**Graf 2.** Předpokládaná koncentrace As v půdě před a po aplikaci sedimentu

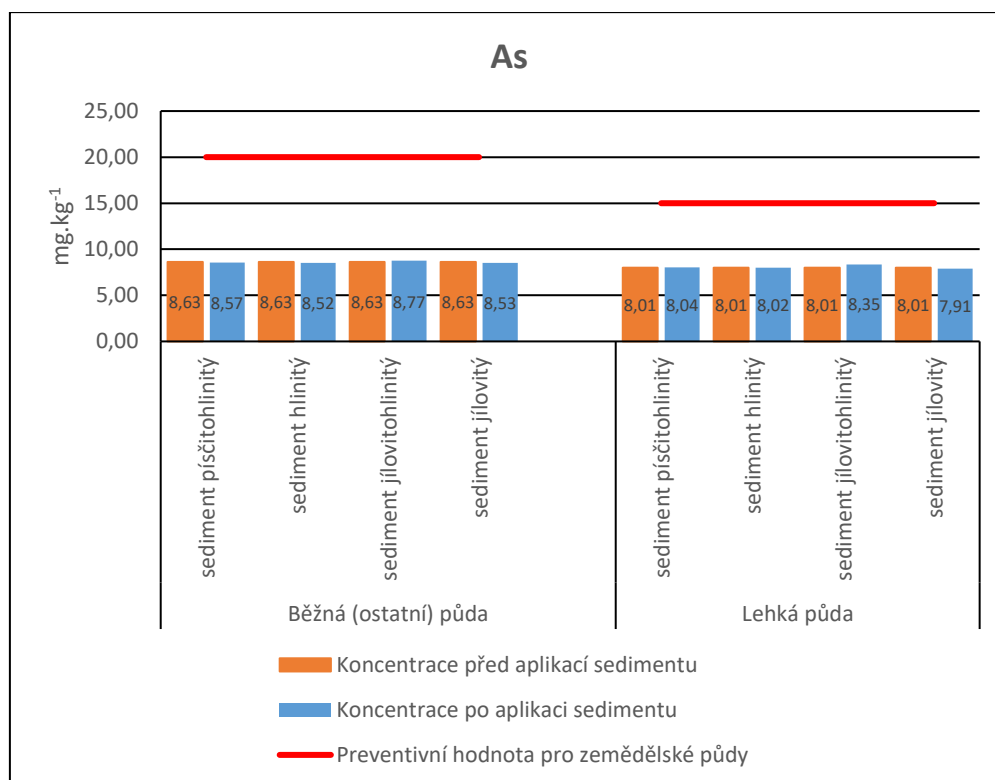


**Foto 1.** Vodní plocha – Nádražní rybník (kategorie polní rybník, nejvyšší obsah As, 2006–2017)



### 3.1.2 Be – Beryllium

Z hodnocení databáze sedimentů vyplývá, že ze sledovaných rizikových prvků beryllium (Be) patří do skupiny rizikových prvků (spolu s V), které překračují limitní hodnotu ( $5 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) uvedenou ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. pouze ojediněle, a to v méně než v 0,6 % případů. Obsahy Be se pohybují v rozmezí hodnot  $0,15\text{--}7,16 \text{ mg.kg}^{-1}$ , celkový průměrný obsah činí  $1,25 \text{ mg.kg}^{-1}$  (tabulka 3). Z tabulky je patrné, že limitní hodnotu překročil jeden vzorek polních rybníků a jeden vzorek lesních rybníků. U ostatních kategorií vodních ploch se zatím nenašly nadlimitní vzorky. Nejvyšší mediány mají rybníky lesní, po nich následují rybníky polní, vodní toky, rybníky návesní a nejnižší mediány jsou u vodních nádrží.

**Tabulka 3.** Základní statistika a počty překročení limitní hodnoty pro Be podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (1995–2017)

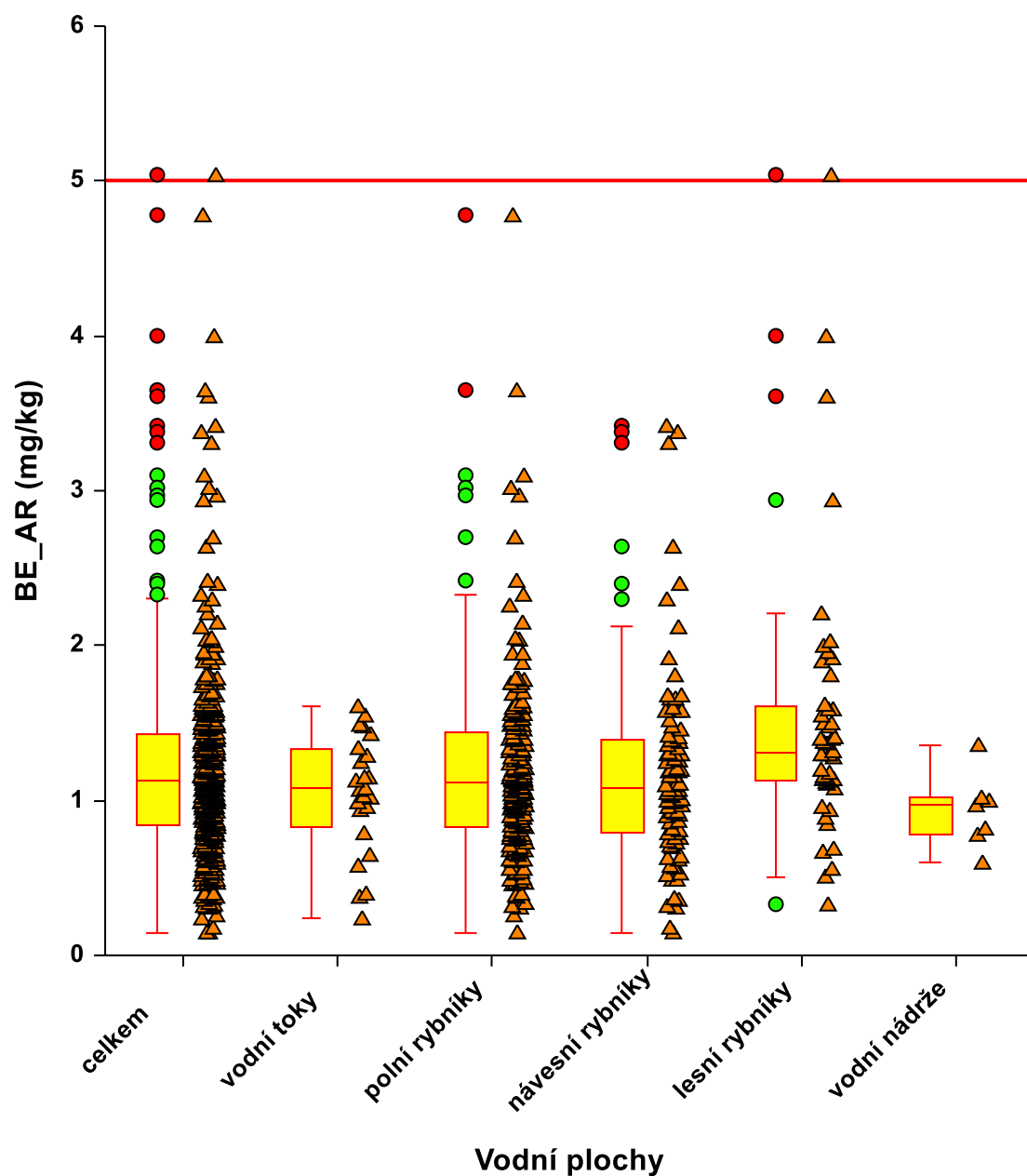
| Prvek                         | Sedimenty vodních ploch                     | Celkem       | Vodní toky | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|-------------------------------|---------------------------------------------|--------------|------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Be<br>( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) | Počet vzorků                                | 385          | 24         | 210           | 96              | 48            | 7            |
|                               | Průměr                                      | 1,25         | 1,07       | 1,23          | 1,20            | <b>1,56</b>   | 0,97         |
|                               | Min                                         | 0,15         | 0,24       | 0,15          | 0,15            | 0,33          | 0,61         |
|                               | Max                                         | 7,16         | 1,66       | 7,16          | 3,60            | 5,04          | 1,40         |
|                               | 0.10 perc.                                  | 0,58         | 0,46       | 0,61          | 0,56            | 0,84          | 0,72         |
|                               | 0.25 perc.                                  | 0,84         | 0,93       | 0,83          | 0,81            | 1,14          | 0,81         |
|                               | Medián                                      | 1,15         | 1,11       | 1,13          | 1,10            | <b>1,35</b>   | 1,03         |
|                               | 0.75 perc.                                  | 1,45         | 1,33       | 1,45          | 1,43            | 1,64          | 1,07         |
|                               | 0.90 perc.                                  | 1,86         | 1,51       | 1,84          | 1,73            | 2,16          | 1,21         |
|                               | Počet a procento překročení limitní hodnoty | 2<br>(0,5 %) | 0<br>(0 %) | 1<br>(0,5 %)  | 0<br>(0 %)      | 1<br>(2,1 %)  | 0<br>(0 %)   |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) byly zjištěny statisticky velmi významné rozdíly převážně mezi vodními toky a jednotlivými kategoriemi rybníků zejména lesními a mezi jednotlivými kategoriemi rybníků navzájem. Také vodní nádrže vykazují rozdíly vůči lesním rybníkům (příloha 2).

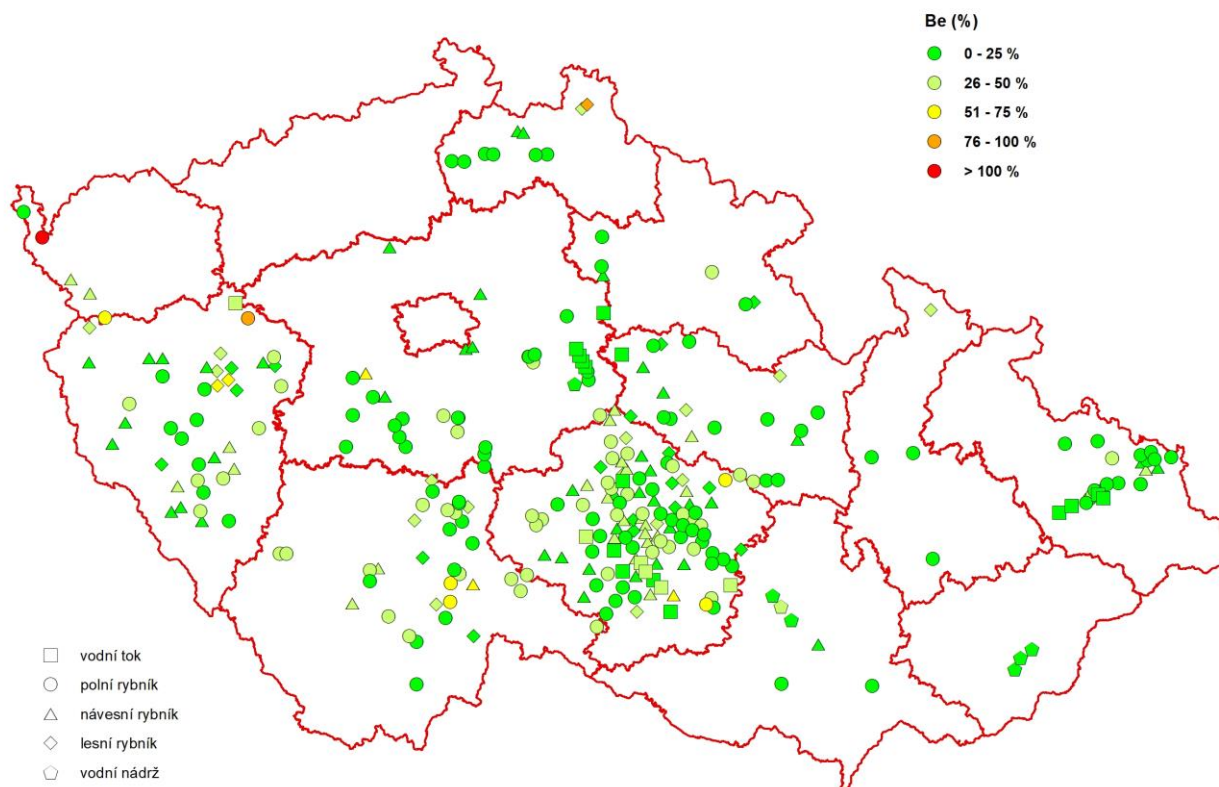
Krabicový diagram v grafu 3 zobrazuje základní statistické parametry, rozložení obsahů Be a jeho limitní hodnotu, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Mapa 2 vykresluje odběrová místa vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Be vzhledem k limitní hodnotě. Do mapy byly vybrány vzorky pouze z let 2006–2017, a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Z mapy lze vyčíst, že sediment s nejvyšším obsahem Be je v Karlovarském kraji, z dat RKP vyplývá, že v nejbližším okolí jsou vyšší obsahy tohoto prvku v zemědělských půdách

Z grafu 4 a přílohy 3 vyplývá, že při aplikaci sledovaných sedimentů jak na lehké, tak i na běžné půdy by došlo ke zvýšení obsahů Be v půdě. Je to jediný prvek, u kterého je předpoklad zvýšení obsahu prvku na půdách běžných i lehkých. Větší navýšení obsahu Be je u lehkých půd než u půd běžných, zejména při použití sedimentu s texturou jílovitou, méně pak s jílovitohlinitou. Jak pro lehké, tak i běžné půdy platí, že zvýšení obsahů Be nevede k překročení preventivní hodnoty pro zemědělské půdy uvedené ve vyhlášce č. 153/2016 Sb.

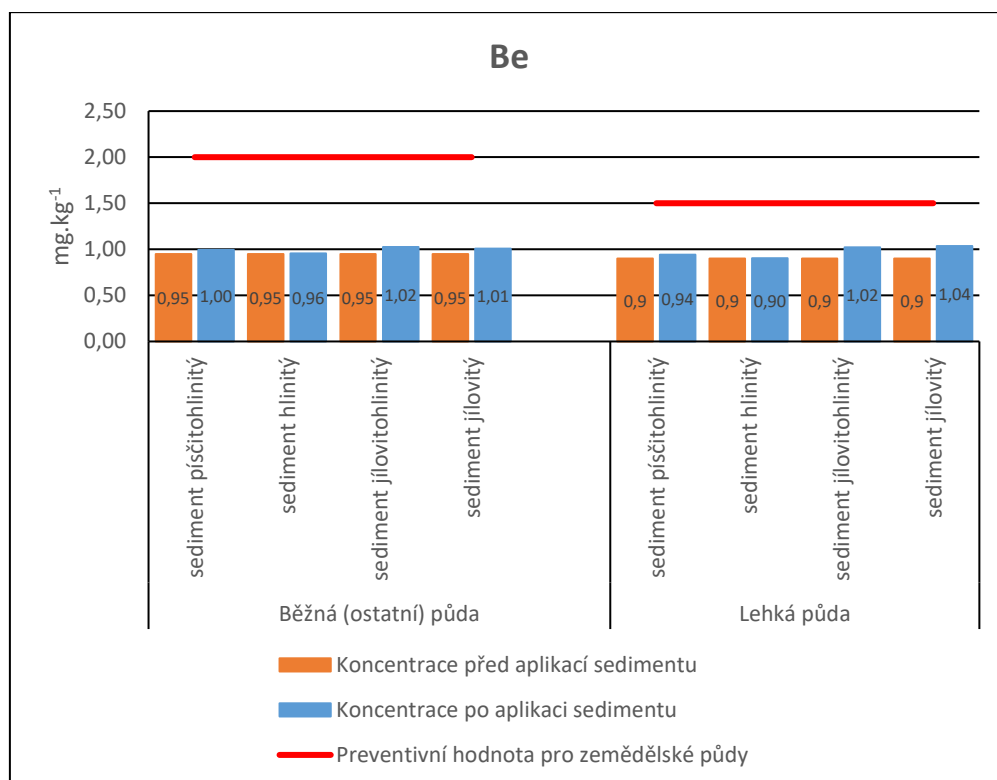
**Graf 3.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických parametrů (obrázek 3), rozložení obsahů a limitní hodnota pro Be podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (celkem i jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 2.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Be vzhledem k limitní hodnotě podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2006–2017)



**Graf 4.** Předpokládaná koncentrace Be v půdě před a po aplikaci sedimentu.



### 3.1.3 Cd – Kadmium

Kadmium (Cd) je nejčastějším kontaminantem v sedimentech vodních ploch. Limitní hodnotu ( $1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) překračují vzorky sedimentů ve více než v 16 % případů a patří tedy mezi skupinu prvků, které často překračují limitní hodnotu. Obsahy Cd se pohybují v rozmezí hodnot  $0,05\text{--}1660 \text{ mg.kg}^{-1}$ , průměrný obsah činí  $12,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ , jak je uvedeno v tabulce 4, kde je mimo jiné i základní statistika, počty vzorků a počty překročení limitních hodnot celkem a za jednotlivé kategorie vodních ploch. Stejně jako As, tak i Cd v procentech nejčastěji překračuje limitní hodnotu u vodních toků, u kterých je zároveň nejvyšší hodnota mediánu. Jak v obsazích, tak i v procentech překročení následují rybníky polní, návesní, lesní a vodní nádrže, u kterých zatím nebyl nalezen nadlimitní vzorek. Vysoká hodnota průměru ( $22,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) u polních rybníků je ovlivněna pěti extrémními hodnotami ze tří rybníků v Plzeňském kraji z roku 2002.

**Tabulka 4.** Základní statistika a počty překročení limitní hodnoty pro Cd podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (1995–2017)

| Prvek                         | Sedimenty vodních ploch                     | Celkem         | Vodní toky    | Polní rybníky  | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|-------------------------------|---------------------------------------------|----------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|--------------|
| Cd<br>( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) | Počet vzorků                                | 536            | 26            | 292            | 158             | 53            | 7            |
|                               | Průměr                                      | 12,3           | 0,89          | <b>22,1</b>    | 0,66            | 0,59          | 0,32         |
|                               | Min                                         | 0,05           | 0,18          | 0,05           | 0,08            | 0,05          | 0,18         |
|                               | Max                                         | 1660           | 4,22          | 1660           | 5,70            | 2,70          | 0,86         |
|                               | 0.10 perc.                                  | 0,17           | 0,21          | 0,15           | 0,18            | 0,18          | 0,18         |
|                               | 0.25 perc.                                  | 0,21           | 0,47          | 0,19           | 0,30            | 0,18          | 0,18         |
|                               | Medián                                      | 0,45           | <b>0,74</b>   | 0,40           | 0,51            | 0,40          | 0,18         |
|                               | 0.75 perc.                                  | 0,80           | 1,08          | 0,73           | 0,85            | 0,73          | 0,33         |
|                               | 0.90 perc.                                  | 1,29           | 1,39          | 1,30           | 1,22            | 1,30          | 0,63         |
|                               | Počet a procento překročení limitní hodnoty | 89<br>(16,6 %) | 9<br>(34,6 %) | 41<br>(14,0 %) | 31<br>(19,6 %)  | 8<br>(15,1 %) | 0<br>(0 %)   |

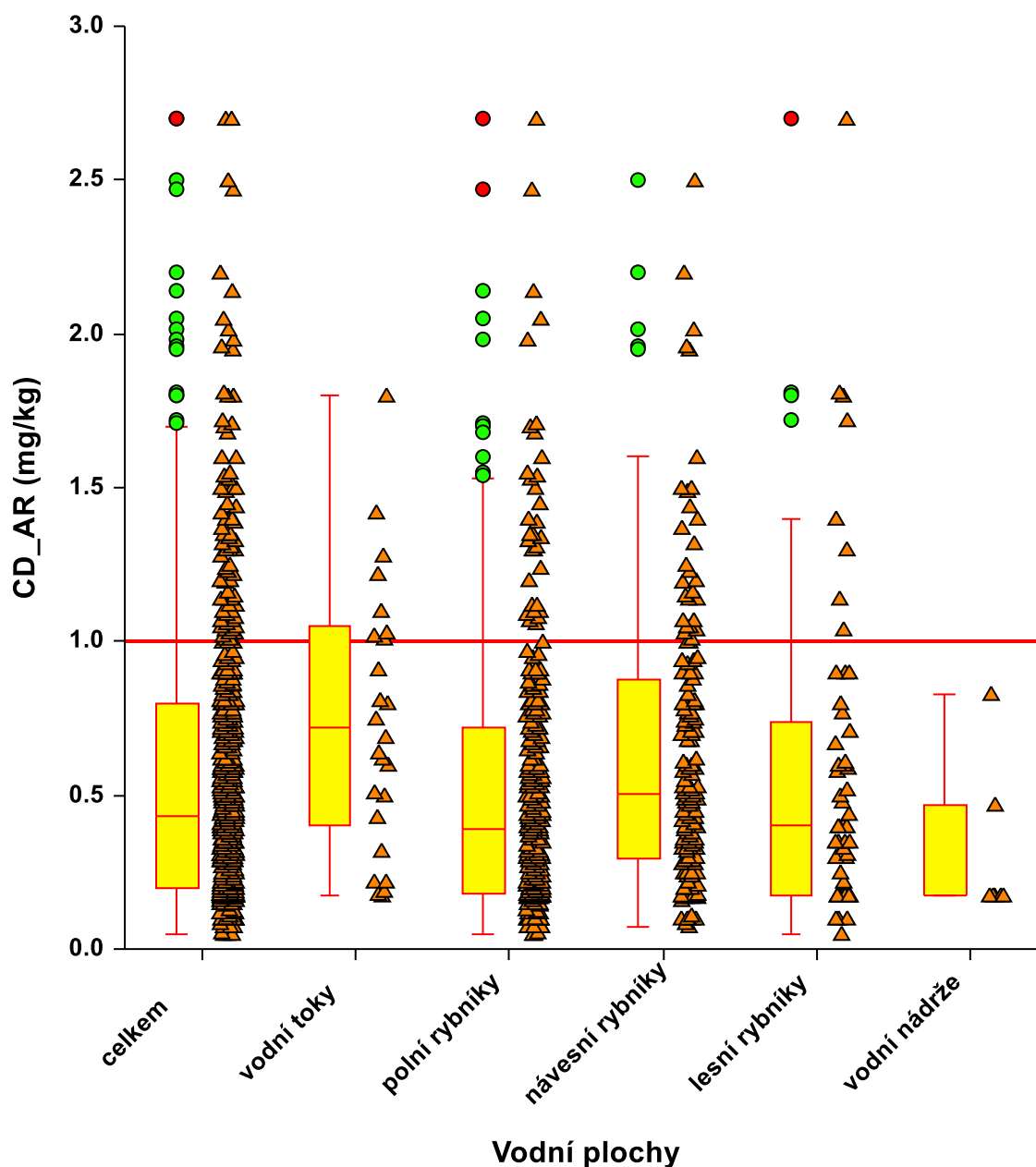
Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistily statisticky velmi významné rozdíly, zejména mezi vodními toky a ostatními kategoriemi vodních ploch. Obsahy Cd ve vodních tocích jsou vyšší než v ostatních kategoriích vodních ploch a to velmi významně. Naopak ve vodních nádržích byly zjištěny nejnižší obsahy Cd, přičemž rozdíly mezi obsahy ve vodních nádržích a vodních tocích a návesních rybnících jsou statisticky velmi významné (příloha 2).

Krabicový diagram v grafu 5 zobrazuje základní statistické parametry, rozložení obsahů Cd a jeho limitní hodnotu, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Odběrová místa vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Cd vzhledem k limitní hodnotě jsou zobrazeny v mapě 3. Do mapy byly vybrány vzorky pouze z let 2006–2017, a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Vysoké obsahy Cd jsou podobně jako As často nacházeny v okolí někdejší těžby rud a drahých kovů, což jsou oblasti kolem Kutné Hory, Příbrami, v Kraji Vysočina na Havlíčkovobrodsku v okolí Stříbrných Hor, nebo v okolí průmyslových měst například Plzeň, Ostrava, Frýdek-Místek, Studénka. Zvýšené obsahy jsou nalézány v Moravskoslezském kraji v okolí Odry, jak podobně uvádí Skála a kol. (2014).

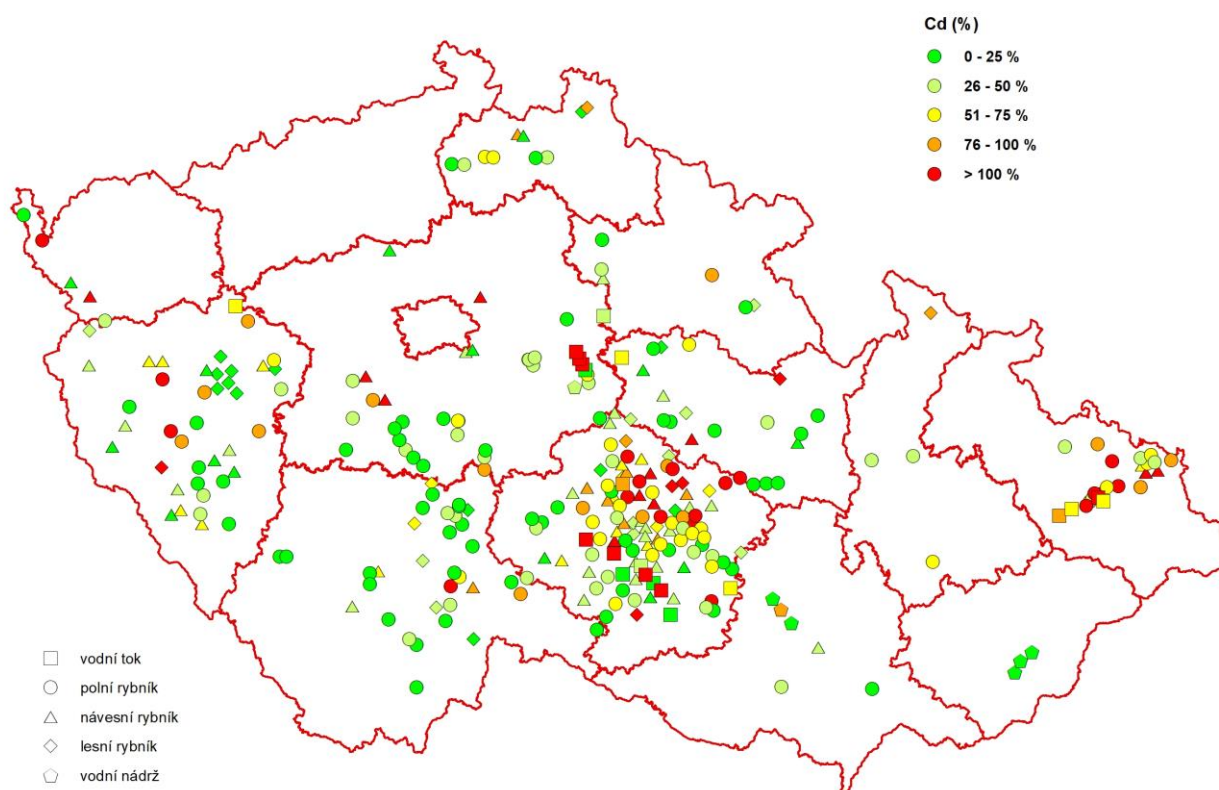
V grafu 6 jsou znázorněny obsahy Cd v půdě před a po aplikaci sledovaných sedimentů, číselné hodnoty jsou uvedeny v příloze 3. Obsahy Cd se zvyšují po aplikaci sledovaných sedimentů na lehké půdy, nejvíce v případě aplikace sedimentů hlinitých, a to až o 33 %. Na běžných půdách by po

aplikaci došlo ke zvýšení obsahů zejména při využití sedimentu hlinitého, naopak při použití sedimentu s texturou jílovitou by došlo ke snížení obsahu Cd v půdě. Jak pro lehké, tak i běžné půdy platí, že zvýšení obsahů Cd nevede k překročení preventivní hodnoty pro zemědělské půdy uvedené ve vyhlášce č. 153/2016 Sb.

**Graf 5.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů a limitní hodnota pro Cd podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (celkem i jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 3.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Cd vzhledem k limitní hodnotě podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2006–2017)



**Graf 6** Předpokládaná koncentrace Cd v půdě před a po aplikaci sedimentu

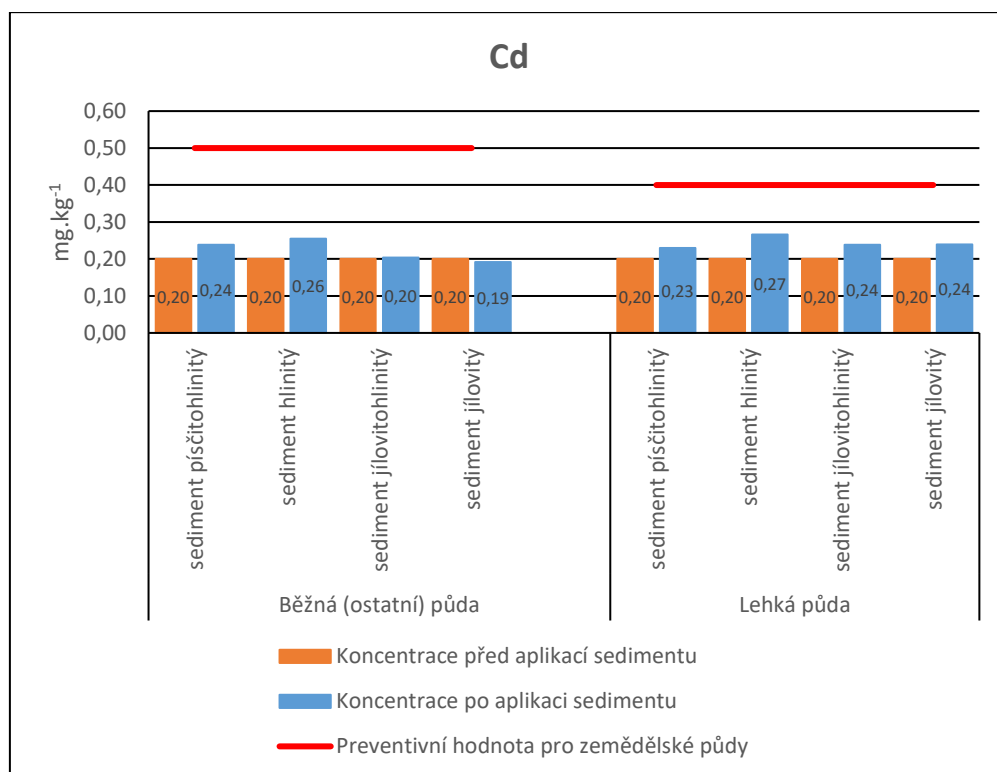


**Foto 2.** Vodní plocha – Klejnárka (kategorie vodní tok, nejvyšší obsah Cd, 2006–2017)



### 3.1.4 Co – Kobalt

Kobalt (Co) ve vzorcích překračuje limitní hodnotu ( $30 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) v 0,8 % případů a patří tak do skupiny prvků se „středním“ počtem překročení spolu s Cu, Cr, Hg a Ni. Tato skupina překračuje limitní hodnoty v rozmezí od 0,6 % do 3 % vzorků. Obsahy Co se pohybují v rozmezí hodnot  $1,03\text{--}59 \text{ mg.kg}^{-1}$ , celkový průměrný obsah činí  $12,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ , jak ukazuje tabulka 5, ve které je uvedena základní statistika, počty vzorků a počty překročení limitních hodnot celkem a za jednotlivé kategorie vodních ploch. Limitní hodnota pro Co byla překročena pouze ve čtyřech případech, a to třikrát u návesních rybníků a jednou u polního rybníka. U ostatních kategorií vodních ploch nebyla dosud tato hodnota překročena. Nejvyšší hodnoty mediánu mají vodní nádrže, těsně za nimi následují rybníky návesní, rybníky polní, vodní toky a lesní rybníky.

**Tabulka 5.** Základní statistika a počty překročení limitní hodnoty pro Co podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (1995–2017)

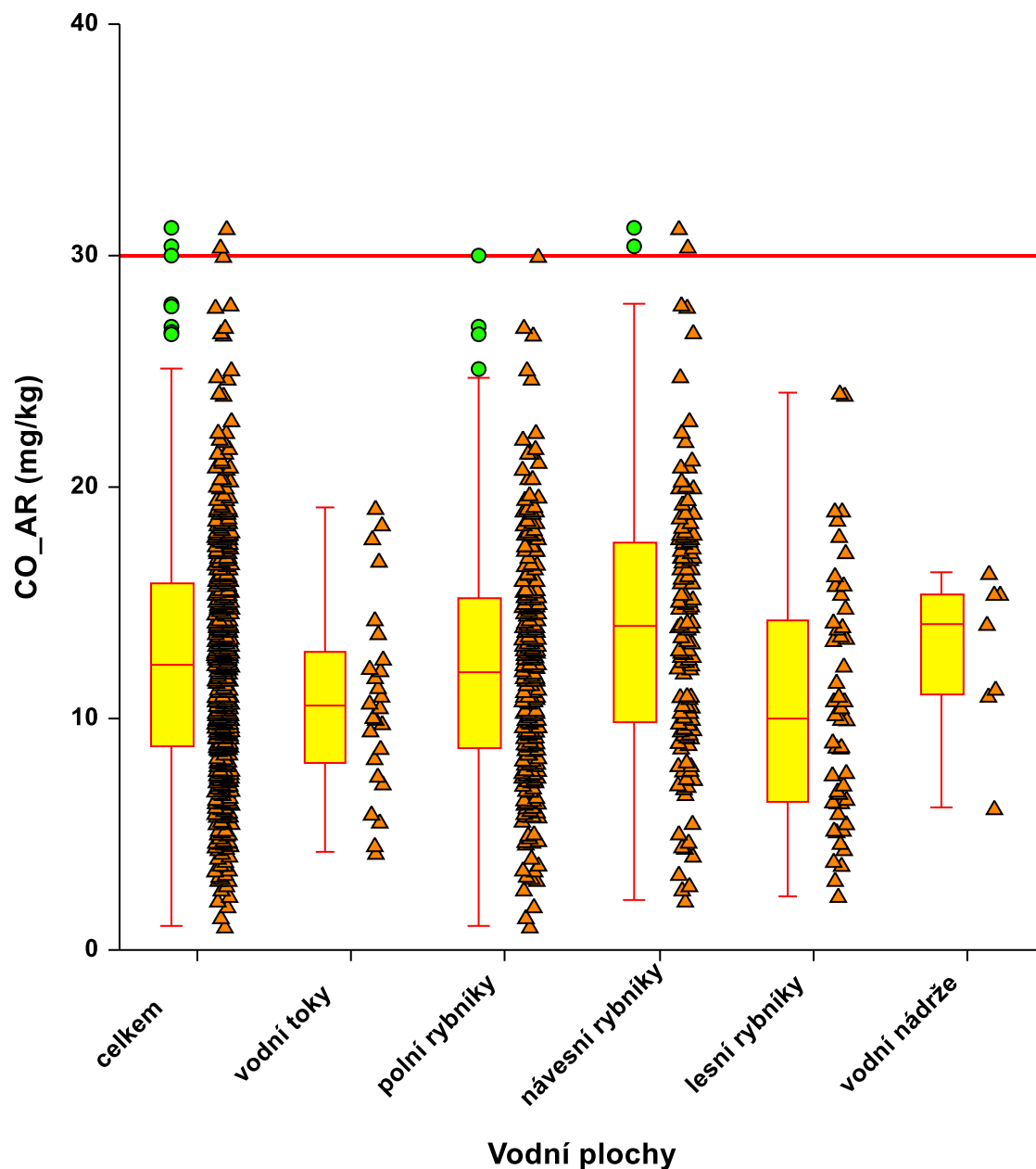
| Prvek                         | Sedimenty vodních ploch                     | Celkem       | Vodní toky | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|-------------------------------|---------------------------------------------|--------------|------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Co<br>( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) | Počet vzorků                                | 482          | 26         | 262           | 136             | 51            | 7            |
|                               | Průměr                                      | 12,8         | 11,1       | 12,4          | <b>14,5</b>     | 10,9          | 13,4         |
|                               | Min                                         | 1,03         | 4,51       | 1,03          | 2,15            | 2,37          | 6,27         |
|                               | Max                                         | 59,0         | 19,1       | 30,0          | 59,0            | 24,1          | 17,2         |
|                               | 0.10 perc.                                  | 5,95         | 5,78       | 6,01          | 7,37            | 4,76          | 9,23         |
|                               | 0.25 perc.                                  | 8,96         | 8,41       | 8,90          | 10,0            | 6,63          | 11,4         |
|                               | Medián                                      | 12,6         | 11,0       | 12,3          | 14,3            | 10,2          | <b>15,0</b>  |
|                               | 0.75 perc.                                  | 16,2         | 12,9       | 15,4          | 17,8            | 14,6          | 16,2         |
|                               | 0.90 perc.                                  | 19,2         | 17,7       | 19,0          | 20,4            | 18,4          | 16,8         |
|                               | Počet a procento překročení limitní hodnoty | 4<br>(0,8 %) | 0<br>(0 %) | 1<br>(0,4 %)  | 3<br>(2,2 %)    | 0<br>(0 %)    | 0<br>(0 %)   |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky velmi významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Rozdíly byly nejčastěji zjištěny mezi jednotlivými kategoriemi rybníků navzájem.

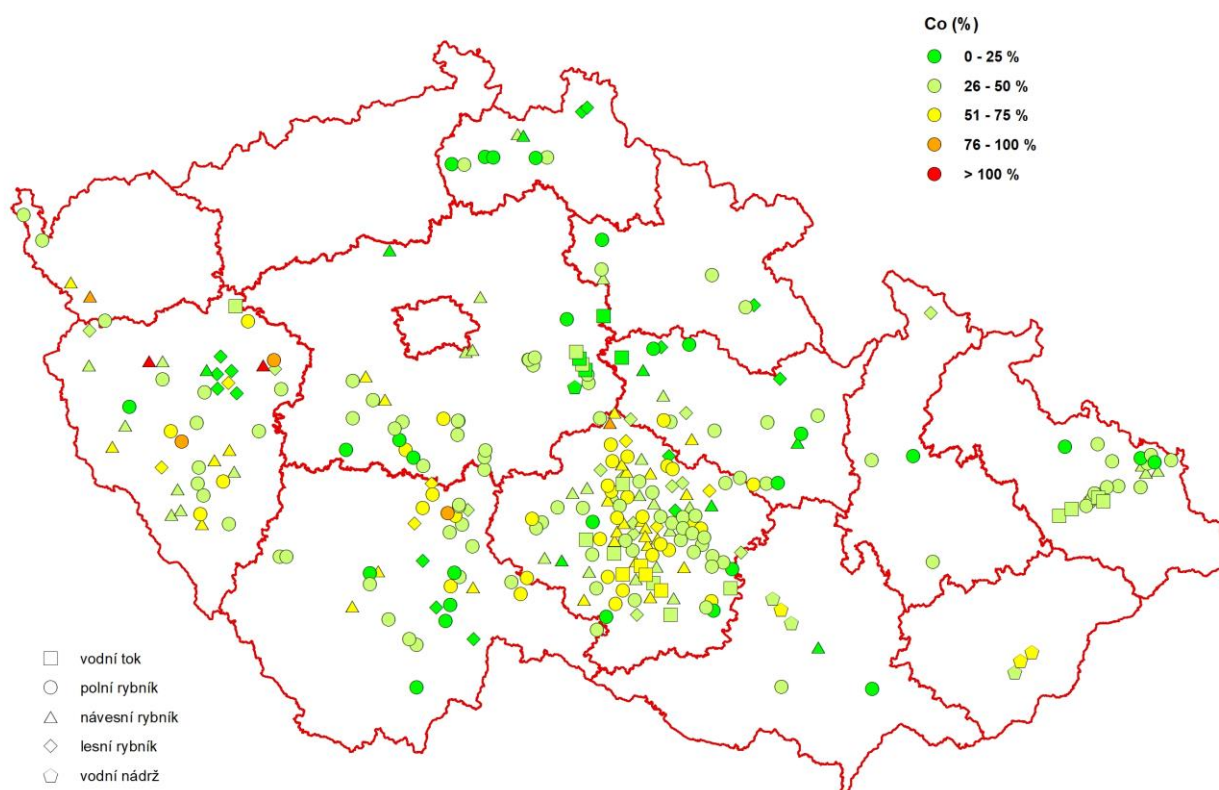
V grafu 7 je krabicový diagram se znázorněnými základními statistickými charakteristikami, s rozložením obsahů Co, jeho limitní hodnotou, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Mapa 3 vykresluje odběrová místa vzorků jednotlivých kategorií sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Co vzhledem k limitní hodnotě. Do mapy byly vybrány vzorky pouze z let 2006–2017, a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Z mapy lze vyčíst, že sedimenty s nejvyššími obsahy Co se nacházejí v Plzeňském kraji. Jedná se o dva návesní rybníky, u jednoho je nespíš příčina vysokého obsahu Co v antropogenní kontaminaci ze sousedící opravy automobilů. U druhého je původ neznámý.

Změny obsahů Co před a po aplikaci sledovaných sedimentů jsou zobrazeny v grafu 8 a v příloze 3, kde jsou uvedeny číselné hodnoty. Opět zde platí, že při aplikaci na lehké půdy by došlo ke zvýšení obsahů, hlavně při použití sedimentů jílovitohlinitých, zvýšení je o 20 %. Na běžných půdách je situace obdobná jako v případě Cd. Po aplikaci sledovaných sedimentů by došlo ke zvýšení obsahů zejména při použití sedimentu hlinitého, naopak sedimenty s texturou jílovitou snižují obsah Co v půdě. Jak pro lehké, tak i běžné půdy platí, že zvýšení obsahů Co nevede k překročení preventivní hodnoty pro zemědělské půdy uvedené ve vyhlášce č. 153/2016 Sb.

**Graf 7.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů a limitní hodnota pro Co podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (celkem i jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 4.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Co vzhledem k limitní hodnotě podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2006–2017)



**Graf 8.** Předpokládaná koncentrace Co v půdě před a po aplikaci sedimentu

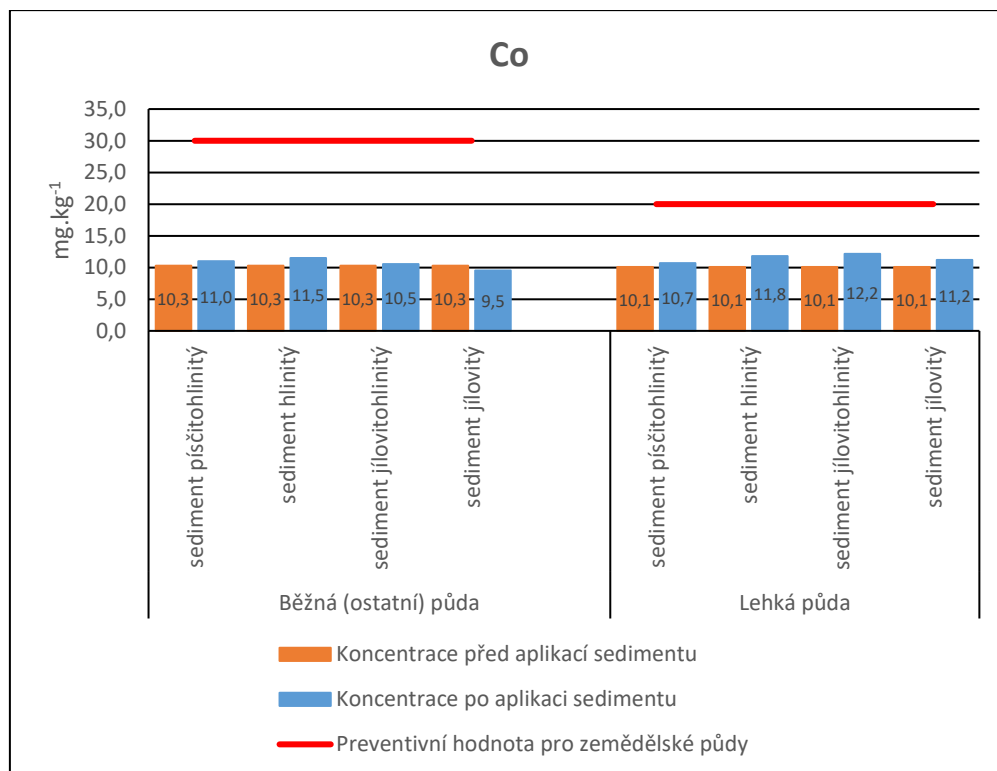


**Foto 3.** Vodní plocha – Rybník Dvorečák (kategorie návesní rybník, nejvyšší obsah Co, 2006–2017)



### 3.1.5 Cr – Chrom

Chrom (Cr) patří mezi skupinu prvků, které „středně“ často překračují svými obsahy limitní hodnotu ( $200 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). Zatím bylo zjištěno překročení u 0,6 % odebraných vzorků. Obsahy Cr se pohybují v rozmezí hodnot  $1,75\text{--}439 \text{ mg.kg}^{-1}$ , celkový průměrný obsah činí  $54,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ , jak ukazuje tabulka 6, ve které je představena základní statistika, počty vzorků a počty překročení limitních hodnot celkem a za jednotlivé kategorie vodních ploch. Limitní hodnota pro Cr byla překročena pouze ve čtyřech případech, a to u dvou polních rybníků a dvou návesních rybníků. U ostatních kategorií vodních ploch dosud tato hodnota nebyla překročena. Přestože vodní nádrže mají nejvyšší hodnoty mediánu, nikdy nepřekročily limitní hodnotu, v obsazích následují rybníky návesní, polní, vodní toky a lesní rybníky.

**Tabulka 6.** Základní statistika a počty překročení limitní hodnoty pro Cr podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (1995–2017)

| Prvek                         | Sedimenty vodních ploch                     | Celkem       | Vodní toky | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|-------------------------------|---------------------------------------------|--------------|------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Cr<br>( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) | Počet vzorků                                | 537          | 26         | 295           | 155             | 54            | 7            |
|                               | Průměr                                      | 54,2         | 52,9       | 53,1          | 58,2            | 47,2          | <b>68,9</b>  |
|                               | Min                                         | 1,75         | 13,3       | 1,75          | 6,00            | 4,52          | 28,5         |
|                               | Max                                         | 439          | 152        | 439           | 214             | 186           | 94,5         |
|                               | 0.10 perc.                                  | 20,5         | 18,4       | 21,2          | 20,0            | 19,7          | 36,6         |
|                               | 0.25 perc.                                  | 32,2         | 35,7       | 32,1          | 34,3            | 29,5          | 54,9         |
|                               | Medián                                      | 47,8         | 45,1       | 46,7          | 53,5            | 42,2          | <b>77,4</b>  |
|                               | 0.75 perc.                                  | 65,1         | 57,8       | 62,3          | 72,5            | 59,5          | 86,2         |
|                               | 0.90 perc.                                  | 90,7         | 100        | 89,1          | 93,8            | 77,0          | 89,8         |
|                               | Počet a procento překročení limitní hodnoty | 3<br>(0,6 %) | 0<br>(0 %) | 2<br>(0,7 %)  | 1<br>(0,6 %)    | 0<br>(0 %)    | 0<br>(0 %)   |

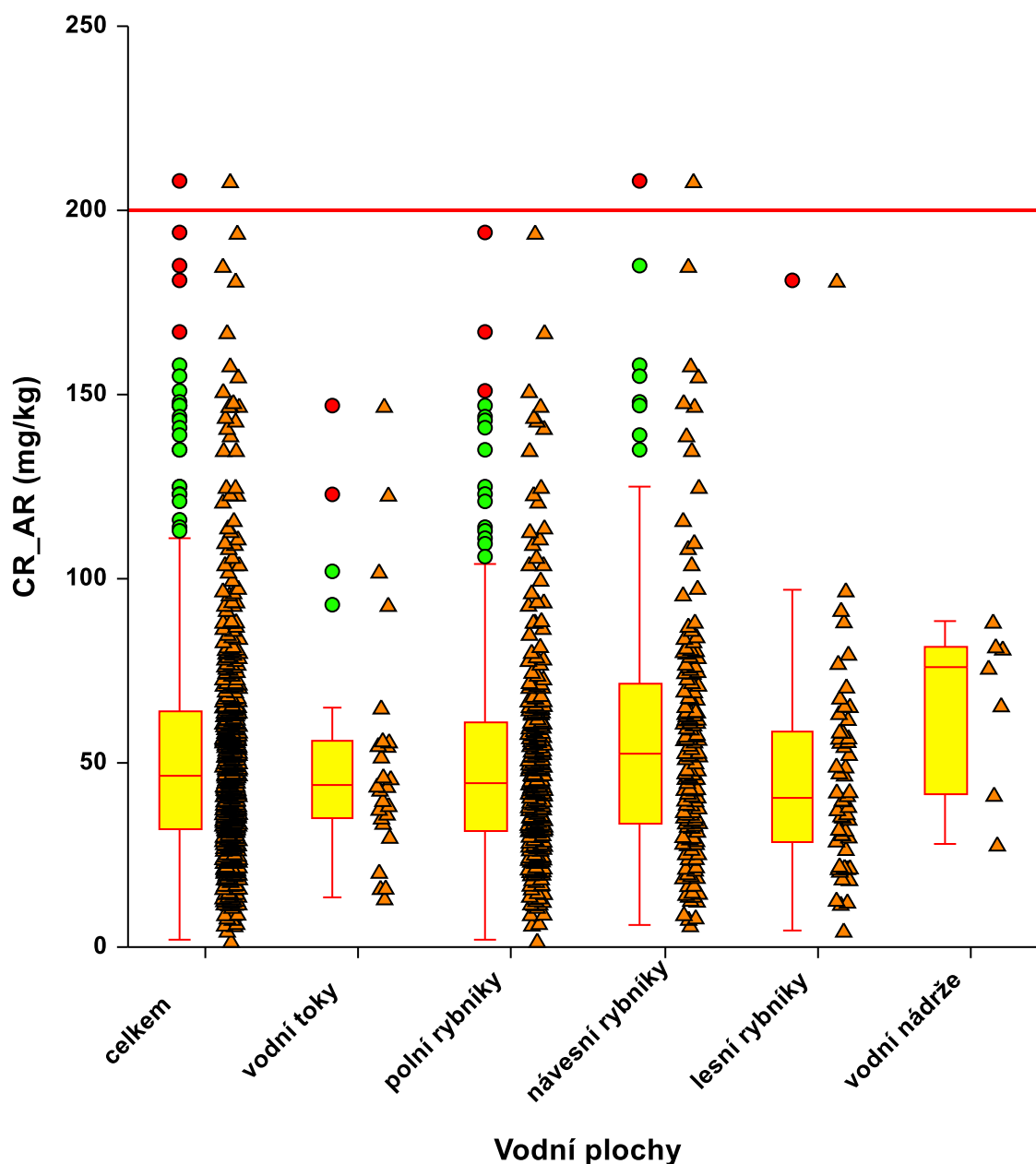
Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Byly nalezeny rozdíly zejména mezi rybníky a vodními nádržemi a mezi jednotlivými kategoriemi rybníků.

Grafické znázornění základních statistických charakteristik, s rozložením obsahů a limitní hodnoty pro Cr celkem i za jednotlivé kategorie zobrazuje graf 9. Mapa 5 ukazuje místa odběrů vzorků jednotlivých kategorií sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Cr vzhledem k limitní hodnotě. Do mapy byly vybrány vzorky pouze z let 2006–2017 a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Během tohoto období byly nalezeny pouze dva nadlimitní vzorky. Oba nadlimitní vzorky se našly v Kraji Vysočina, jeden v sedimentu rybníka polního poblíž Ždírcce nad Doubravou, který je kontaminovaný z okolních pozemků, na které se vyvážely mimo jiné i odpady z koželužny. Nedaleko je i plocha Bazálního monitoringu půd, která je zařazena v kontaminovaném subsystému, a jsou u ní detekovány vysoké obsahy Cr. Vysoké obsahy Cr v této oblasti indikují také vzorky z Registru kontaminovaných ploch. Druhý vzorek se našel v sedimentu návesního rybníka shodně v Kraji Vysočina patřícího do působnosti správní obce Brtnice.

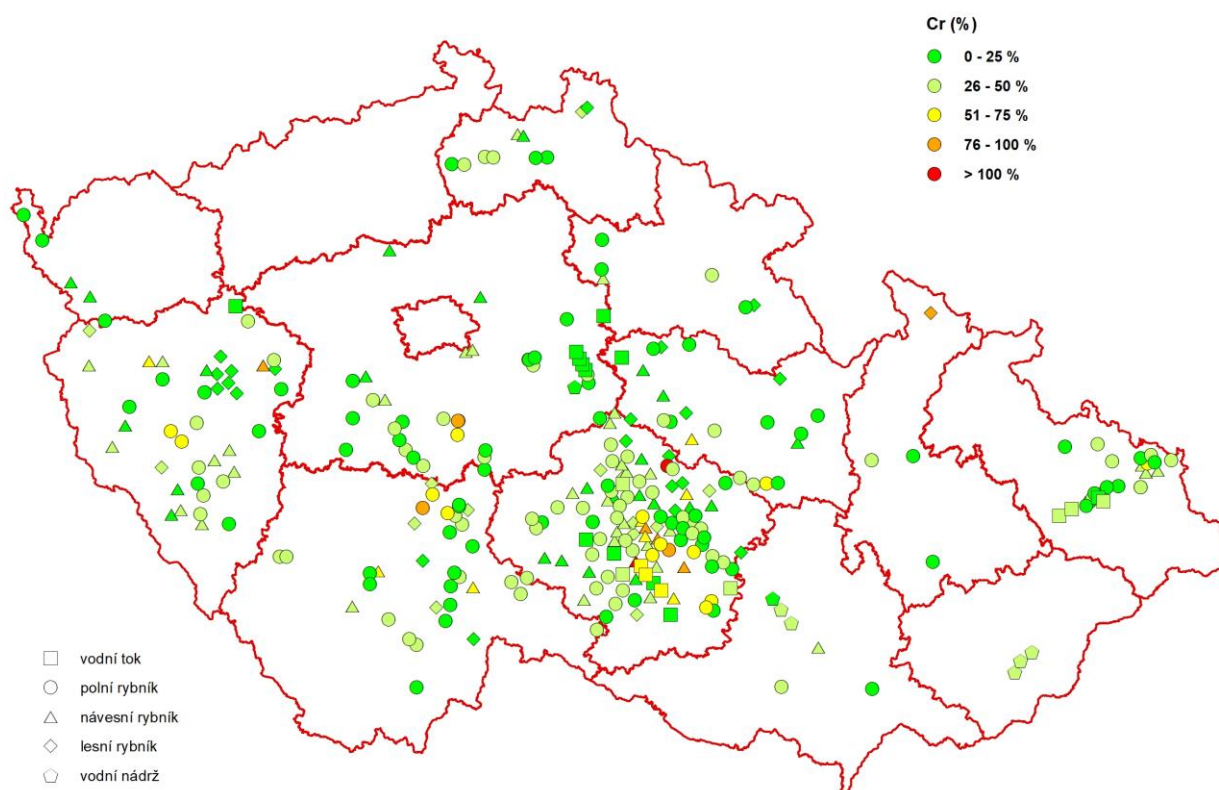
Změny obsahů Cr před a po aplikaci sledovaných sedimentů jsou ukázány v grafu 10, číselné hodnoty představuje příloha 3. Také zde by při aplikaci na lehké půdy došlo ke zvýšení obsahů Cr, zejména při použití sedimentů hlinitých. Na běžných půdách je situace obdobná jako v případě výše zmíněných prvků Cd a Co. Po aplikaci sledovaných sedimentů by došlo ke zvýšení obsahů zejména

při použití sedimentu hlinitého, naopak sedimenty s texturou jílovitou obsah Cr v půdě snižují. Jak pro lehké, tak i běžné půdy platí, že zvýšení obsahů Cr nevede k překročení preventivní hodnoty pro zemědělské půdy uvedené ve vyhlášce č. 153/2016 Sb.

**Graf 9.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů a limitní hodnota pro Cr podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (celkem i jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 5.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Cr vzhledem k limitní hodnotě podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2006–2017)



**Graf 10.** Předpokládaná koncentrace Cr v půdě před a po aplikaci sedimentu

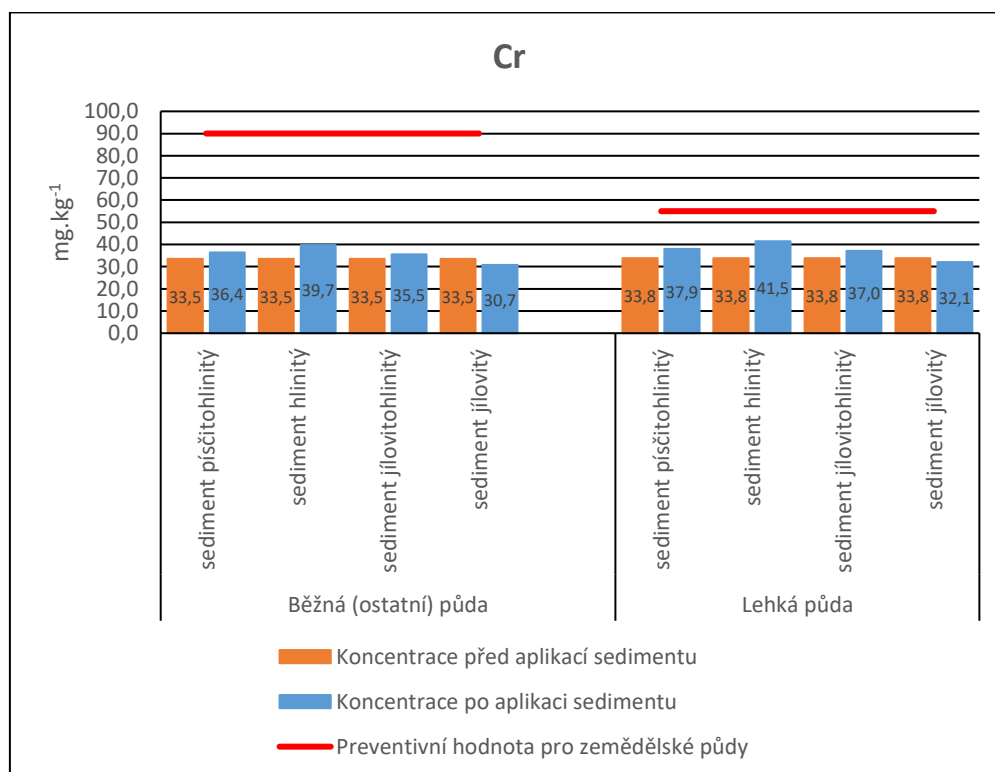


**Foto 4.** Vodní plocha – Pobočný rybník (kategorie polní rybník, nejvyšší obsah Cr, 2006–2017).



### 3.1.6 Cu – Měď

Měď (Cu) je rizikovým prvkem, jenž můžeme také zařadit do skupiny prvků „středně“ často překračujících limitní hodnotu ( $100 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) v odebraných vzorcích sedimentů. Z naší databáze vyplývá, že limitní hodnota je překročena v 0,8 % případů. Obsahy Cu se pohybují v rozmezí hodnot  $1,20\text{--}1250 \text{ mg.kg}^{-1}$ , celkový průměrný obsah činí  $30,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ , jak ukazuje tabulka 7. Z ní dále vyplývá, že nejvyšší mediánové obsahy Cu jsou ve vodních tocích s jedním vzorkem překračujícím limitní hodnotu, následují rybníky návesní, u kterých dva vzorky překročily limitní hodnotu, vodní nádrže a rybníky polní s jedním nadlimitním vzorkem a nejnižší obsahy mají lesní rybníky.

**Tabulka 7.** Základní statistika a počty překročení limitní hodnoty pro Cu podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (1995–2017)

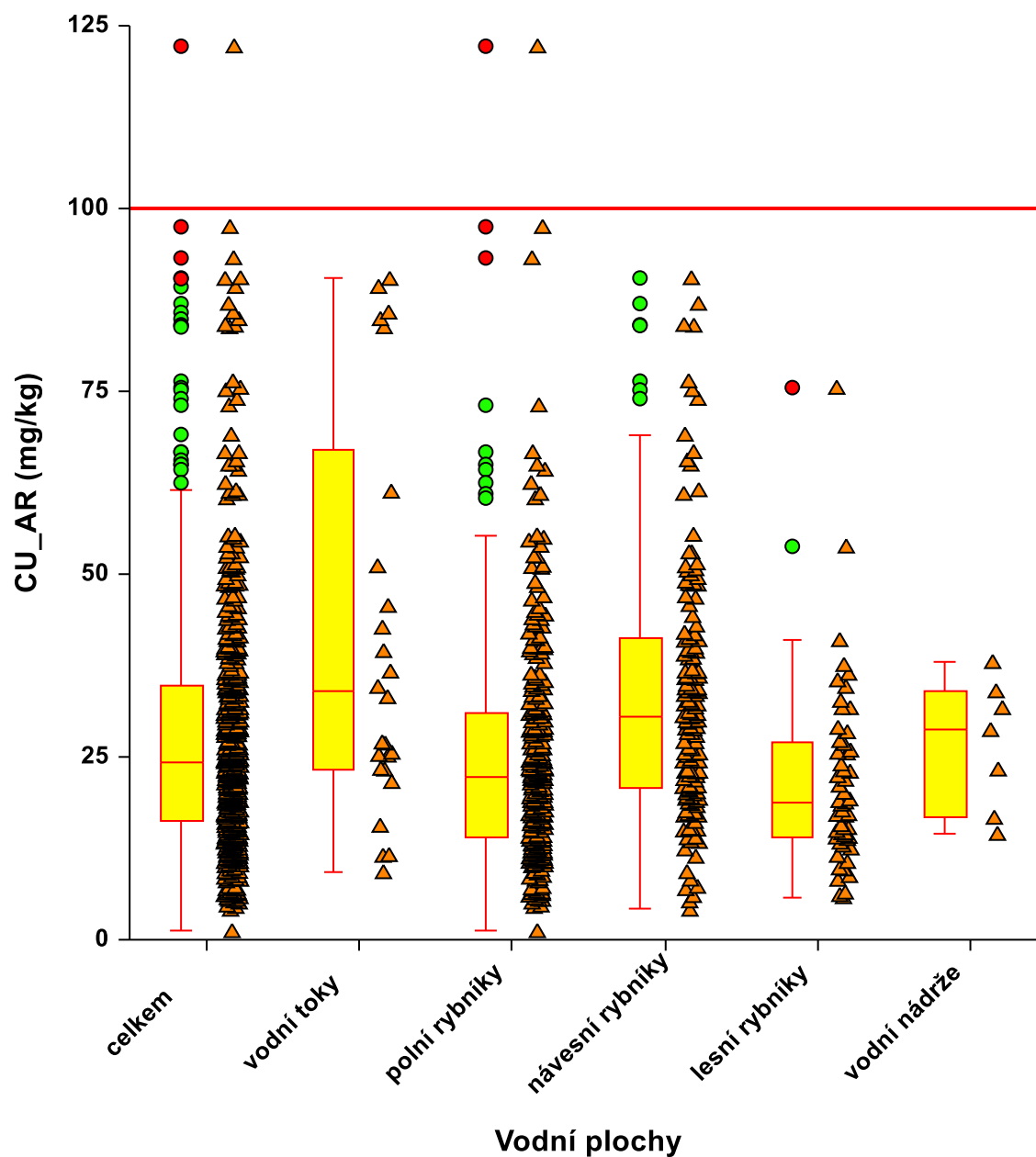
| Prvek                         | Sedimenty vodních ploch                     | Celkem       | Vodní toky   | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|-------------------------------|---------------------------------------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Cu<br>( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) | Počet vzorků                                | 535          | 26           | 293           | 155             | 54            | 7            |
|                               | Průměr                                      | 30,9         | <b>88,4</b>  | 25,2          | 35,1            | 21,9          | 27,9         |
|                               | Min                                         | 1,20         | 9,45         | 1,20          | 4,13            | 5,97          | 14,8         |
|                               | Max                                         | 1250         | 1250         | 122           | 162             | 75,5          | 39,2         |
|                               | 0.10 perc.                                  | 11,0         | 13,7         | 9,39          | 15,2            | 9,75          | 16,1         |
|                               | 0.25 perc.                                  | 16,3         | 24,0         | 13,8          | 21,0            | 14,5          | 20,4         |
|                               | Medián                                      | 24,5         | <b>35,3</b>  | 22,9          | 31,1            | 19,1          | 30,5         |
|                               | 0.75 perc.                                  | 35,8         | 60,6         | 31,6          | 41,3            | 26,8          | 34,9         |
|                               | 0.90 perc.                                  | 50,0         | 89,7         | 44,5          | 59,2            | 36,0          | 37,2         |
|                               | Počet a procento překročení limitní hodnoty | 4<br>(0,7 %) | 1<br>(3,8 %) | 1<br>(0,3 %)  | 2<br>(1,3 %)    | 0<br>(0 %)    | 0<br>(0 %)   |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky velmi významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Obsahy Cu ve vodních tocích a návesních rybnících jsou významně odlišné od obsahu Cu v polních a lesních rybnících.

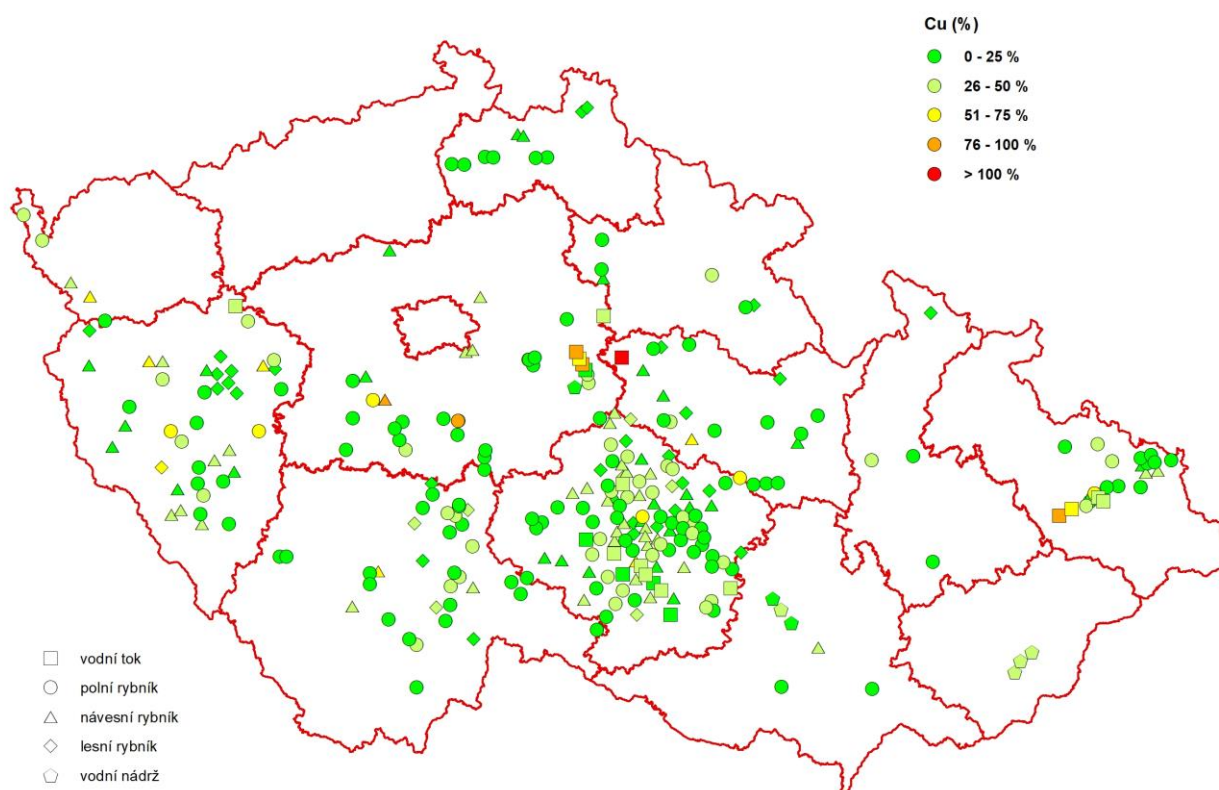
Graf 11 představuje krabicový diagram se zobrazením základních statistických charakteristik, rozložením obsahů Cu a jeho limitní hodnotu, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Mapa 6 vykresluje odběrová místa vzorků jednotlivých kategorií sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Cu vzhledem k limitní hodnotě. Do mapy byly vybrány vzorky pouze z let 2006–2017 a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Sedimenty s vyššími obsahy Cu jsou převážně v místech starých důlních činností, a to ve Středočeském kraji kolem Kutné Hory, Příbrami, a dále v sedimentech Moravskoslezského kraje, kde původ vyšších obsahů je neznámý. Jeden vysoce nadlimitní vzorek byl odebrán loňského roku na řece Labi v Pardubickém kraji, důvod tak vysokého obsahu nelze z dostupných údajů vysvětlit.

Při aplikaci sledovaných sedimentů (graf 12, příloha 3) se obsahy Cu v půdě zvýší vždy, pokud budou sedimenty aplikovány na lehké půdy, platí to zejména pro aplikaci sedimentů s texturou jílovitohlinitou, kde by předpokládané zvýšení mohlo být až 31%. Aplikací na běžné půdy se obsahy Cu také zvýší, kromě případu aplikace sedimentu jílovitého, kdy dojde k naředění obsahů Cu v půdě. Jak pro lehké, tak i běžné půdy platí, že zvýšení obsahů Cu nevede k překročení preventivní hodnoty pro zemědělské půdy uvedené ve vyhlášce č. 153/2016 Sb.

**Graf 11.** . Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů a limitní hodnota pro Cu podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (celkem i jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 6.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Cu vzhledem k limitní hodnotě podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2006–2017)



**Graf 12.** Předpokládaná koncentrace Cu v půdě před a po aplikaci sedimentu

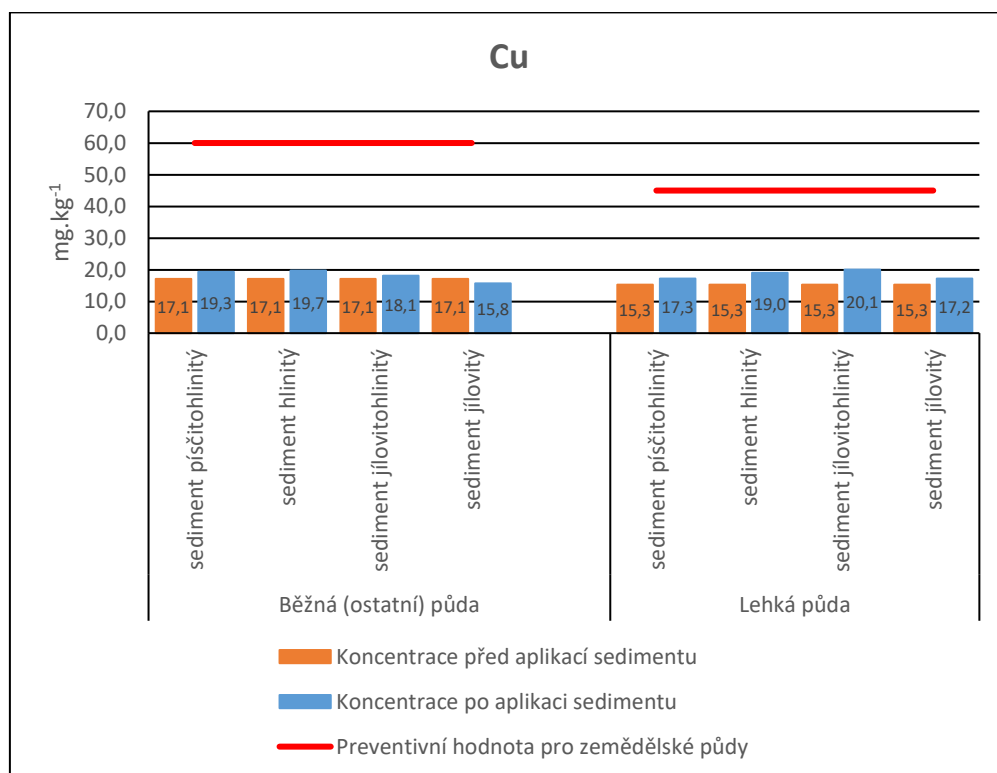
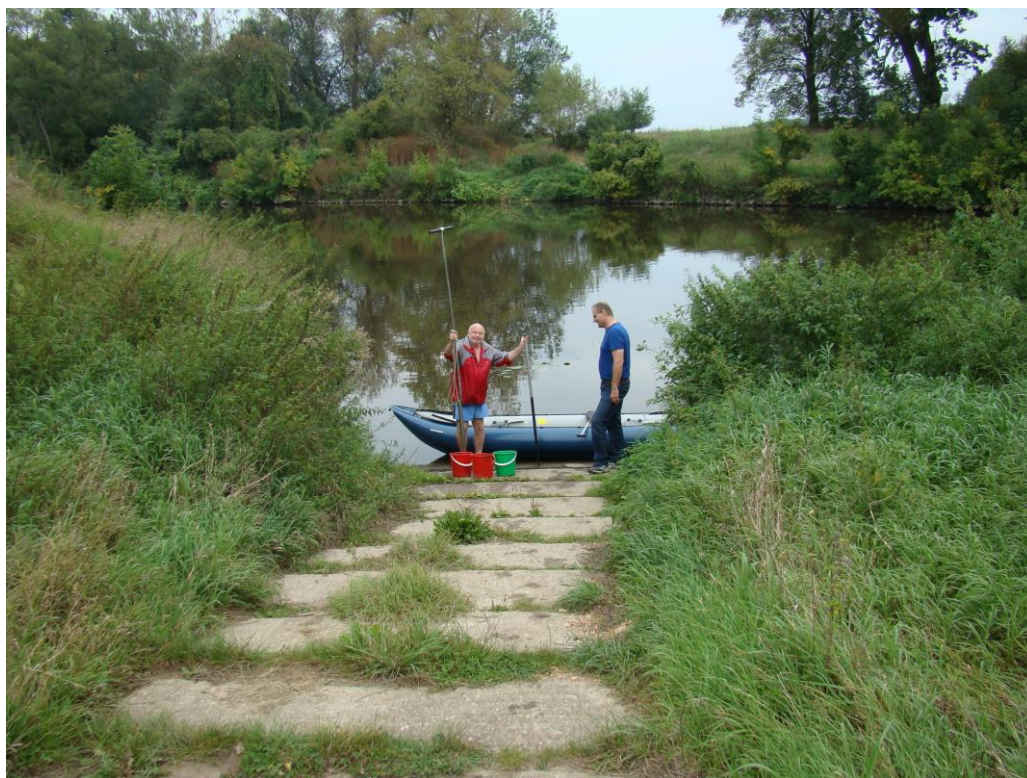


**Foto 5.** Vodní plocha – Labe (kategorie vodní tok, nejvyšší obsah Cu, 2006–2017)



### 3.1.7 Hg – Rtuť

Rtuť (Hg) překročila limitní hodnotu ( $0,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) ve vzorcích sedimentů v 0,6 % případů a můžeme ji zařadit do skupiny prvků se „středním“ výskytem překročení limitních hodnot. Obsahy Hg se pohybují v rozmezí hodnot  $0,005\text{--}1,850 \text{ mg.kg}^{-1}$ , celkový průměrný obsah činí  $0,129 \text{ mg.kg}^{-1}$  (tabulka 8). Ačkoliv se nejvyšší mediánové obsahy Hg nacházejí u vodních toků, nebyla u nich dosud v žádném vzorku překročena limitní hodnota, následují vodní nádrže taktéž bez překročení limitní hodnoty, rybníky návesní, u kterých tři vzorky překročily limitní hodnotu, dále rybníky lesní bez překročení limitní hodnoty a nejnižší hodnotu mediánu mají rybníky polní bez překročení limitní hodnoty.

**Tabulka 8.** Základní statistika a počty překročení limitní hodnoty pro Hg podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (1995–2017)

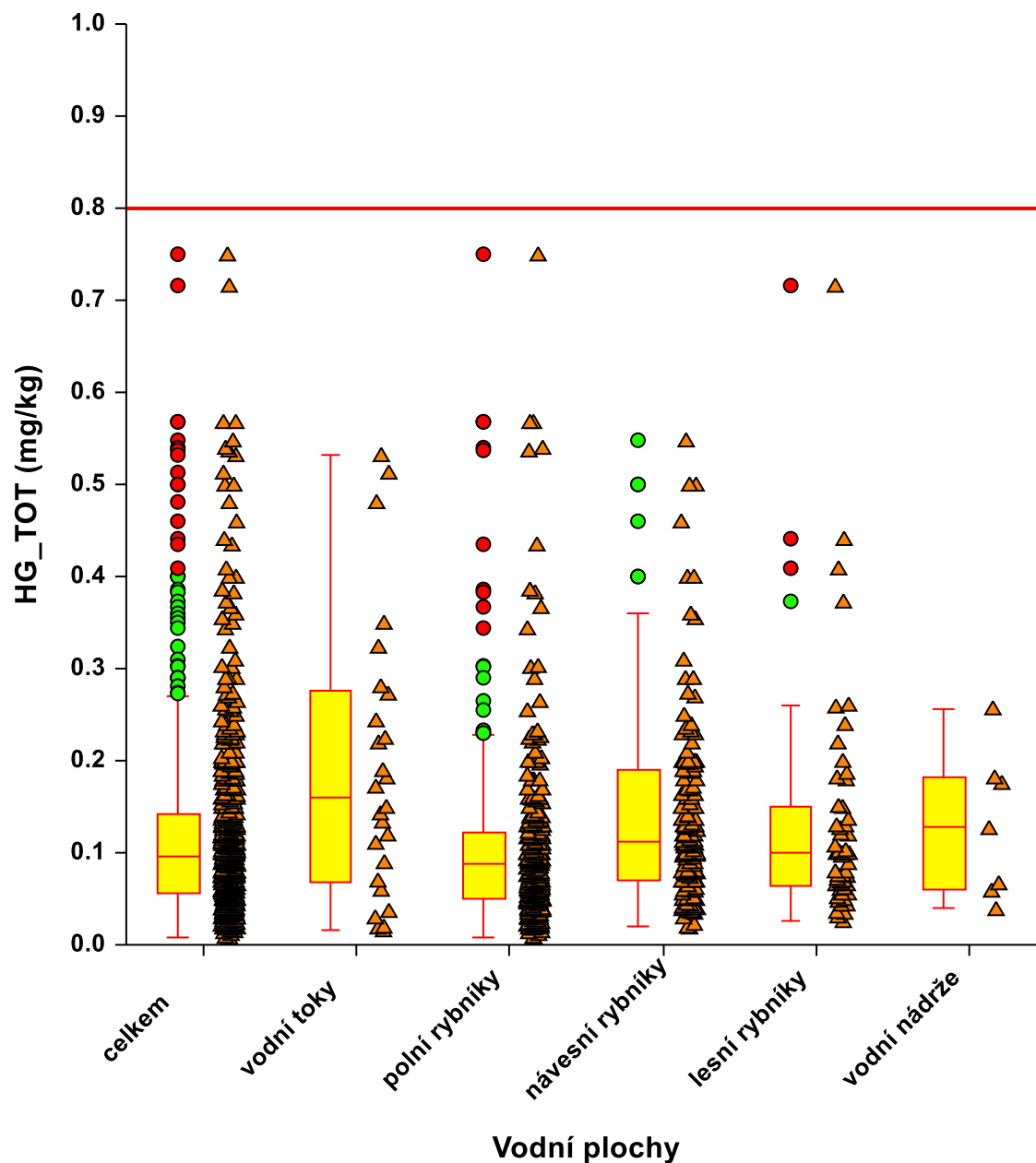
| Prvek                         | Sedimenty vodních ploch                     | Celkem       | Vodní toky   | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|-------------------------------|---------------------------------------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Hg<br>( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) | Počet vzorků                                | 539          | 26           | 294           | 158             | 54            | 7            |
|                               | Průměr                                      | 0,129        | <b>0,196</b> | 0,105         | 0,161           | 0,135         | 0,136        |
|                               | Min                                         | 0,005        | 0,016        | 0,005         | 0,019           | 0,026         | 0,040        |
|                               | Max                                         | 1,850        | 0,547        | 0,750         | 1,850           | 0,716         | 0,273        |
|                               | 0.10 perc.                                  | 0,037        | 0,025        | 0,030         | 0,045           | 0,046         | 0,052        |
|                               | 0.25 perc.                                  | 0,057        | 0,076        | 0,050         | 0,071           | 0,066         | 0,064        |
|                               | Medián                                      | 0,100        | <b>0,164</b> | 0,088         | 0,115           | 0,100         | 0,134        |
|                               | 0.75 perc.                                  | 0,145        | 0,276        | 0,125         | 0,188           | 0,148         | 0,189        |
|                               | 0.90 perc.                                  | 0,230        | 0,428        | 0,193         | 0,256           | 0,259         | 0,226        |
|                               | Počet a procento překročení limitní hodnoty | 3<br>(0,6 %) | 0<br>(0 %)   | 0<br>(0 %)    | 3<br>(1,9 %)    | 0<br>(0 %)    | 0<br>(0 %)   |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky velmi významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Rozdíly jsou mezi vodními toky a polními rybníky a mezi rybníky návesními a polními.

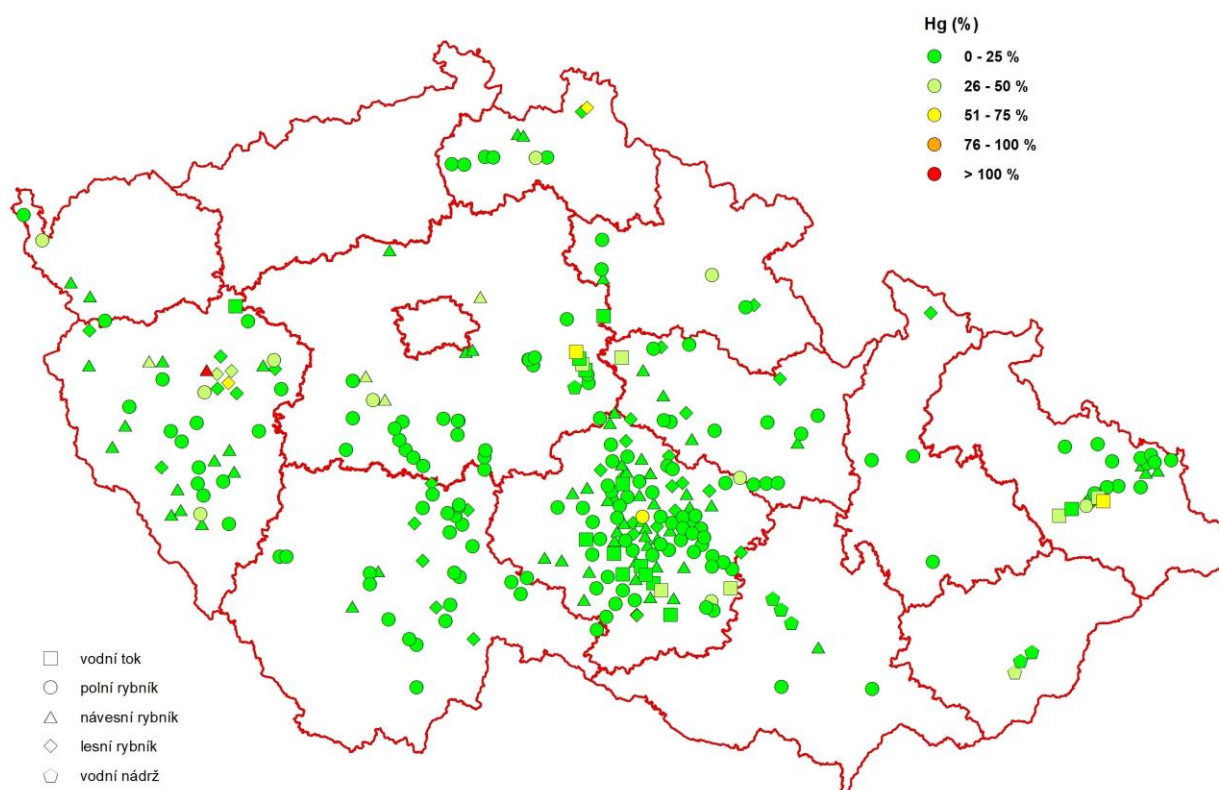
Krabicový diagram v grafu 13 znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů Hg a jeho limitní hodnotu, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Obsahy Hg v sedimentech jsou obecně nízké, jak je vidět z mapy 7. V období 2006–2017 pouze 1 vzorek překročil limitní hodnotu. Jedná se o vzorek z Plzeňského kraje, v příslušném katastrálním území se podle údajů z Registru kontaminovaných ploch nachází zvýšené obsahy Hg.

Při aplikaci sedimentu na lehkou zemědělskou půdu (graf 14, příloha 3) by došlo ke zvýšení obsahů Hg v půdě nejvíce při aplikaci sedimentu jílovitohlinitého, a to až o 22 %, taktéž navýšení obsahů hrozí i při aplikaci na běžné půdy vyjma aplikace sedimentu s texturou jílovitou, kde se projeví efekt naředění a obsahy se sníží. Jak pro lehké, tak i běžné půdy platí, že zvýšení obsahů Hg nevede k překročení preventivní hodnoty pro zemědělské půdy uvedené ve vyhlášce č. 153/2016 Sb. (graf 14).

**Graf 13.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů a limitní hodnota pro Hg podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (celkem i jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 7.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Hg vzhledem k limitní hodnotě podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2006–2017)



**Graf 14.** Předpokládaná koncentrace Hg v půdě před a po aplikaci sedimentu

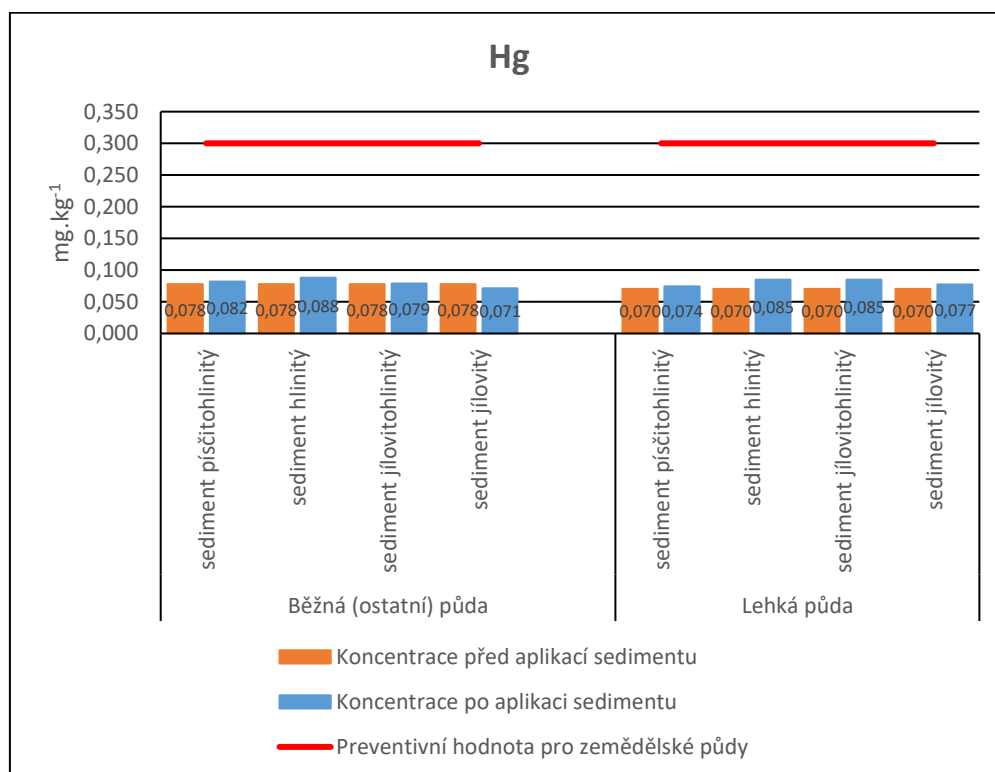


**Foto 6.** Vodní plocha – Dolní rybník (kategorie návesní rybník, nejvyšší obsah Hg, 2006–2017)



### 3.1.8 Ni – Nikl

Nikl (Ni) patří do skupiny prvků „středně“ často překračující limitní hodnoty pro sedimenty. Podle tabulky 9 Ni překročil limitní hodnotu ( $80 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) ve vzorcích sedimentů v 1,9 % případů. Obsahy Ni se pohybují v rozmezí hodnot  $1,15\text{--}452 \text{ mg.kg}^{-1}$ , celkový průměrný obsah činí  $34,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Nejvyšší mediánové obsahy Ni se nacházejí u vodních nádrží, u nichž zatím žádný vzorek nepřekročil limitní hodnotu, následují rybníky návesní s šesti vzorky překračujícími limitní hodnotu, pokračují vodní toky bez překročení, polní rybníky se čtyřmi překročeními a nejnižší obsahy Ni mají lesní rybníky bez překročení limitní hodnoty.

**Tabulka 9.** Základní statistika a počty překročení limitní hodnoty pro Ni podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (1995–2017)

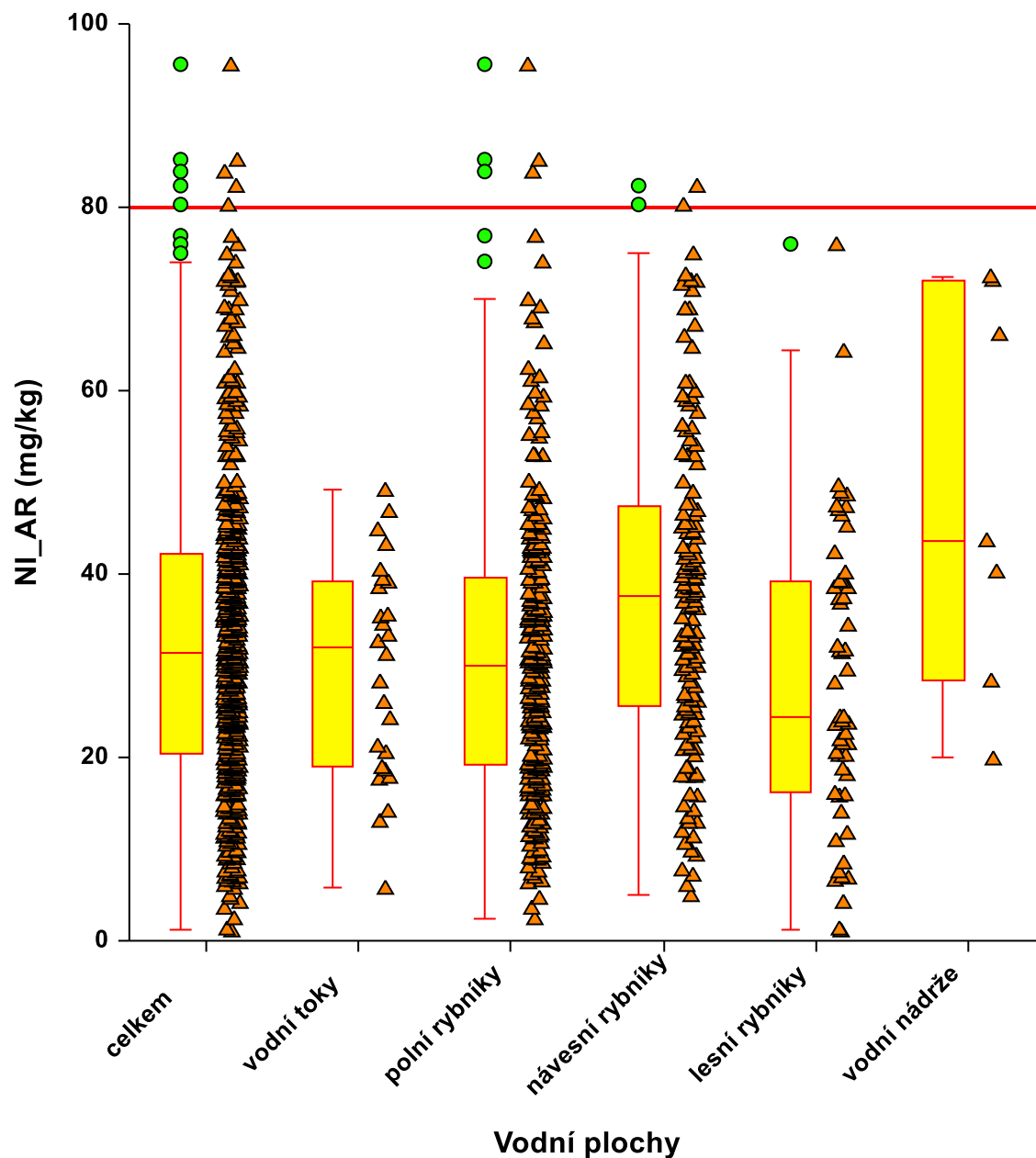
| Prvek                         | Sedimenty vodních ploch                     | Celkem        | Vodní toky | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|-------------------------------|---------------------------------------------|---------------|------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Ni<br>( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) | Počet vzorků                                | 534           | 26         | 292           | 155             | 54            | 7            |
|                               | Průměr                                      | 34,9          | 30,4       | 33,0          | 40,6            | 28,9          | <b>51,3</b>  |
|                               | Min                                         | 1,15          | 5,80       | 2,49          | 5,00            | 1,15          | 20,3         |
|                               | Max                                         | 452           | 51,3       | 452           | 180             | 78,3          | 77,1         |
|                               | 0.10 perc.                                  | 13,1          | 16,2       | 12,9          | 16,8            | 7,35          | 25,3         |
|                               | 0.25 perc.                                  | 21,0          | 19,5       | 19,4          | 26,3            | 17,0          | 34,9         |
|                               | Medián                                      | 32,1          | 32,7       | 30,5          | 38,3            | 26,5          | <b>45,1</b>  |
|                               | 0.75 perc.                                  | 42,9          | 40,0       | 40,3          | 47,9            | 39,6          | 73,5         |
|                               | 0.90 perc.                                  | 57,2          | 44,8       | 50,6          | 66,4            | 48,5          | 76,8         |
|                               | Počet a procento překročení limitní hodnoty | 10<br>(1,9 %) | 0<br>(0 %) | 4<br>(1,4 %)  | 6<br>(3,9 %)    | 0<br>(0 %)    | 0<br>(0 %)   |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky velmi významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Rozdíly byly zjištěny mezi všemi sledovanými kategoriemi vodních ploch. Návesní rybníky a vodní nádrže mají významně vyšší obsahy Ni než zbylé tři kategorie vodních ploch.

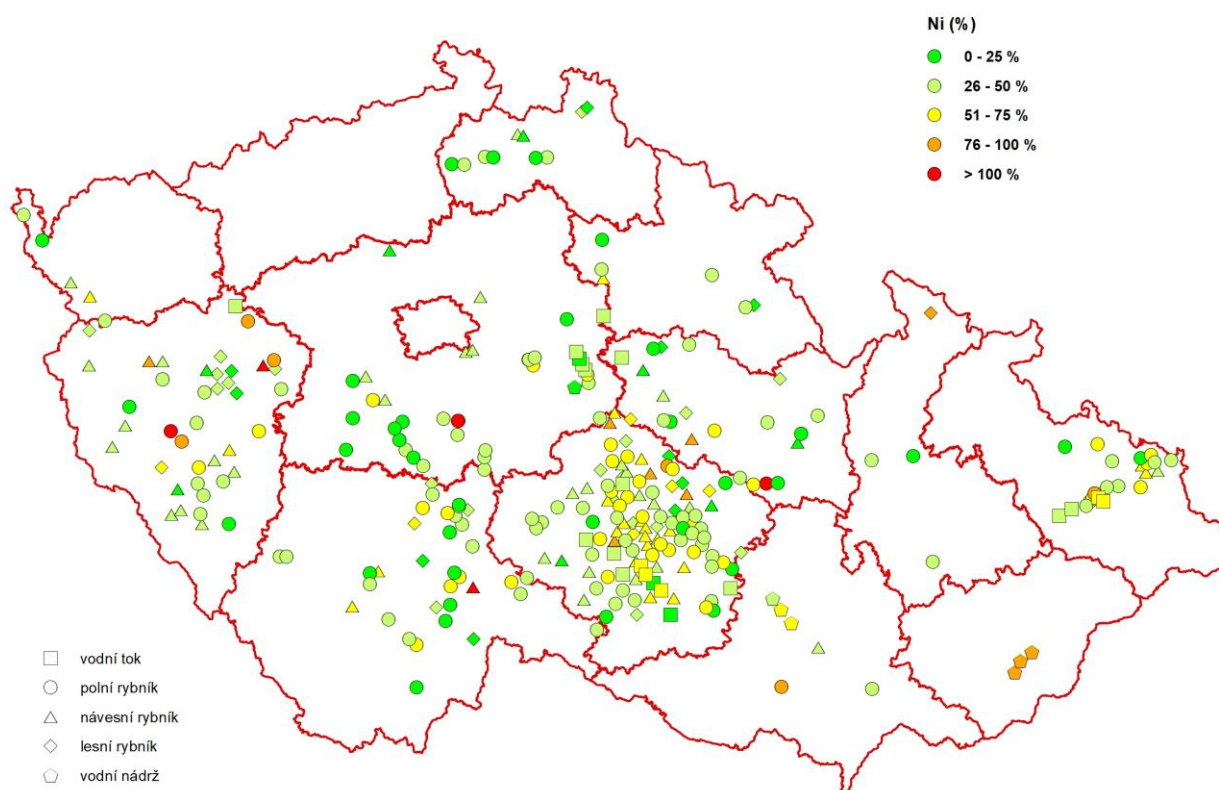
V grafu 15 je krabicový diagram znázorňující základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů Ni a jeho limitní hodnotu, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Z mapy 8 je patrné, že obsahy Ni se v období 2006–2017 většinou pohybují do poloviny limitní hodnoty a pouze 4 vzorky překročily limit. Dva jsou v Plzeňském kraji, a to polní rybník, u kterého nelze s jistotou určit původ nadlimitního obsahu Ni a návesní rybník, který má současně také nejvyšší hodnoty Co a pravděpodobně se jedná o antropogenní kontaminaci z blízkých dílen. Další nadlimitní vzorky pochází ze Středočeského a Pardubického kraje, oba jsou z polních rybníků a ani u jednoho z nich nelze pro nedostatek údajů odvodit původ vysokých obsahů Ni.

Aplikací sedimentů by, podle grafu 16 a přílohy 3, došlo vždy ke zvýšení obsahů Ni v půdě při využití na lehké půdy, zejména pokud by se aplikoval sediment s texturou jílovitohlinitou. V takovém případě by došlo ke zvýšení obsahu téměř o 32 %. U běžných půd by se obsahy nezvýšily jen v případě použití sedimentu jílovitého, u ostatních sedimentů by došlo k nárůstu obsahů Ni v půdě. Jak pro lehké, tak i běžné půdy platí, že zvýšení obsahů Ni nevede k překročení preventivní hodnoty pro zemědělské půdy uvedené ve vyhlášce č. 153/2016 Sb.

**Graf 15.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů a limitní hodnota pro Ni podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (celkem i jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 8.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Ni vzhledem k limitní hodnotě podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2006–2017)



**Graf 16.** Předpokládaná koncentrace Ni v půdě před a po aplikaci sedimentu

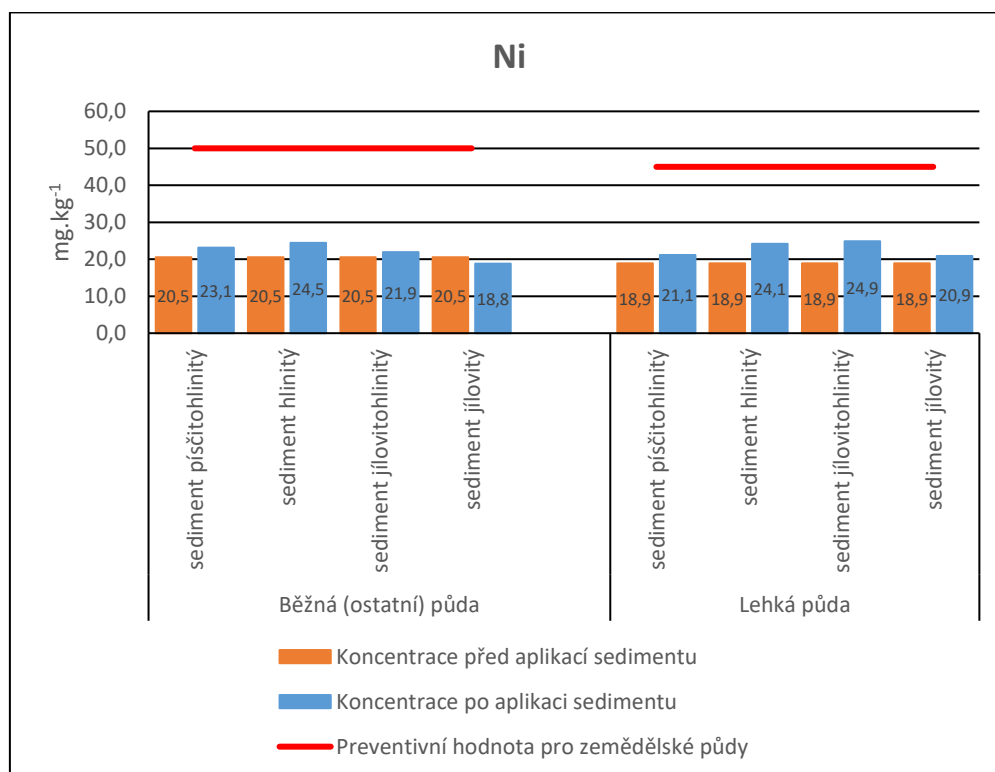


**Foto 7.** Vodní plocha – Dvorečák (kategorie návesní rybník, nejvyšší obsah Ni, 2006–2017)



### 3.1.9 Pb – Olovo

Olovo (Pb) patří spolu do skupiny kontaminantů „často“ překračujících limitní hodnotu ( $100 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). Limitní hodnota je u Pb překročena v 3,6 % případů. Obsahy Pb se pohybují v rozmezí hodnot 2,50–3350  $\text{mg.kg}^{-1}$ , celkový průměrný obsah činí 49,9  $\text{mg.kg}^{-1}$ . Návesní rybníky podle tabulky 10 dosahují nejvyšších průměrných obsahů, které činí 88,8  $\text{mg.kg}^{-1}$ . Nejvyšší hodnotu mediánu však mají vodní toky 43,3  $\text{mg.kg}^{-1}$  a je u nich zaznamenán jen jeden nadlimitní vzorek. V hodnotách mediánů následují rybníky návesní s osmi nadlimitními vzorky, rybníky lesní s žádným nadlimitním vzorkem, rybníky polní s desíti nadlimitními vzorky a nejnižší hodnotu mediánu mají vodní nádrže bez překročení limitní hodnoty.

**Tabulka 10.** Základní statistika a počty překročení limitní hodnoty pro Pb podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (1995–2017)

| Prvek                                | Sedimenty vodních ploch                     | Celkem        | Vodní toky   | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|--------------------------------------|---------------------------------------------|---------------|--------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| <b>Pb</b><br>( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) | Počet vzorků                                | 529           | 24           | 292           | 153             | 53            | 7            |
|                                      | Průměr                                      | 49,9          | 49,2         | 34,3          | <b>88,8</b>     | 27,3          | 21,7         |
|                                      | Min                                         | 2,50          | 6,50         | 2,50          | 4,60            | 8,62          | 15,6         |
|                                      | Max                                         | 3350          | 112          | 580           | 3350            | 66,7          | 35,0         |
|                                      | 0.10 perc.                                  | 12,2          | 18,9         | 9,87          | 14,5            | 14,5          | 15,9         |
|                                      | 0.25 perc.                                  | 18,8          | 27,4         | 17,0          | 22,9            | 19,6          | 16,2         |
|                                      | Medián                                      | 26,3          | <b>43,3</b>  | 24,0          | 31,4            | 24,4          | 16,5         |
|                                      | 0.75 perc.                                  | 38,1          | 59,9         | 35,0          | 40,3            | 31,1          | 26,4         |
|                                      | 0.90 perc.                                  | 58,2          | 95,0         | 54,5          | 66,7            | 45,3          | 32,2         |
|                                      | Počet a procento překročení limitní hodnoty | 19<br>(3,6 %) | 1<br>(4,2 %) | 10<br>(3,4 %) | 8<br>(5,2 %)    | 0<br>(0 %)    | 0<br>(0 %)   |

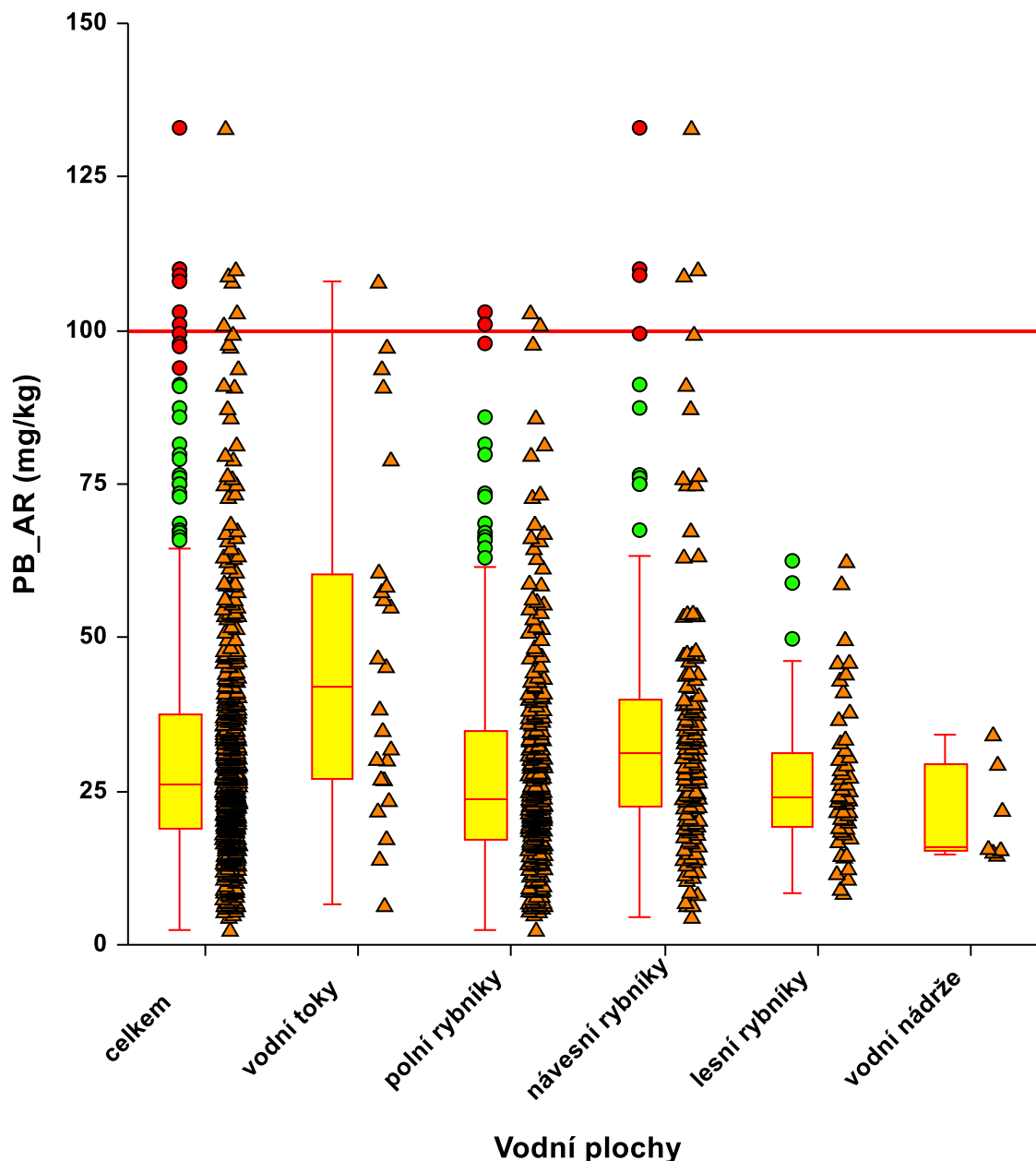
Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky velmi významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Rozdíly byly stanoveny pro všechny kategorie vodních ploch, zejména vodní toky a návesní rybníky mají vyšší obsahy Pb oproti zbývajícím kategoriím vodních ploch.

Krabicový diagram v grafu 17 znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů Pb a jeho limitní hodnotu, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Mapa 9 ukazuje místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Pb vzhledem k limitní hodnotě. Do mapy byly vybrány vzorky pouze z let 2006–2017 a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Lokalizace vzorků s vysokými obsahy Pb je částečně shodná s lokalizací vzorků s vysokým obsahem As a Cd. Jedná se především o místa v okolí starých důlních činností, jako je okolí Kutné Hory, Havlíčkovobrodsko nebo okolí Jihlavy. Jeden z nadlimitních vzorků byl odebrán v blízkosti Plzně, pro něj lze vysoké obsahy odvodit od nadlimitních obsahů v okolních půdách, které jsou evidovány v Registru kontaminovaných ploch akce záplavy, z toho lze odvodit, že zde možná došlo ke kontaminaci při záplavách v roce 2002. Další nadlimitní vzorek byl nalezen u Dobříše, kde se dá vysvětlení kontaminace nalézt v historii. V 16. století zde majitel panství nechal postavit hutě a hamry zpracovávající železnou rudu a v pozdějším období tu byla zřízena první válcovna železa v Čechách.

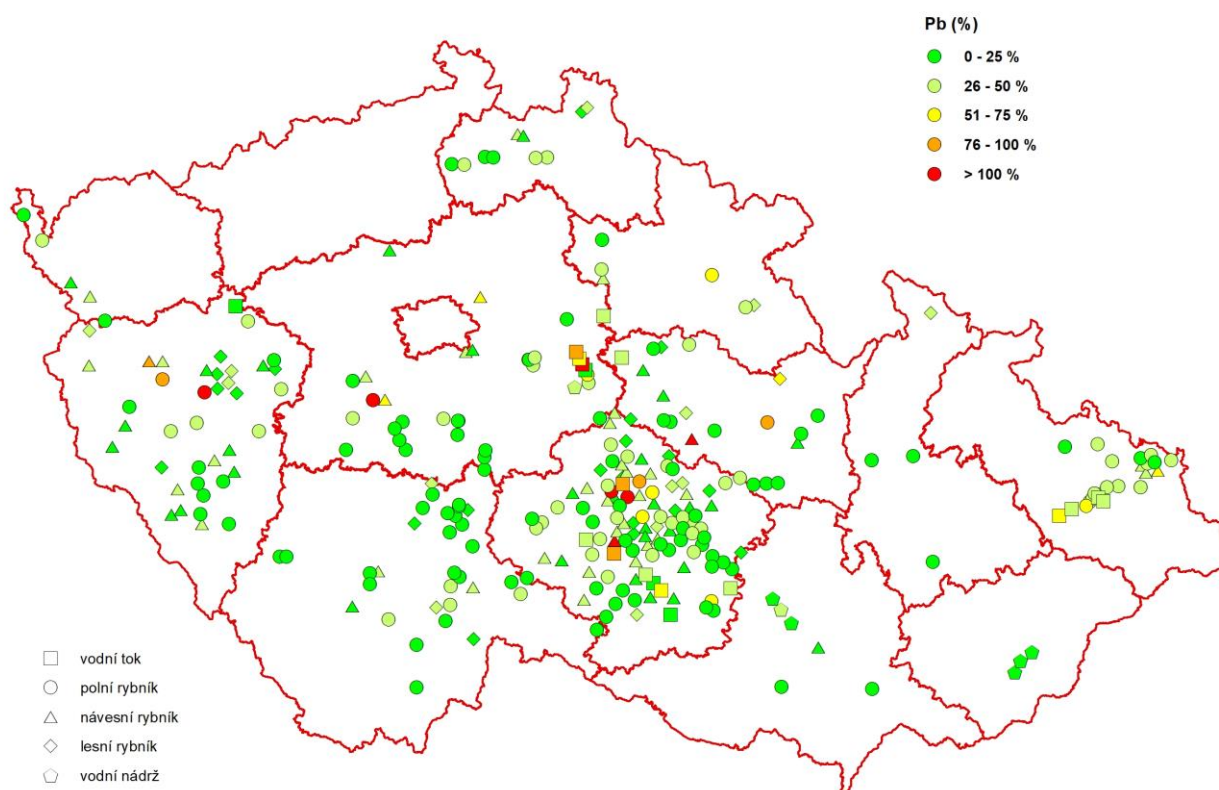
Jak ukazuje graf 18 a příloha 3 i v případě Pb hrozí při použití sedimentů na lehké půdy zvýšení jeho obsahu a opět nejvíce u textury jílovitohlinité, zvýšení by bylo o 20 %. Na běžných půdách by

nedošlo ke zvýšení obsahu Pb jen v případě sedimentu jílovitého, ostatní textury sedimentu obsah Pb v běžné půdě zvyšují. Jak pro lehké, tak i běžné půdy platí, že zvýšení obsahů Pb nevede k překročení preventivní hodnoty pro zemědělské půdy uvedené ve vyhlášce č. 153/2016 Sb.

**Graf 17.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů a limitní hodnota pro Pb podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (celkem i jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 9.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Pb vzhledem k limitní hodnotě podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2006–2017)



**Graf 18.** Předpokládaná koncentrace Pb v půdě před a po aplikaci sedimentu

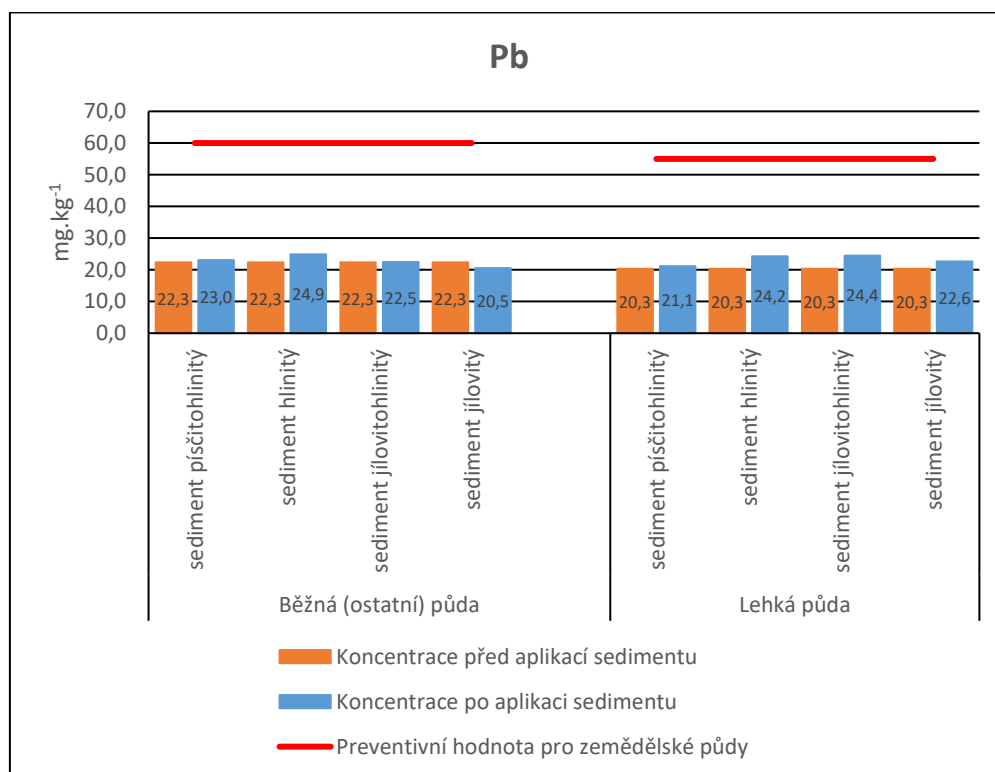


**Foto 8.** Vodní plocha – Nádražní rybník (kategorie polní rybník, nejvyšší obsah Pb, 2006–2017)



### 3.1.10 V – Vanad

Vanad (V) je jediným prvkem, který doposud nepřekročil limitní hodnotu ( $180 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) a může být zařazen do skupiny prvků „ojediněle“ překračujících limitní hodnotu. Obsahy V se pohybují v rozmezí hodnot  $4,00\text{--}163 \text{ mg.kg}^{-1}$ , celkový průměrný obsah činí  $50,2 \text{ mg.kg}^{-1}$  (tabulka 11). Nejvyšší hodnoty mediánu dosahují návesní rybníky po nich následují vodní nádrže těsně sledované rybníky polními, lesními a nejnižší medián mají vodní toky.

**Tabulka 11.** Základní statistika a počty překročení limitní hodnoty pro V podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (1995–2017)

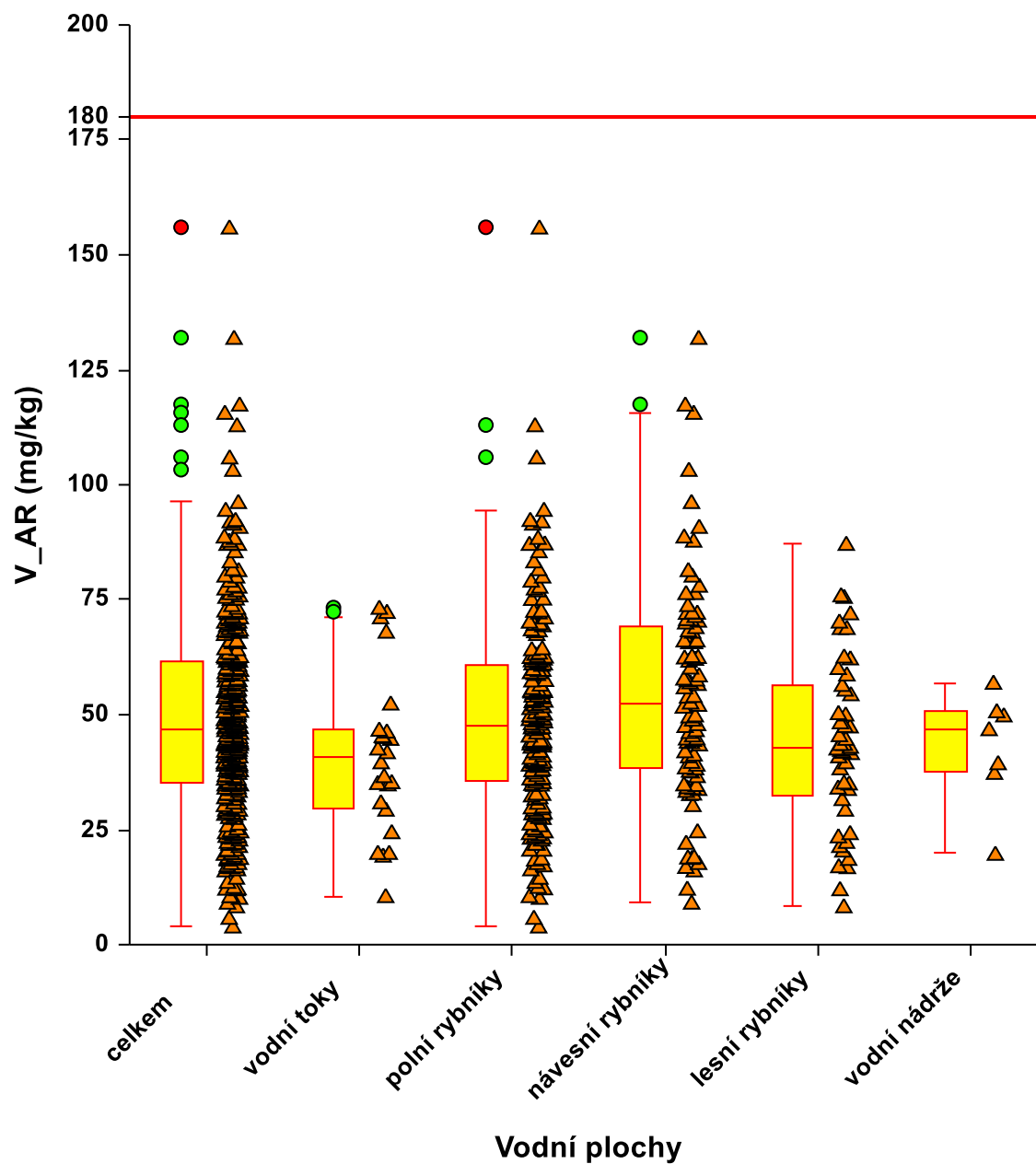
| Prvek                        | Sedimenty vodních ploch                     | Celkem     | Vodní toky | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|------------------------------|---------------------------------------------|------------|------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| V<br>( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) | Počet vzorků                                | 380        | 24         | 210           | 91              | 48            | 7            |
|                              | Průměr                                      | 50,2       | 42,1       | 50,3          | <b>55,4</b>     | 44,9          | 44,9         |
|                              | Min                                         | 4,00       | 10,7       | 4,00          | 9,22            | 8,45          | 20,2         |
|                              | Max                                         | 163        | 74,6       | 163           | 137             | 91,0          | 58,8         |
|                              | 0.10 perc.                                  | 22,6       | 20,1       | 23,9          | 25,3            | 20,5          | 30,8         |
|                              | 0.25 perc.                                  | 36,3       | 31,6       | 36,5          | 39,6            | 34,0          | 39,1         |
|                              | Medián                                      | 48,2       | 41,6       | 49,6          | <b>52,8</b>     | 44,4          | 49,8         |
|                              | 0.75 perc.                                  | 62,9       | 48,3       | 62,3          | 70,6            | 57,8          | 53,6         |
|                              | 0.90 perc.                                  | 75,7       | 71,3       | 75,3          | 82,2            | 71,3          | 56,2         |
|                              | Počet a procento překročení limitní hodnoty | 0<br>(0 %) | 0<br>(0 %) | 0<br>(0 %)    | 0<br>(0 %)      | 0<br>(0 %)    | 0<br>(0 %)   |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Rozdíly se našly pro vodní toky, návesní rybníky a lesní rybníky.

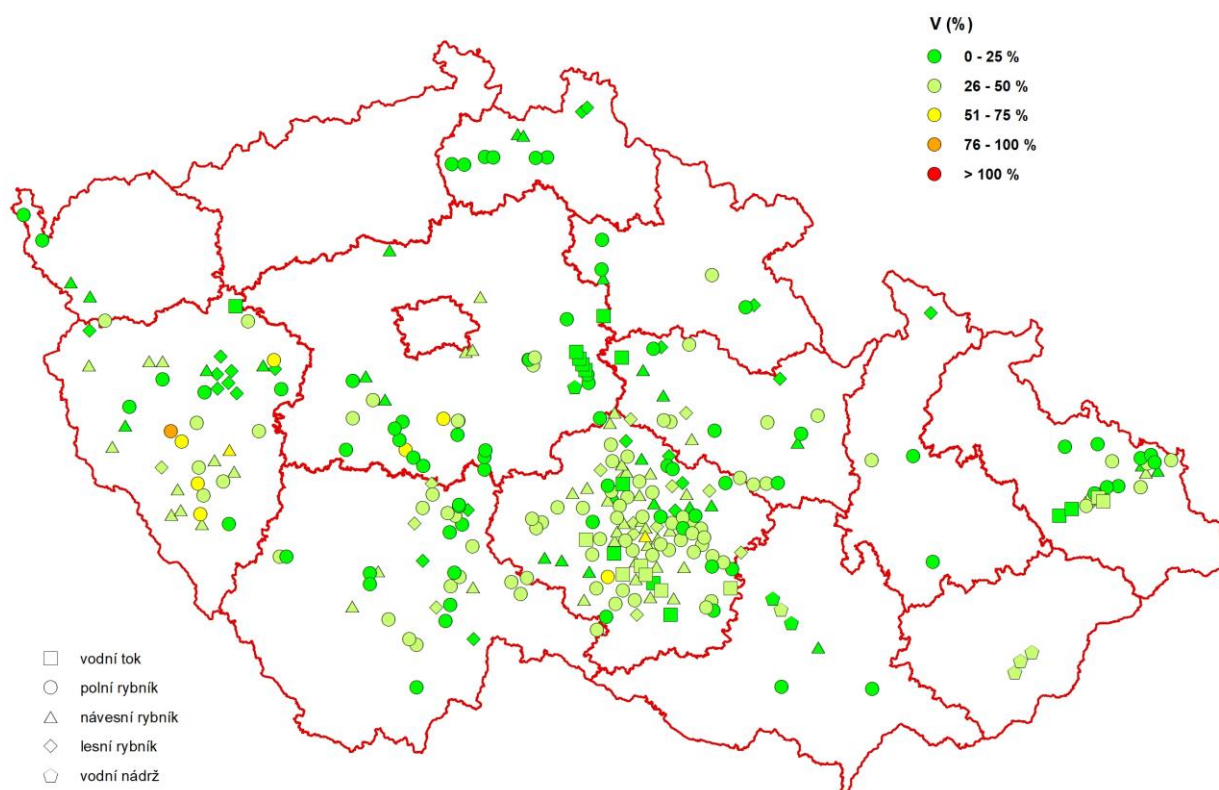
V grafu 19 je krabicový diagram znázorňující základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů V a jeho limitní hodnotu, a to celkem i za jednotlivé kategorie. V mapě 10 jsou vyobrazeny místa odběrů vzorků jednotlivých kategorií sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů V vzhledem k limitní hodnotě. Do mapy byly vybrány vzorky pouze z let 2006–2017, a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Z mapy lze vyčíst, že vyšší obsahy V se nalézají v Plzeňském kraji, ze kterého pochází i sediment polního rybníka s nejvyšším obsahem V.

Podle grafu 20 a přílohy 3 hrozí zvýšení obsahu V po aplikaci sedimentů na zemědělskou půdu opět při aplikaci na lehké půdy, a to zejména pokud by to byly sedimenty hlinité; zvýšení by bylo téměř o 17 %. Při aplikaci na běžné půdy dojde ke zvýšení obsahů V opět pro sedimenty s texturou hlinitou (11,3 %), naopak jílovité sedimenty obsahy snižují. Jak pro lehké, tak i běžné půdy platí, že zvýšení obsahů V nevede k překročení preventivní hodnoty pro zemědělské půdy uvedené ve vyhlášce č. 153/2016 Sb.

**Graf 19.** . Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů a limitní hodnota pro V podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (celkem i jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 10.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů V vzhledem k limitní hodnotě podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2006–2017)



**Graf 20.** Předpokládaná koncentrace V v půdě před a po aplikaci sedimentu

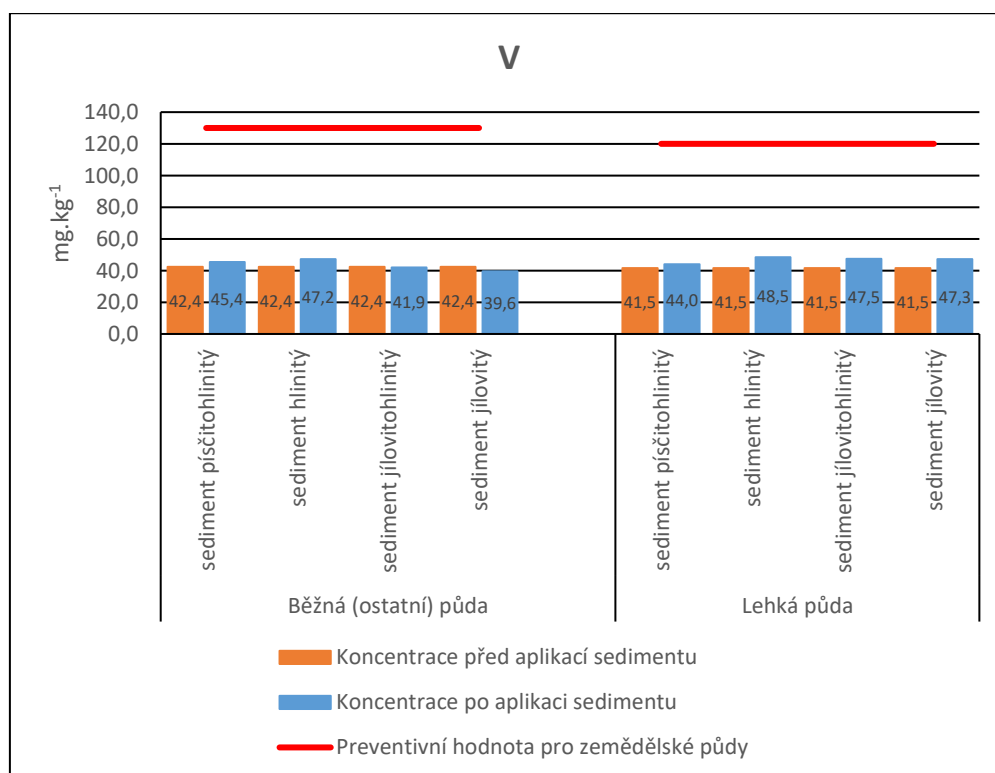


**Foto 9.** Vodní plocha – Obecní rybník (kategorie polní rybník, nejvyšší obsah V, 2006–2017)



### 3.1.11 Zn – Zinek

Čtvrtým rizikovým prvkem, který překračuje limitní hodnotu ( $300 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) ve více než 3 % případů, je zinek (Zn). Z databáze vyplývá, že Zn překračuje limitní hodnotu ve vzorcích sedimentů v 8,2 % případů. Obsahy Zn se pohybují v rozmezí hodnot  $8,15\text{--}1630 \text{ mg.kg}^{-1}$ , celkový průměrný obsah činí  $149 \text{ mg.kg}^{-1}$  (tabulka 12). Nejvyšší mediánové obsahy Zn jsou zaznamenány u vodních toků s pěti vzorky překračujícími limitní hodnotu, následují rybníky návesní s 21 nadlimitními vzorky, dále pak polní rybníky s 16 nadlimitními vzorky, dále následují rybníky lesní s jedním nadlimitním vzorkem a nejnižší hodnoty mediánu mají vodní nádrže, které jsou zatím bez překročení limitní hodnoty ve vzorcích.

**Tabulka 12.** Základní statistika a počty překročení limitní hodnoty pro Zn podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (1995–2017)

| Prvek                         | Sedimenty vodních ploch                     | Celkem        | Vodní toky    | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|-------------------------------|---------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Zn<br>( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) | Počet vzorků                                | 537           | 26            | 295           | 155             | 54            | 7            |
|                               | Průměr                                      | 149           | <b>231</b>    | 124           | 203             | 103           | 103          |
|                               | Min                                         | 8,15          | 40,7          | 8,15          | 19,0            | 28,8          | 59,5         |
|                               | Max                                         | 1630          | 673           | 730           | 1630            | 526           | 201          |
|                               | 0.10 perc.                                  | 49,8          | 78,0          | 45,6          | 70,2            | 33,6          | 66,8         |
|                               | 0.25 perc.                                  | 75,5          | 125           | 66,8          | 103             | 61,7          | 75,2         |
|                               | Medián                                      | 113           | <b>199</b>    | 102           | 145             | 94,4          | 84,4         |
|                               | 0.75 perc.                                  | 169           | 245           | 148           | 213             | 125           | 113          |
|                               | 0.90 perc.                                  | 263           | 444           | 207           | 351             | 162           | 166          |
|                               | Počet a procento překročení limitní hodnoty | 43<br>(8,0 %) | 5<br>(19,2 %) | 16<br>(5,4%)  | 21<br>(13,5 %)  | 1<br>(1,9 %)  | 0<br>(0 %)   |

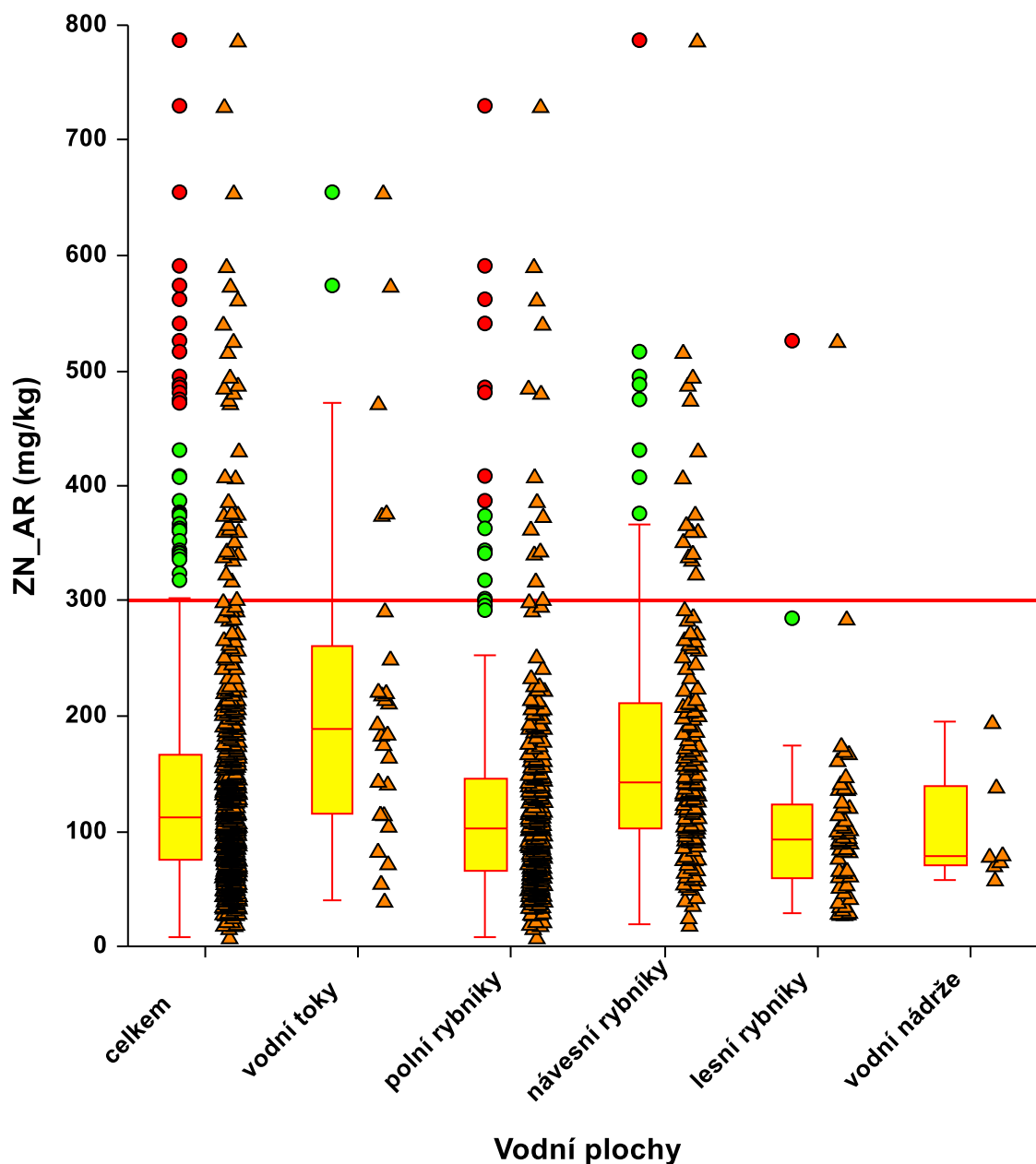
Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky velmi významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Rozdíly byly zjištěny mezi všemi sledovanými kategoriemi vodních ploch. Vyšší obsahy Zn se nacházejí u vodních toků a návesních rybníků v porovnání s rybníky polními, lesními a vodními nádržemi.

Krabicový diagram v grafu 21 znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů Zn a jeho limitní hodnotu, a to celkem i za jednotlivé kategorie. V mapě 11 jsou znázorněny místa odběrů vzorků jednotlivých kategorií sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Zn vzhledem k limitní hodnotě. Do mapy byly vybrány vzorky pouze z let 2006–2017, a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Vysoké obsahy Zn jsou zaznamenány podobně jako u As, Cd a Pb v místech s bývalou důlní činností – na Kutnohorsku. Dva vzorky v Moravskoslezském kraji pochází ze stejného místa vzdáleny od sebe časově 6 let. Při druhém odběru po spuštění místní ČOV bylo zjištěno snížení o 20 %, přesto byl obsah Zn stále nadlimitní. Vysoké obsahy Zn u dvou sedimentů z okolí Havlíčkova Brodu zřejmě souvisí s vysokými obsahy Zn v půdě v okolí. U většiny nadlimitních vzorků však nemáme pro jejich vysoké obsahy uspokojivé vysvětlení. U kategorie návesních rybníků můžeme pouze spekulovat, že u nich došlo k nějaké kontaminaci z místních zdrojů.

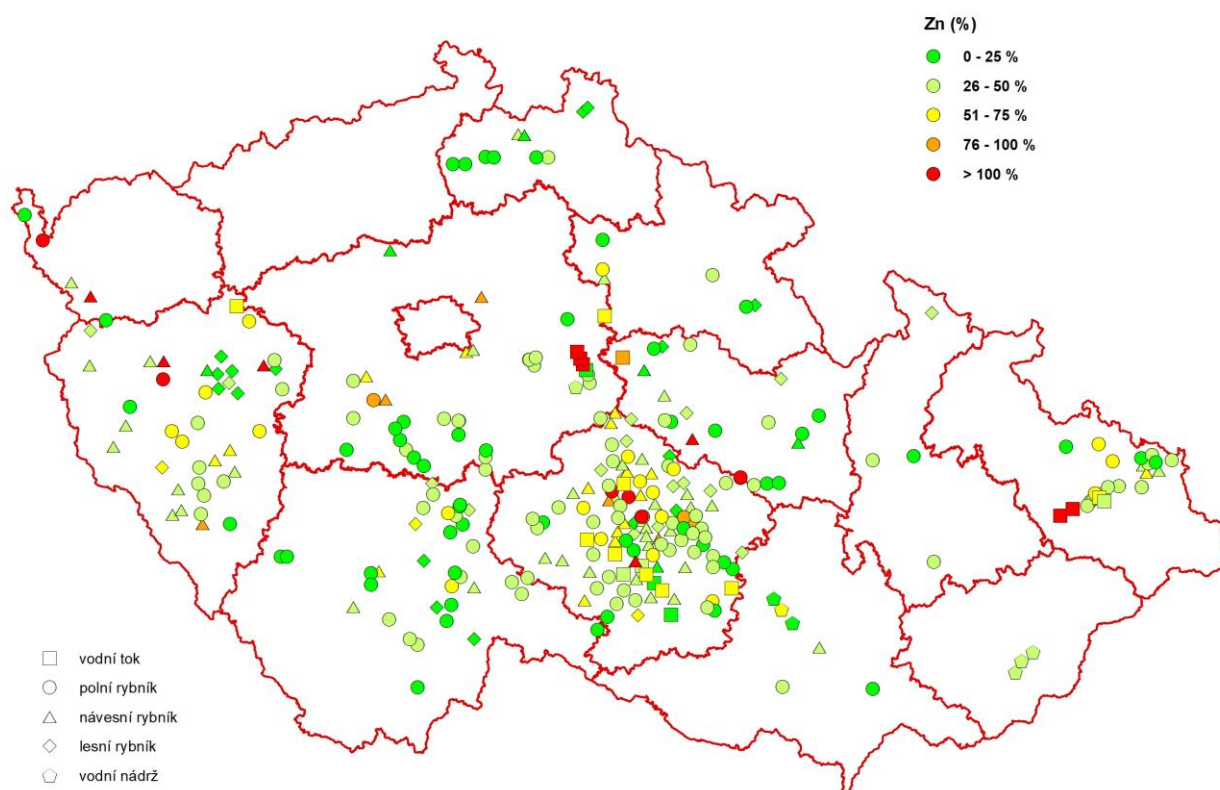
Podle grafu 22 a přílohy 3, při aplikaci sledovaných sedimentů na půdy by vždy došlo k navýšení obsahu Zn na lehkých půdách, především při použití sedimentu jílovitohlinitého, a to o 30 %. U běžných půd se zvýšení týká sedimentů s texturou písčitohlinitou, hlinitou a jílovitohlinitou,

sedimenty s texturou jílovitou opět obsahy v půdě snižují. Jak pro lehké, tak i běžné půdy platí, že zvýšení obsahů Zn nevede k překročení preventivní hodnoty pro zemědělské půdy uvedené ve vyhlášce č. 153/2016 Sb.

**Graf 21.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů a limitní hodnota pro Zn podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (celkem i jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 11.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů Zn vzhledem k limitní hodnotě podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2006–2017)



**Graf 22.** Předpokládaná koncentrace Zn v půdě před a po aplikaci sedimentu

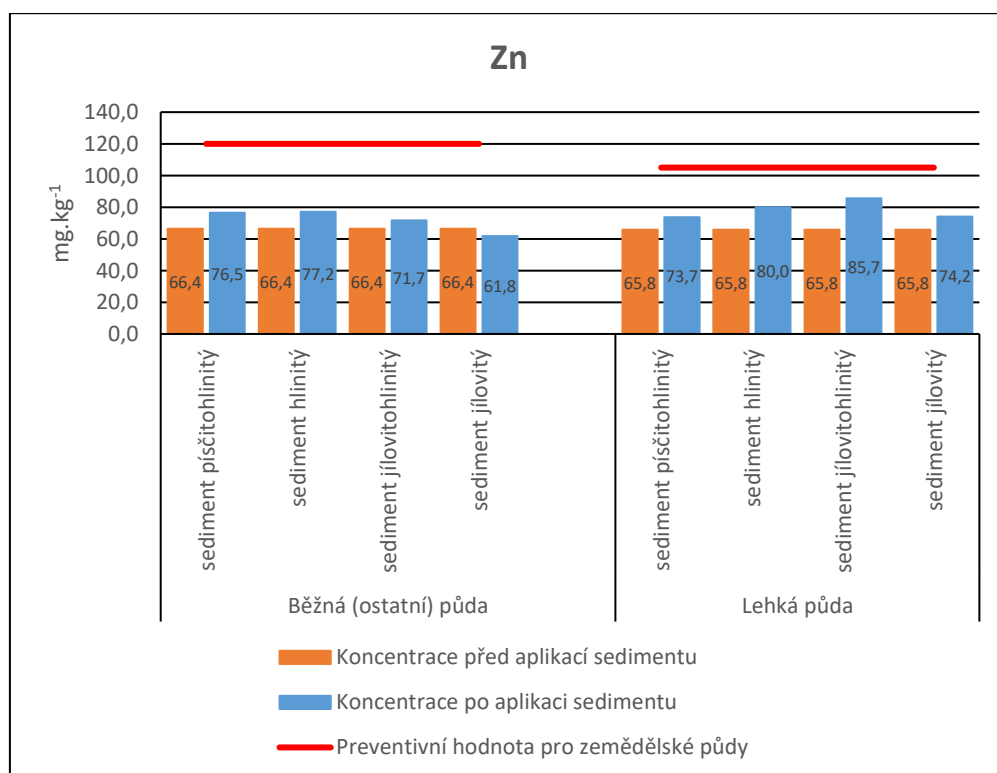


**Foto 10.** Vodní plocha – Rybník Dvorečák (kategorie návesní rybník, nejvyšší obsah Zn, 2006–2017)



## 3.2 Hnojivá hodnota – živiny, pH, LOI a zrnitost

### 3.2.1 Ca – Vápník

Vápník (Ca) je jednou ze čtyř sledovaných živin v sedimentech. Jeho průměrné obsahy v sedimentech jsou téměř o polovinu vyšší než obsahy v zemědělských půdách (více v kapitole 4). Obsahy Ca se pohybují v rozmezí hodnot 261–29500 mg.kg<sup>-1</sup>, celkový průměrný obsah činí 3960 mg.kg<sup>-1</sup> (tabulka 13). V tabulce je také uvedena základní statistika celkem a za jednotlivé kategorie vodních ploch. Nejvyšší mediánové obsahy Ca jsou zaznamenány u vodních nádrží, následují vodní toky, rybníky návesní, polní a nejnižší obsahy jsou nacházeny v lesních rybnících.

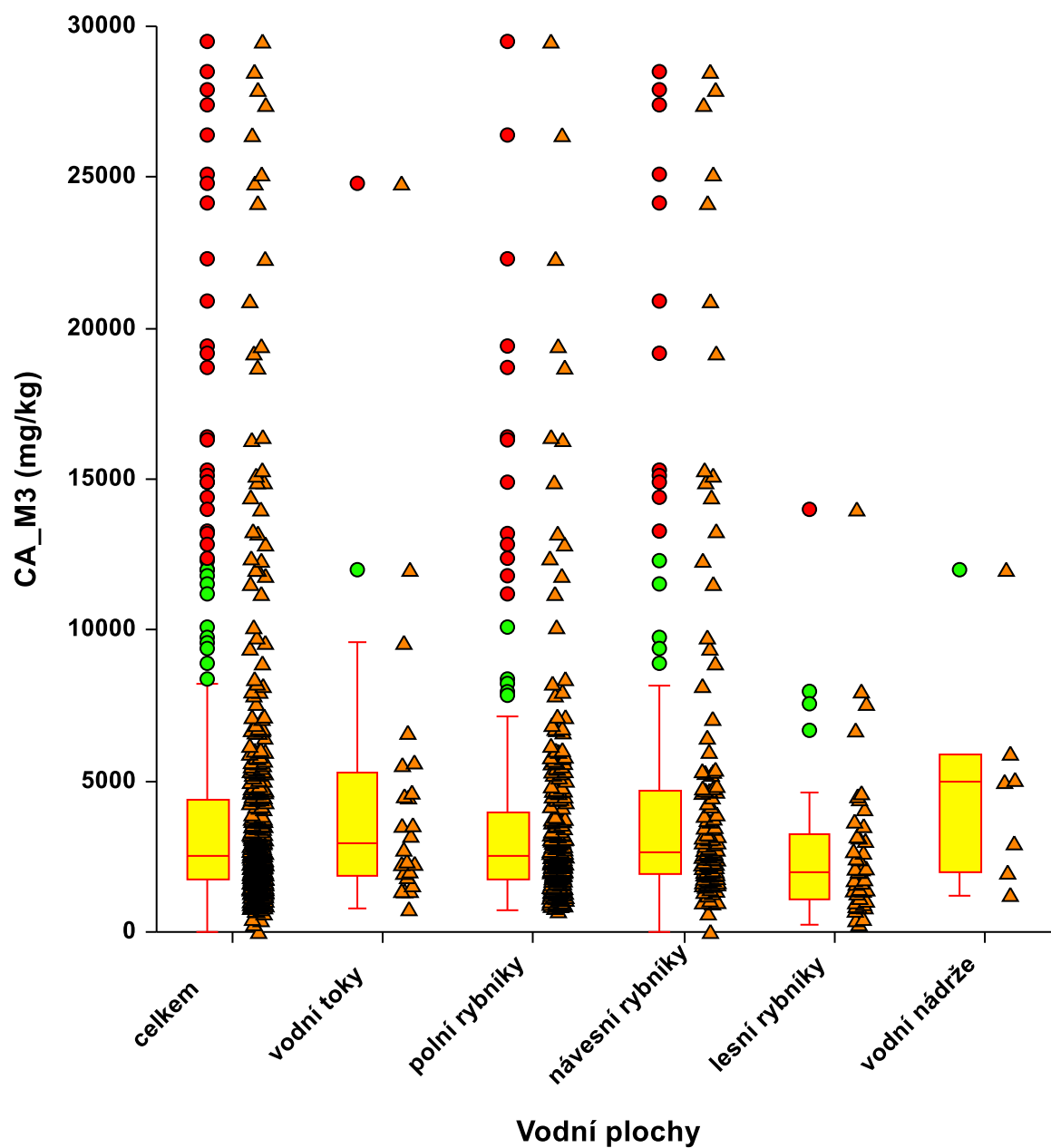
**Tabulka 13.** Základní statistika pro Ca (1995–2017)

| Prvek                     | Sedimenty vodních ploch | Celkem | Vodní toky | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|---------------------------|-------------------------|--------|------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Ca (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Počet vzorků            | 447    | 24         | 252           | 122             | 42            | 7            |
|                           | Průměr                  | 3960   | 4571       | 3661          | 4847            | 2683          | <b>4866</b>  |
|                           | Min                     | 261    | 758        | 690           | 420             | 261           | 1230         |
|                           | Max                     | 29500  | 24800      | 29500         | 28500           | 14000         | 12000        |
|                           | 0.10 perc.              | 1246   | 1360       | 1251          | 1532            | 819           | 1674         |
|                           | 0.25 perc.              | 1770   | 1925       | 1777          | 1945            | 1167          | 2455         |
|                           | Medián                  | 2520   | 2960       | 2511          | 2615            | 2000          | <b>4970</b>  |
|                           | 0.75 perc.              | 4395   | 4847       | 3895          | 4672            | 3160          | 5475         |
|                           | 0.90 perc.              | 7128   | 8686       | 6570          | 12223           | 4590          | 8346         |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Nalezené rozdíly jsou mezi všemi sledovanými kategoriemi vodních ploch, přičemž nejvyšší obsahy mají vodní nádrže oproti rybníků polním a návesním a vodním tokům a ty jsou průkazně rozdílné od obsahů Ca v lesních rybnících.

Krabicový diagram (graf 23) znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů Ca a to celkem i za jednotlivé kategorie. Z hodnocení obsahů Ca podle kritérií Agrochemického zkoušení zemědělských půd vyplývá, že lesní rybníky mají obsah Ca vyhovující, polní, návesní rybníky a vodní toky mají obsah dobrý a vodní nádrže obsah Ca vysoký. V mapě 12 jsou znázorněna odběrová místa jednotlivých vzorků sedimentů pouze z let sledování 2006–2017, a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Vzorky sedimentů jsou seskupené do intervalů obsahů Ca. Z mapy je vidět, že sedimenty s nižšími obsahy Ca převažují v Kraji Vysočina, Plzeňském a Jihočeském kraji. Vyšší obsahy Ca jsou častěji nacházeny ve Středočeském, Královéhradeckém, Zlínském a Jihomoravském kraji.

**Graf 23.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů Ca (celkem i jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 12.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s intervaly obsahů Ca (2006–2017)

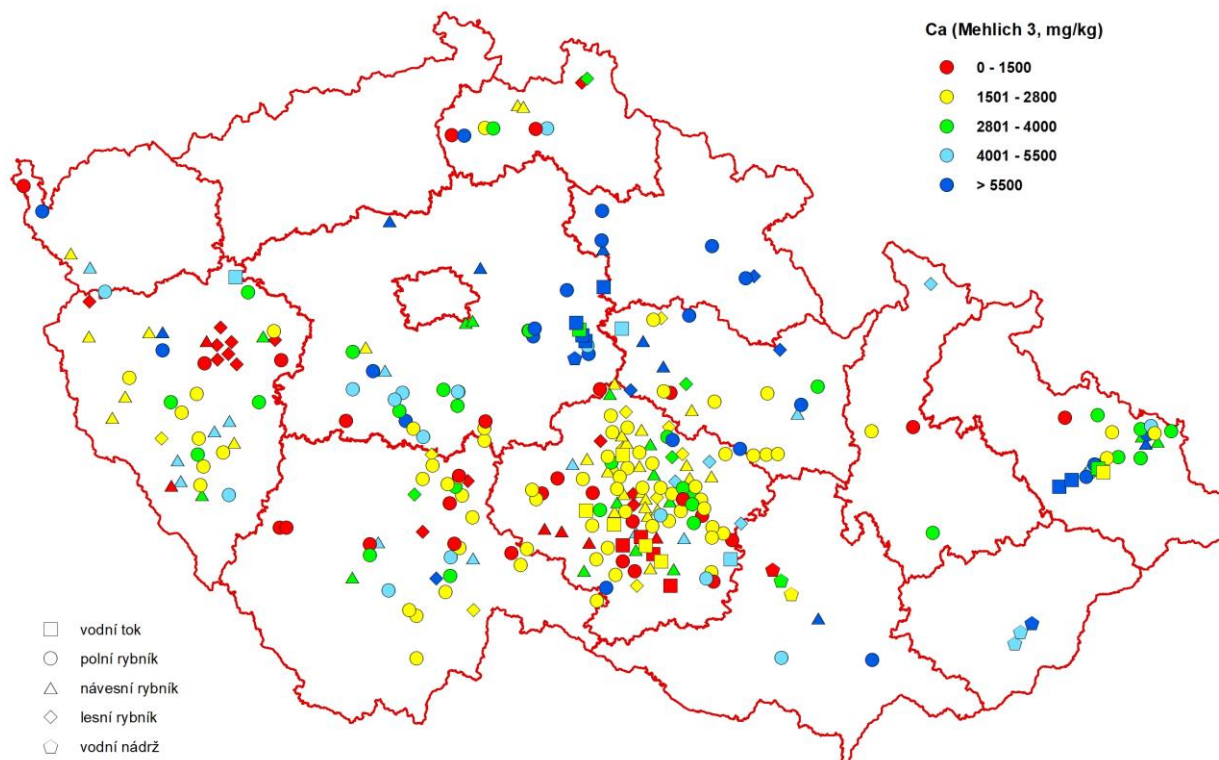


**Foto 11.** Vodní plocha – Choťánky, p.č. 154/4 (kategorie polní rybník, nejvyšší obsah Ca, 2006–2017)



### 3.2.2 K – Draslík

Draslík (K) je další sledovanou živinou v sedimentech. Jeho průměrné obsahy v sedimentech jsou srovnatelné s obsahy v zemědělských půdách (více v kapitole 4). Obsahy K se pohybují v rozmezí hodnot 21–988 mg.kg<sup>-1</sup>, celkový průměrný obsah činí 212 mg.kg<sup>-1</sup> (tabulka 14). V tabulce je představena základní statistika celkem a za jednotlivé kategorie vodních ploch. Nejvyšší mediánové obsahy K jsou registrovány u návesních rybníků, následují rybníky polní, vodní nádrže, vodní toky a nejnižší obsahy jsou nalézány v lesních rybnících.

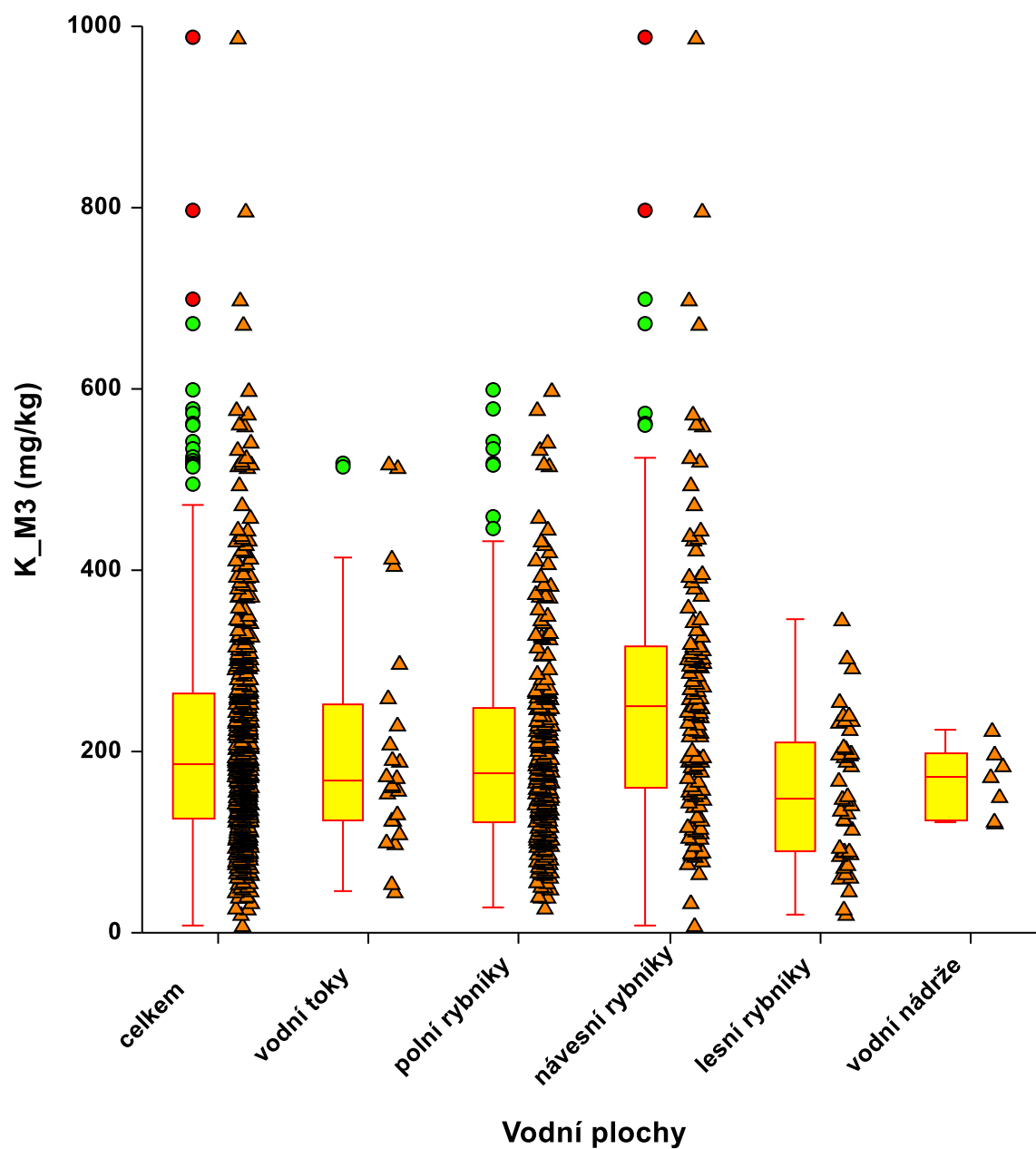
**Tabulka 14.** Základní statistika pro K (1995–2017)

| Prvek                       | Sedimenty vodních ploch | Celkem | Vodní toky | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|-----------------------------|-------------------------|--------|------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| K<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Počet vzorků            | 448    | 24         | 253           | 122             | 42            | 7            |
|                             | Průměr                  | 212    | 209        | 196           | <b>267</b>      | 156           | 168          |
|                             | Min                     | 8,70   | 46,0       | 28,0          | 8,70            | 21,0          | 122          |
|                             | Max                     | 988    | 518        | 599           | 988             | 346           | 224          |
|                             | 0.10 perc.              | 86,7   | 99,6       | 82,0          | 105             | 62,4          | 123          |
|                             | 0.25 perc.              | 128    | 125        | 124           | 159             | 90,3          | 138          |
|                             | Medián                  | 187    | 168        | 176           | <b>250</b>      | 148           | 173          |
|                             | 0.75 perc.              | 265    | 238        | 248           | 314             | 206           | 192          |
|                             | 0.90 perc.              | 372    | 412        | 341           | 439             | 241           | 208          |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky velmi významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Vodní toky a nádrže spolu s rybníky polními a lesními mají průkazně nižší obsahy K než návesní rybníky s průkazně vyššími obsahy.

Krabicový diagram (grafu 24) znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů K, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Z hodnocení obsahů K podle kritérií AZZP vyplývá, že lesní rybníky mají obsah K vyhovující a rybníky polní, návesní, vodní toky a nádrže mají obsah dobrý. V mapě 13 jsou znázorněna odběrová místa jednotlivých vzorků sedimentů pouze z let sledování 2006–2017, a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Jednotlivá odběrová místa sedimentů jsou zařazena do intervalů obsahů K. Z mapy je vidět, že sedimenty s nižšími obsahy K převažují v Libereckém, Královéhradeckém, Olomouckém a Zlínském kraji. Vyšší obsahy K jsou častěji nacházeny ve Středočeském, Plzeňském, Jihočeském kraji a Kraji Vysočina.

**Graf 24.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických parametrů a rozložení obsahů K (celkem i za jednotlivé kategorie 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 13.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s intervaly obsahů K (2006–2017)

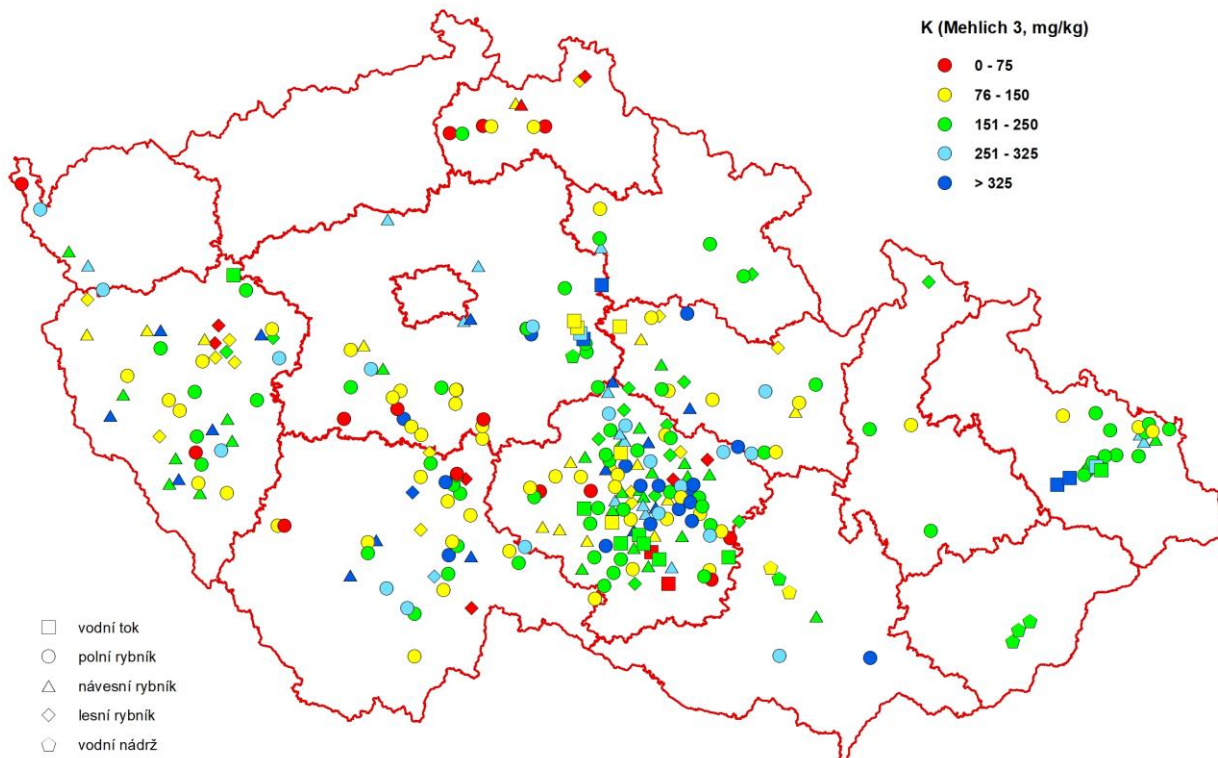


**Foto 12.** Vodní plocha – Nedanice (kategorie návesní rybník, nejvyšší obsah K, 2006–2017)



### 3.2.3 Mg – Hořčík

Hořčík (Mg) je třetí sledovanou živinou v sedimentech. Jeho průměrné obsahy v sedimentech jsou takřka dvojnásobné než obsahy v zemědělských půdách (více v kapitole 4). Obsahy Mg se v sedimentech pohybují v rozmezí hodnot 48–1640 mg.kg<sup>-1</sup>, celkový průměrný obsah činí 337 mg.kg<sup>-1</sup> (tabulka 15). V tabulce je zobrazena základní statistika celkem a za jednotlivé kategorie vodních ploch. Nejvyšší mediánový obsah Mg je u vodních nádrží, následují návesní rybníky, které však mají nejvyšší průměrný obsah, rybníky polní, vodní toky a nejnižší obsahy jsou nalézány v lesních rybnících.

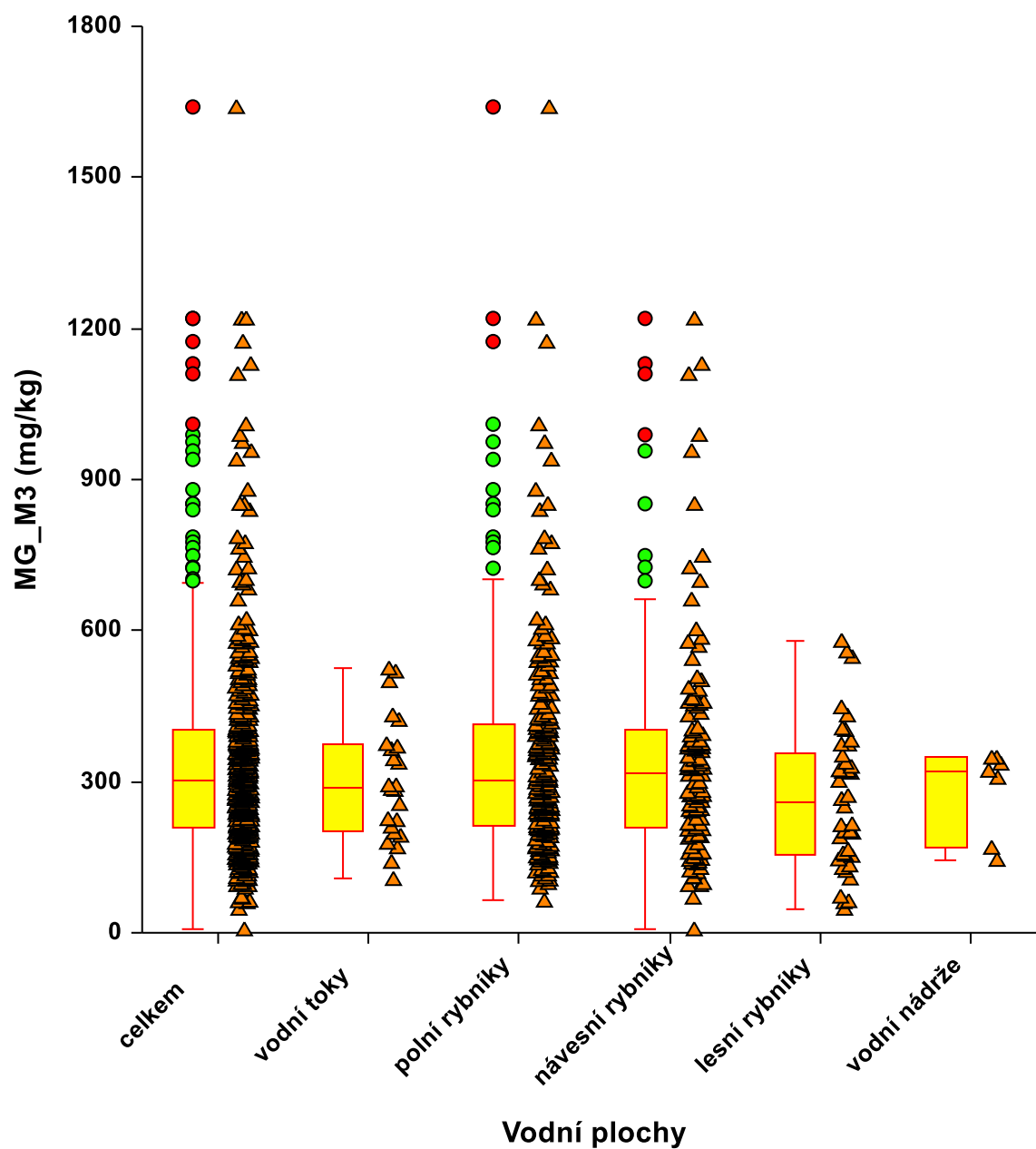
**Tabulka 15.** Základní statistika pro Mg (1995–2017)

| Prvek                     | Sedimenty vodních ploch | Celkem | Vodní toky | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|---------------------------|-------------------------|--------|------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Mg (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Počet vzorků            | 448    | 24         | 253           | 122             | 42            | 7            |
|                           | Průměr                  | 337    | 302        | 349           | <b>347</b>      | 266           | 282          |
|                           | Min                     | 7,10   | 107        | 64,0          | 7,10            | 48,0          | 145          |
|                           | Max                     | 1640   | 525        | 1640          | 1220            | 580           | 348          |
|                           | 0.10 perc.              | 148    | 173        | 156           | 142             | 110           | 159          |
|                           | 0.25 perc.              | 207    | 208        | 212           | 211             | 156           | 239          |
|                           | Medián                  | 303    | 290        | 304           | 320             | 258           | <b>322</b>   |
|                           | 0.75 perc.              | 402    | 371        | 413           | 399             | 349           | 342          |
|                           | 0.90 perc.              | 549    | 480        | 559           | 577             | 429           | 348          |

Statistickým testováním průkazností rozdílů řadných hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova), jak je uvedeno v příloze 2, se nezjistil statisticky významný rozdíl mezi kategoriemi vodních ploch.

Krabicový diagram (graf 25) znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů Mg, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Z hodnocení obsahů Mg podle kritérií vyplývá, že lesní rybníky mají obsah Mg dobrý, ostatní kategorie mají obsah vysoký. V mapě 14 jsou znázorněna odběrová místa jednotlivých vzorků sedimentů pouze z let sledování 2006–2017, a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Všechny odběrové lokality jsou zařazeny do intervalů obsahů Mg. Z mapy je vidět, že sedimenty s nižšími obsahy Mg převažují v Libereckém, Olomouckém a Zlínském kraji. Vyšší obsahy Mg jsou častěji nacházeny v Plzeňském, Jihočeském a Moravskoslezském kraji.

**Graf 25.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů Mg (celkem i jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 14.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s intervaly obsahů Mg (2006–2017)

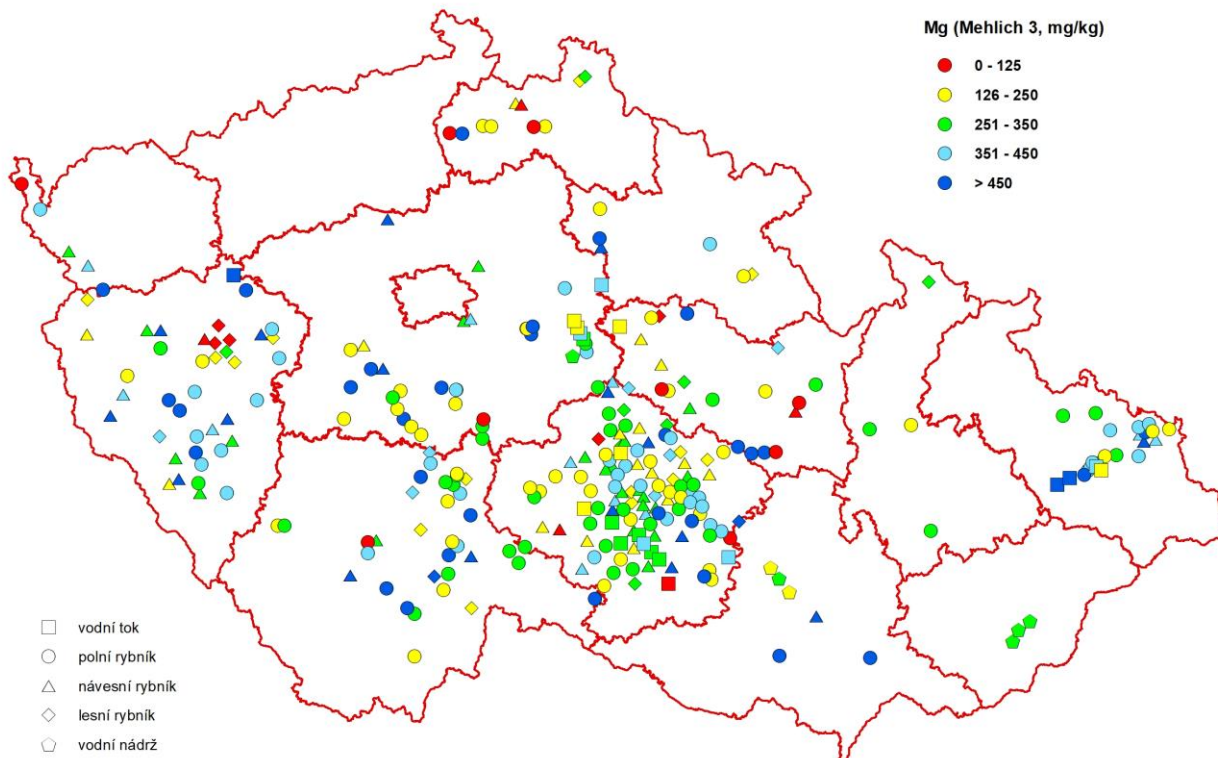


**Foto 13.** Vodní plocha – Zápověď (kategorie polní rybník, nejvyšší obsah Mg, 2006–2017)



### 3.2.4 P – Fosfor

Fosfor (P) je poslední ze čtyř sledovaných živin v sedimentech. Jeho průměrné obsahy jsou ve sledovaných sedimentech takřka dvakrát nižší než obsahy v zemědělských půdách (více v kapitole 4). Obsahy P se pohybují v rozmezí hodnot 1–287 mg.kg<sup>-1</sup>, celkový průměrný obsah činí 39 mg.kg<sup>-1</sup> (tabulka 16). V tabulce je představena základní statistika celkem a za jednotlivé kategorie vodních ploch. Nejvyšší mediánové obsahy P jsou zaznamenány u vodních nádrží dále pak vodních toků, které však mají nejvyšší průměr, s velkým odstupem následují rybníky návesní, polní a lesní.

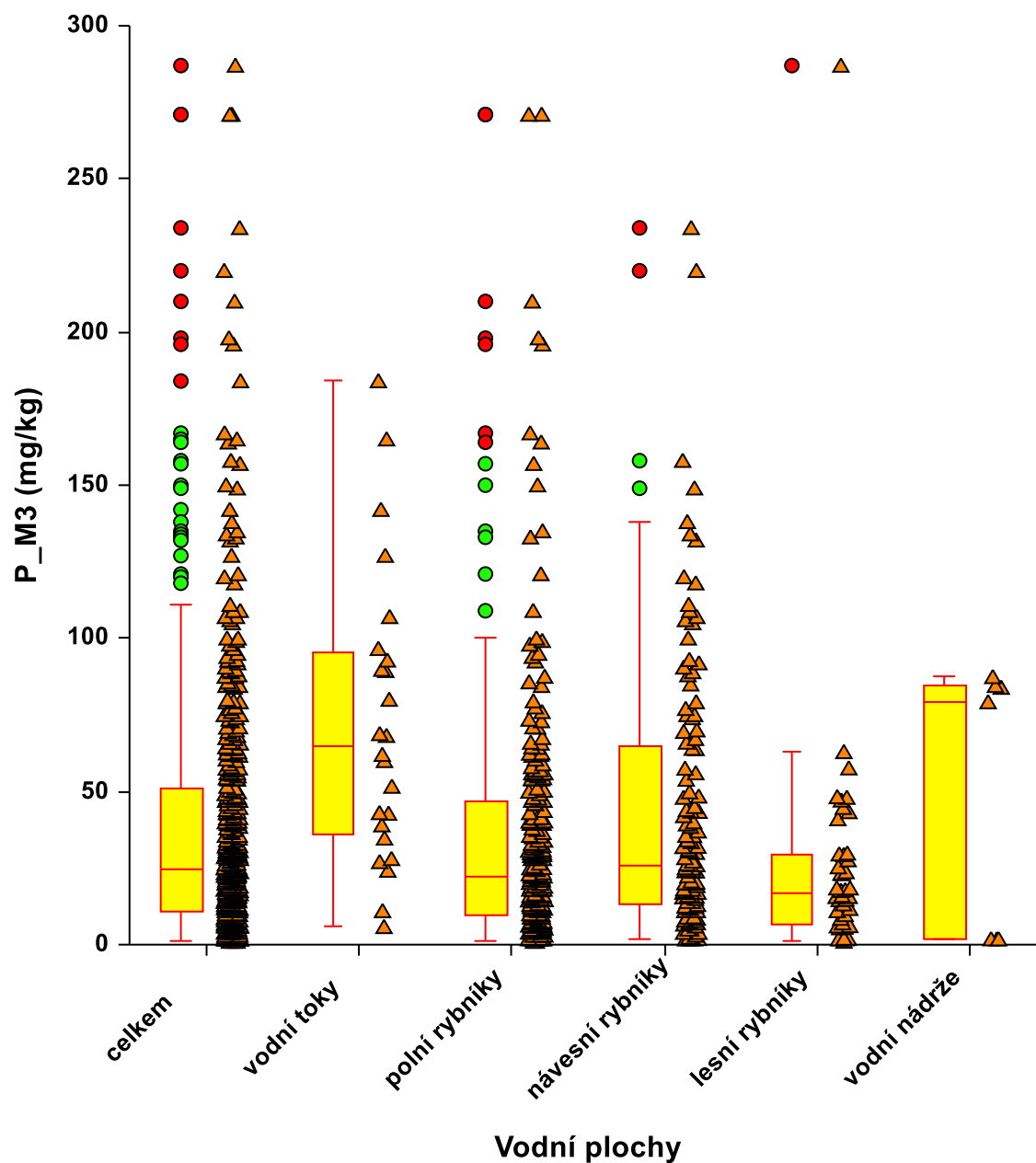
**Tabulka 16.** Základní statistika pro P (1995–2017)

| Prvek                       | Sedimenty vodních ploch | Celkem | Vodní toky  | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|-----------------------------|-------------------------|--------|-------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| P<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Počet vzorků            | 447    | 24          | 252           | 122             | 42            | 7            |
|                             | Průměr                  | 39,0   | <b>72,5</b> | 35,5          | 43,3            | 27,0          | 48,6         |
|                             | Min                     | 1,00   | 5,80        | 1,00          | 1,80            | 1,00          | 1,80         |
|                             | Max                     | 287    | 184         | 271           | 234             | 287           | 87,4         |
|                             | 0.10 perc.              | 4,16   | 25,0        | 4,11          | 6,06            | 2,00          | 1,80         |
|                             | 0.25 perc.              | 11,0   | 37,9        | 9,68          | 14,0            | 7,38          | 1,80         |
|                             | Medián                  | 24,3   | 65,1        | 22,3          | 26,0            | 16,8          | <b>79,2</b>  |
|                             | 0.75 perc.              | 50,7   | 93,8        | 46,3          | 64,0            | 29,5          | 84,2         |
|                             | 0.90 perc.              | 91,1   | 137         | 75,8          | 106             | 47,9          | 85,7         |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky velmi významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Tyto rozdíly jsou jak mezi vodními toky a jednotlivými kategoriemi rybníků tak i v rámci jednotlivých kategorií rybníků.

Krabicový diagram (graf 26) znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů P, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Z hodnocení obsahů P podle kritérií AZZP vyplývá, že všechny rybníky mají obsah nízký a vodní toky a nádrže mají obsah P vyhovující. V mapě 15 jsou znázorněna odběrová místa jednotlivých vzorků sedimentů pouze z let sledování 2006–2017, a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Všechny zobrazené lokality jsou zařazeny do intervalů obsahů P. Z mapy je vidět, že výskyt sedimentů s vyššími obsahy P je po celé republice velmi sporadický.

**Graf 26.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů P (celkem i jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 15.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s intervaly obsahů P (2006–2017)

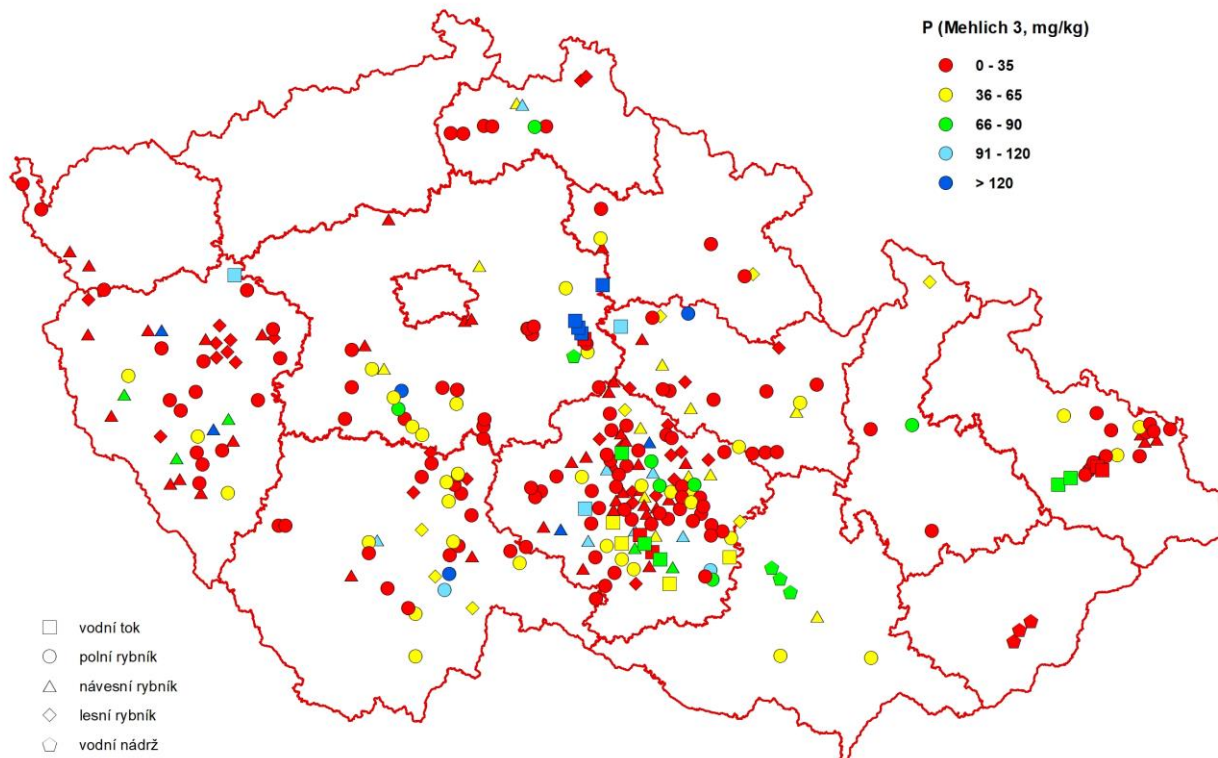


**Foto 14.** Vodní plocha – Nedanice (kategorie návesní rybník, nejvyšší obsah P, 2006–2017)



### 3.2.5 pH (CaCl<sub>2</sub>) – výměnné pH

Kromě obsahu živin je výměnné pH dalším kritériem pro zjištění „hnojivé“ hodnoty sedimentu. Jeho průměrné hodnoty v sedimentech jsou nižší než v zemědělských půdách (více v kapitole 4). Hodnoty pH se pohybují v rozmezí 2,8–7,8 a celková průměrná hodnota činí 5,9 (tabulka 17). Nejvyšší mediánové i průměrné hodnoty pH jsou zaznamenány u vodních nádrží dále pak vodních toků, následují rybníky návesní, polní a lesní.

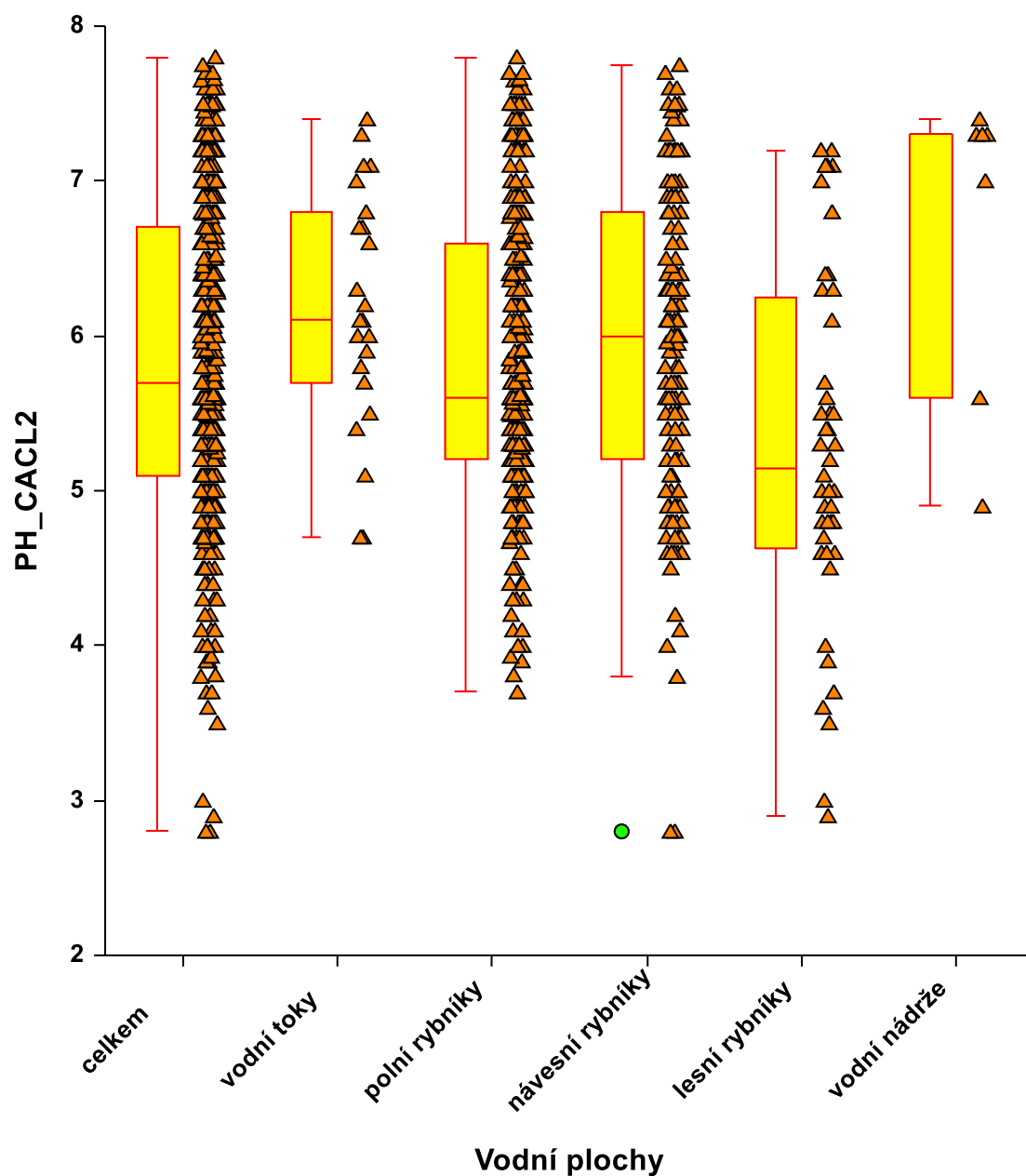
**Tabulka 17.** Základní statistika pro výměnné pH (1995–2017)

| Parametr                | Sedimenty vodních ploch | Celkem | Vodní toky | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|-------------------------|-------------------------|--------|------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| pH [CaCl <sub>2</sub> ] | Počet vzorků            | 484    | 23         | 274           | 136             | 44            | 7            |
|                         | Průměr                  | 5,9    | 6,2        | 5,9           | 6,0             | 5,3           | <b>6,7</b>   |
|                         | Min                     | 2,8    | 4,7        | 3,7           | 2,8             | 2,9           | 4,9          |
|                         | Max                     | 7,8    | 7,4        | 7,8           | 7,8             | 7,2           | 7,4          |
|                         | 0.10 perc.              | 4,7    | 5,2        | 4,8           | 4,7             | 3,8           | 5,3          |
|                         | 0.25 perc.              | 5,1    | 5,8        | 5,2           | 5,2             | 4,7           | 6,3          |
|                         | Medián                  | 5,7    | 6,1        | 5,6           | 6,0             | 5,2           | <b>7,3</b>   |
|                         | 0.75 perc.              | 6,7    | 6,8        | 6,6           | 6,8             | 6,2           | 7,3          |
|                         | 0.90 perc.              | 7,3    | 7,1        | 7,3           | 7,2             | 7,1           | 7,3          |

Statistickým testováním průkazností rozdílů mezi skupinami (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky velmi významný rozdíl mezi sedimenty vodních ploch, jak je uvedeno v příloze 2. Nalezené rozdíly jsou mezi všemi sledovanými kategoriemi vodních ploch. Tato zjištění jsou velmi podobná jako v případě Ca.

Krabicový diagram (graf 27) znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení hodnot pH, a to celkem i za jednotlivé kategorie. V mapě 16 jsou znázorněna odběrová místa jednotlivých vzorků sedimentů, ke kterým jsou vztaženy intervaly hodnot pH. Jedná se o lokality z let sledování 2006–2017, ke kterým jsou kompletní lokalizační údaje. Vyšší hodnoty pH jsou zaznamenány zejména ve Středočeském, Zlínském, Jihomoravském a Královéhradeckém kraji, nižší hodnoty pH vykazují sedimenty z Kraje Vysočina, Plzeňského, Jihočeského, Libereckého a Olomouckého kraje.

**Graf 27.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení hodnot výměnného pH (celkem i jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 16.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s intervaly hodnot výměnného pH (2006–2017)

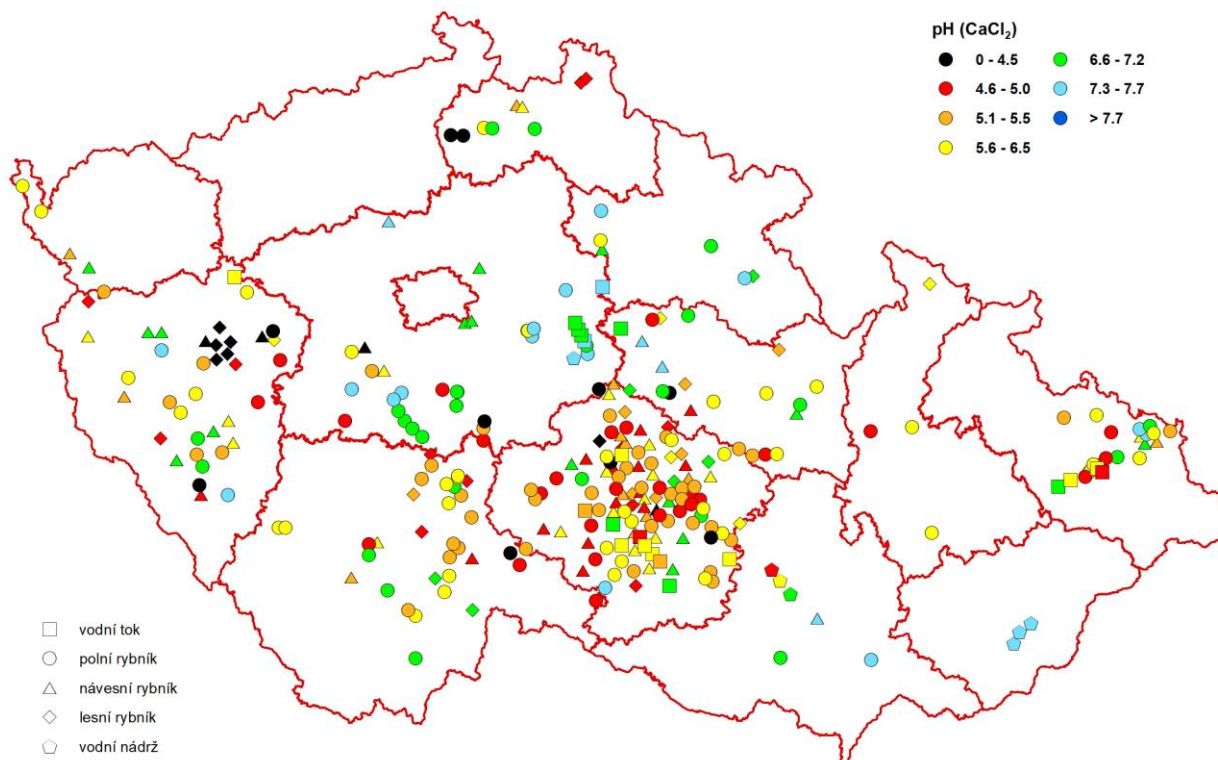


**Foto 15.** Vodní plocha – Kamenný rybník (kategorie lesní rybník, nejnižší hodnota výměnného pH, 2006–2017).



**Foto 16.** Vodní plocha – Nový Stav (kategorie polní rybník, nejvyšší hodnota výměnného pH, 2006–2017)



### 3.2.6 LOI – Spalitelné látky v sušině

Dalším z několika kritérií „hnojivé“ hodnoty sedimentu je také parametr spalitelné látky v sušině, tzv. LOI. Tato hodnota slouží pro zjištění organického podílu ve vzorku (sedimentu). Průměrné hodnoty LOI v sedimentech jsou mnohem vyšší než v zemědělských půdách (více v kapitole 4). Hodnoty LOI se pohybují v rozmezí 1–97,9 %, celková průměrná hodnota činí 9,26 %, jak znázorňuje tabulka 18, ve které je představena základní statistika celkem a za jednotlivé kategorie vodních ploch. Nejvyšší mediánové hodnoty LOI jsou zaznamenány u návesních rybníků následují lesní rybníky, které však mají nejvyšší průměr, po nich jsou vodní toky pokračují polní rybníky a nejnižší hodnoty LOI mají vodní nádrže.

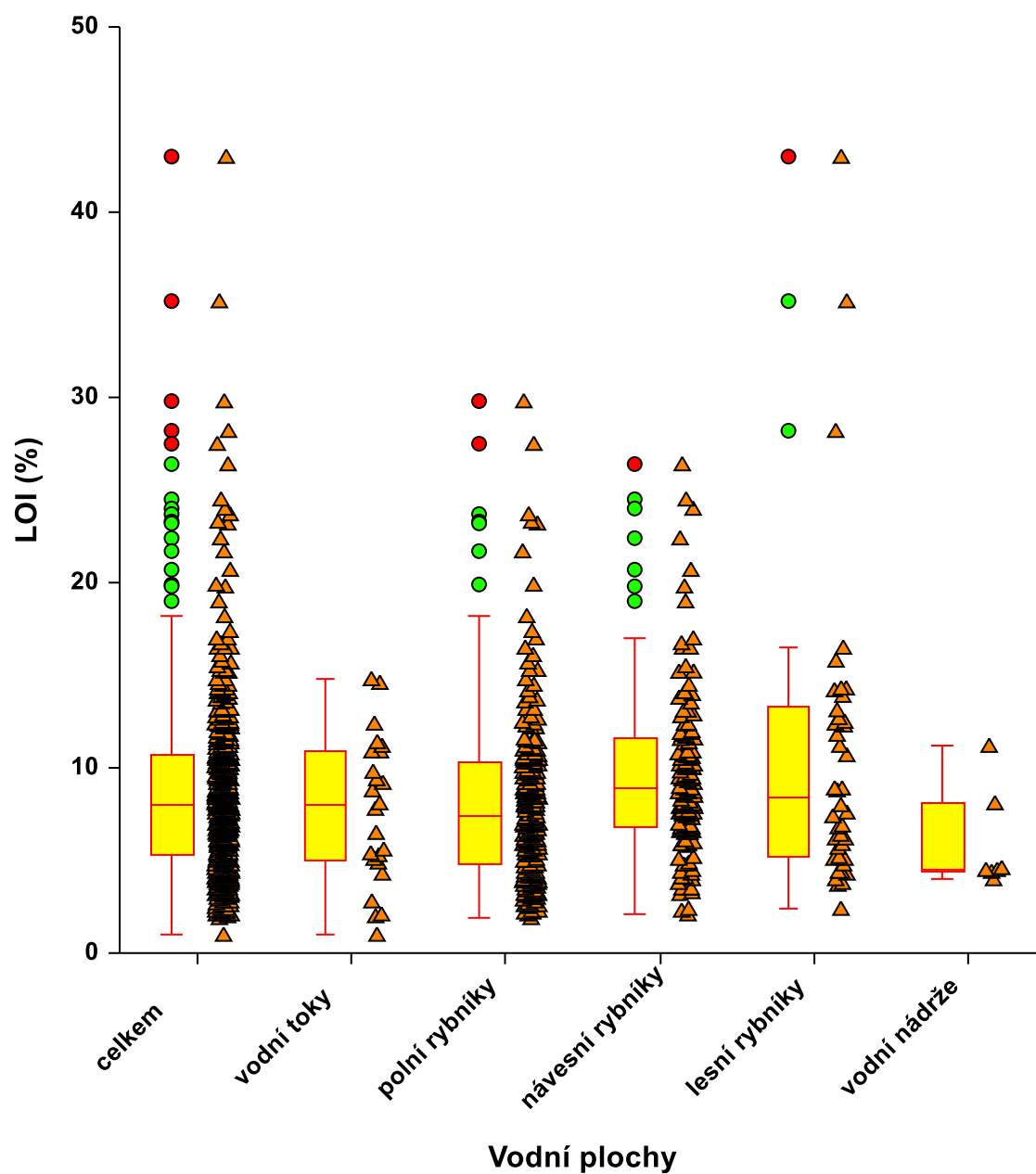
**Tabulka 18.** Základní statistika pro LOI (1995–2017)

| Parametr | Sedimenty vodních ploch | Celkem | Vodní toky | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|----------|-------------------------|--------|------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| LOI (%)  | Počet vzorků            | 450    | 24         | 243           | 134             | 42            | 7            |
|          | Průměr                  | 9,26   | 7,68       | 8,40          | 10,2            | <b>12,6</b>   | 5,90         |
|          | Min                     | 1,00   | 1,00       | 1,90          | 2,10            | 2,40          | 4,00         |
|          | Max                     | 97,9   | 14,8       | 97,9          | 96,8            | 97,2          | 11,2         |
|          | 0.10 perc.              | 3,70   | 2,31       | 3,30          | 4,43            | 4,31          | 4,24         |
|          | 0.25 perc.              | 5,33   | 5,05       | 4,90          | 6,73            | 5,33          | 4,45         |
|          | Medián                  | 8,00   | 7,95       | 7,45          | <b>8,85</b>     | 8,40          | 4,50         |
|          | 0.75 perc.              | 10,7   | 10,9       | 10,2          | 11,6            | 13,0          | 6,35         |
|          | 0.90 perc.              | 14,2   | 12,1       | 12,8          | 15,2            | 16,4          | 9,34         |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky velmi významný rozdíl mezi sedimenty vodních ploch, jak je uvedeno v příloze 2. Rozdíly byly stanoveny mezi rybníky a vodními nádržemi a mezi jednotlivými kategoriemi rybníků navzájem.

Krabicový diagram (graf 28) znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení hodnot LOI, a to celkem i za jednotlivé kategorie. V mapě 17 jsou znázorněna odběrová místa jednotlivých sedimentů, ke kterým jsou vztaženy intervaly hodnot LOI. Tyto hodnoty jsou přiřazeny pouze vzorkům z let sledování 2006–2017, a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Vyšší hodnoty LOI (nad 25 %) jsou sporadicky zaznamenány v Kraji Vysočina, Jihočeském, Plzeňském, Karlovarském, Libereckém, Pardubickém a Moravskoslezském kraji, nižší hodnoty LOI se nacházejí ve všech sledovaných krajích.

**Graf 28.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických parametrů a rozložení hodnot LOI (celkem i za jednotlivé kategorie 1995–2017), trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 17.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s vyjádřenými intervaly hodnot LOI (2006–2017)

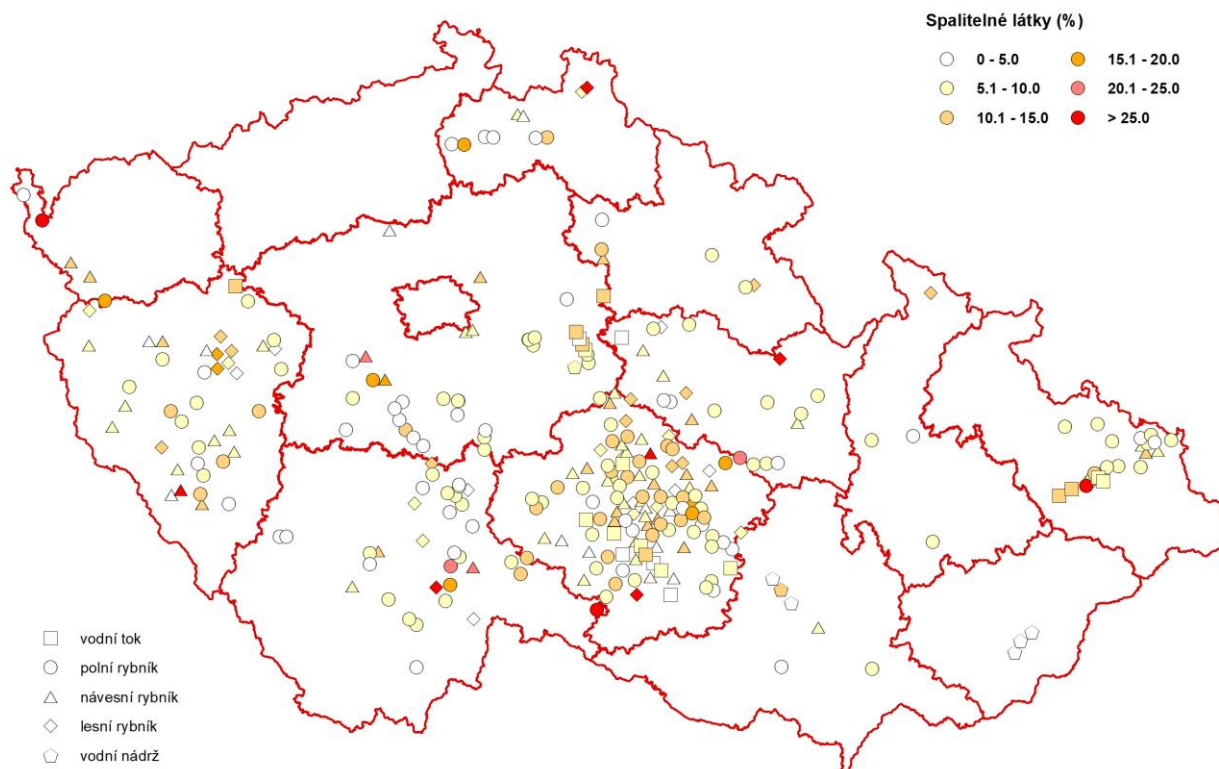


**Foto 17.** Vodní plocha – Hladov vrchní rybník (kategorie polní rybník, nejvyšší hodnota LOI, 2006–2017).



### 3.2.7 Zrnitost

Posledním kritériem využívaným ke zjištění „hnojivé“ hodnoty sedimentů je zrnitost. Jemně zrnité sedimenty jílovitého charakteru mohou sloužit k vylepšování lehkých zemědělských půd, a naopak hrubě zrnité sedimenty písčité povahy mohou sloužit k vylepšování těžkých zemědělských půd. Zrnitost se vyjadřuje pomocí obsahu částic menších než 0,01 mm, vyjadřuje se v procentech a hodnotí se podle Novákovy stupnice půdních druhů. Jak je ukázáno v tabulce 19, pohybují se obsahy částic menších než 0,01 mm v rozmezí 2,00–73,3 %, celková průměrná hodnota je 30,9 %. Nejvyšší mediány a průměry mají vodní nádrže, kde se nacházejí jemnozrnné sedimenty, následují lesní, polní, návesní rybníky a poslední jsou vodní toky, kde je podíl jílových částic nejnižší a často se jedná o hrubozrnné materiály. V sedimentech vodních ploch převažuje kategorie hlinitá, po ní následuje hlinitopísčítá spolu s písčitohlinitou a jílovitohlinitá. Kategorie jíl se zatím nevyskytl (graf 30).

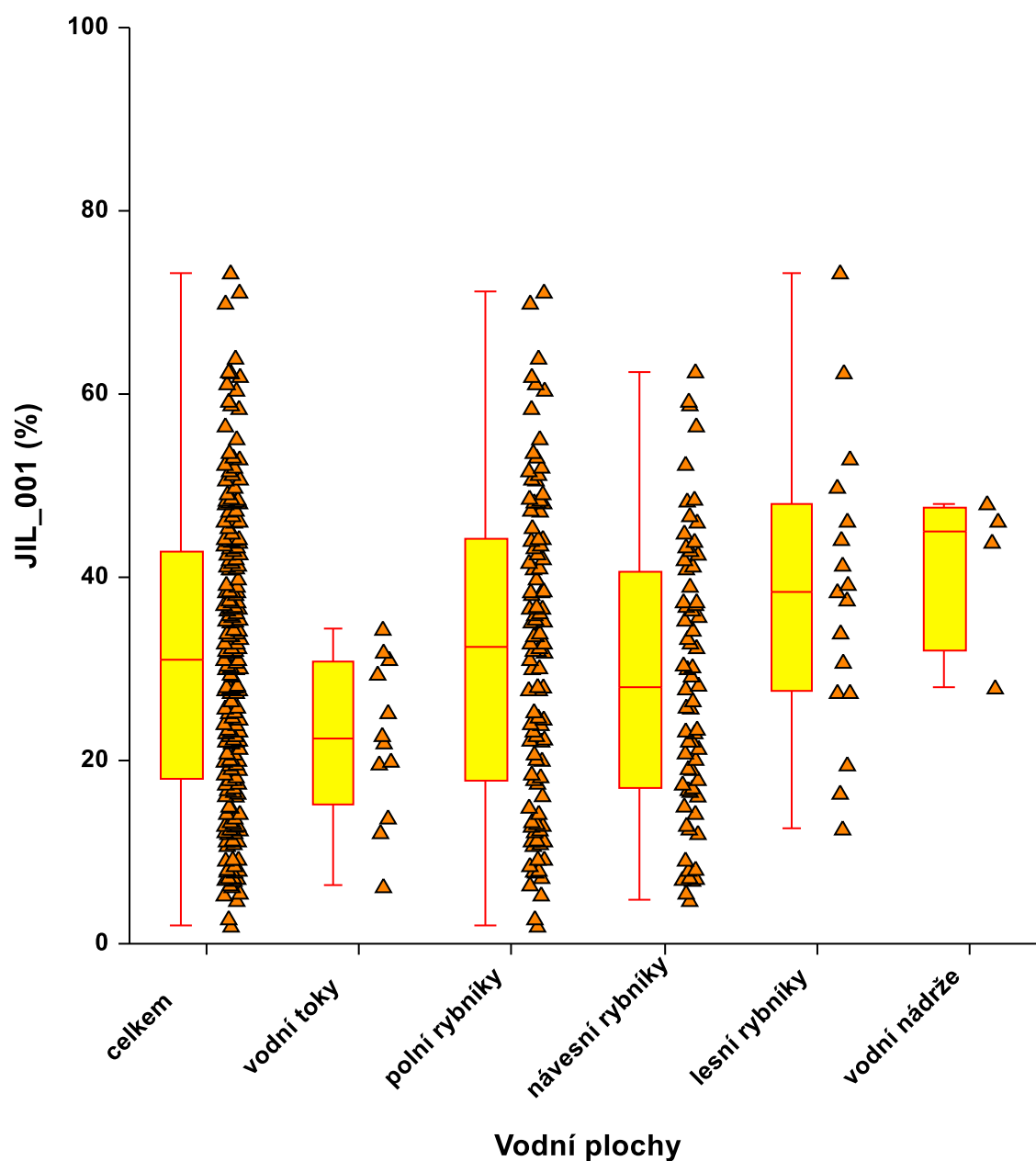
**Tabulka 19.** Základní statistika pro zrnitost – částice <0,01 mm (1995–2017).

| Parametr             | Sedimenty vodních ploch | Celkem | Vodní toky | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|----------------------|-------------------------|--------|------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Částice <0,01 mm (%) | Počet vzorků            | 208    | 12         | 106           | 69              | 17            | 4            |
|                      | Průměr                  | 40,0   | 22,4       | 31,8          | 28,8            | 38,5          | <b>41,6</b>  |
|                      | Min                     | 2,00   | 6,30       | 2,00          | 4,80            | 12,6          | 28,0         |
|                      | Max                     | 73,3   | 34,4       | 71,2          | 62,5            | 73,3          | 48,1         |
|                      | 0.10 perc.              | 10,4   | 12,4       | 10,1          | 8,18            | 18,4          | 32,8         |
|                      | 0.25 perc.              | 18,2   | 18,2       | 18,1          | 17,1            | 27,5          | 39,9         |
|                      | Medián                  | 31,1   | 22,4       | 32,7          | 28,3            | 38,5          | <b>45,1</b>  |
|                      | 0.75 perc.              | 42,6   | 29,9       | 44,0          | 39,1            | 46,2          | 46,7         |
|                      | 0.90 perc.              | 51,0   | 31,8       | 51,9          | 47,1            | 56,8          | 47,5         |

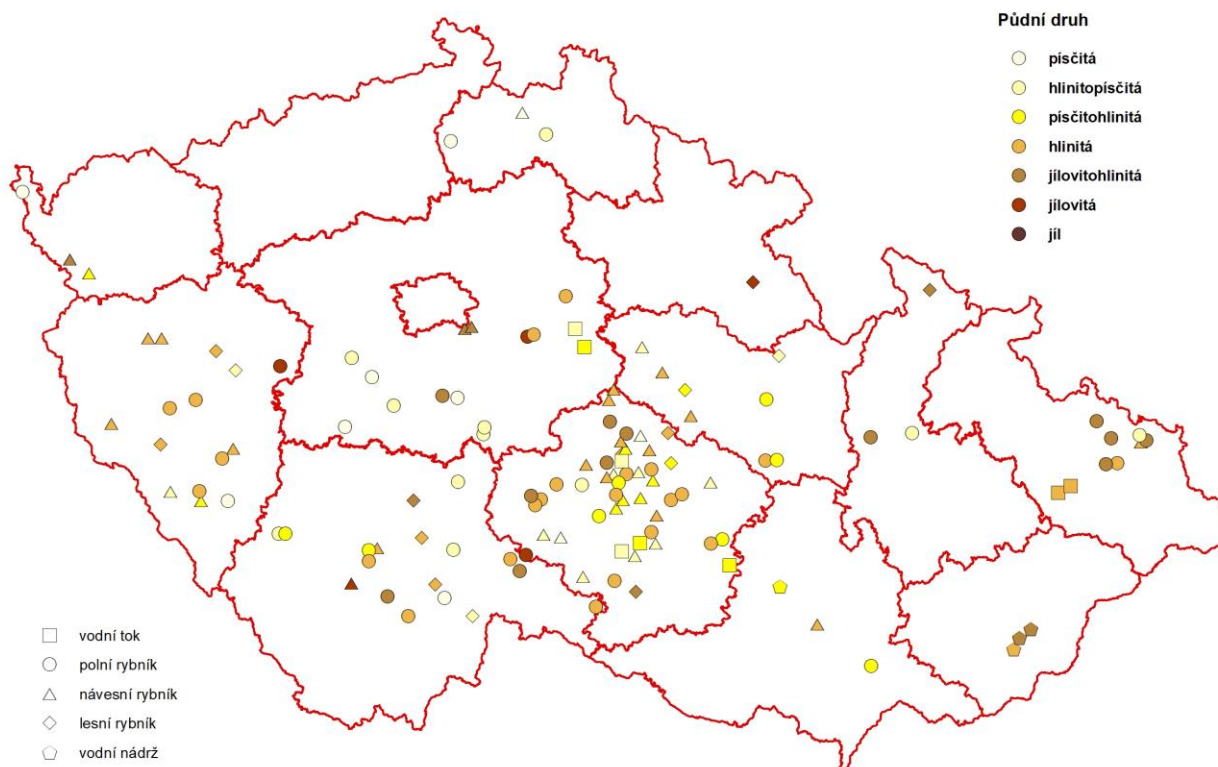
Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky významný rozdíl mezi sedimenty vodních ploch, jak je uvedeno v příloze 2. Nalezené rozdíly jsou mezi všemi sledovanými kategoriemi vodních ploch.

Krabicový diagram (graf 29) znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení hodnot zrnitosti, a to celkem i za jednotlivé kategorie. V mapě 18 jsou znázorněna odběrová místa jednotlivých sedimentů, ke kterým jsou vztaženy půdní druhy klasifikované podle Novákovy stupnice. Lokality pochází pouze z let sledování 2006–2017, a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Z mapy stejně jako z grafu 30 lze vyčíst, že převažujícími půdními druhy u sedimentů jsou hlinitý, písčitohlinitý, hlinitopísčítý a jílovitohlinitý půdní druh. Písčítý a jílovitý půdní druh se vyskytují ojediněle.

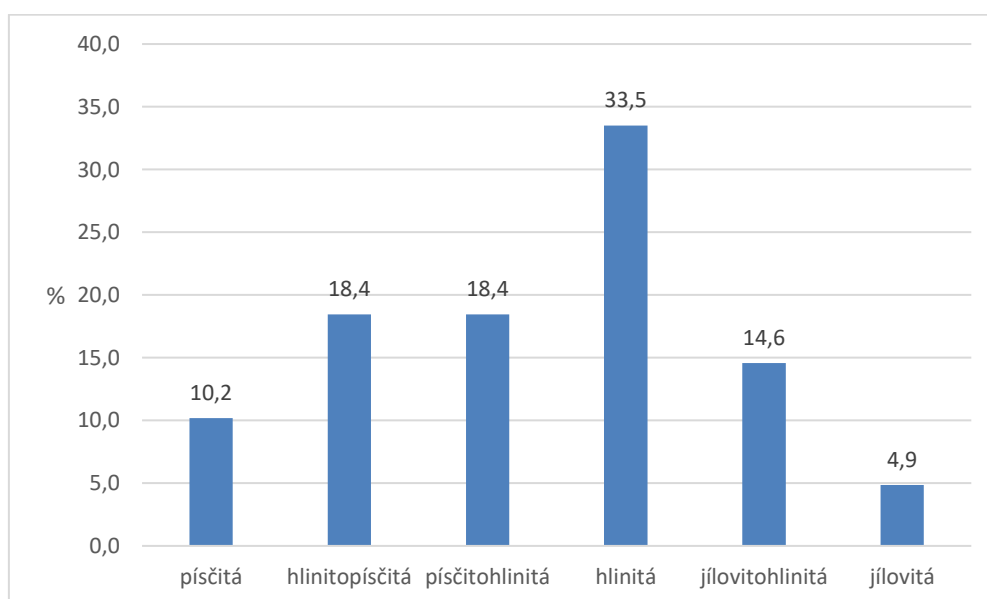
**Graf 29.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení hodnot zrnitosti (celkem i za jednotlivé kategorie, 1995–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 18.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s půdními druhy klasifikovanými podle Novákovy stupnice (2006–2017)



**Graf 30.** Procentické zastoupení sedimentů vodních ploch podle Novákovy stupnice půdních druhů (1995–2017)



### 3.3 Rizikové látky

#### 3.3.1 AOX – Adsorbovatelné organicky vázané halogeny

Adsorbovatelné organicky vázané halogeny (AOX) jsou v naší databázi nejdéle sledované rizikové látky. Sledují se již od roku 1998. Obsahy AOX se pohybují v rozmezí hodnot 0,50–123 mg.kg<sup>-1</sup>, celkový průměrný obsah činí 28,3 mg.kg<sup>-1</sup>. Podle tabulky 20 mají nejvyšší hodnotu mediánu lesní rybníky, po nich následují vodní toky s nejvyšší průměrnou hodnotou, poté návesní a polní rybníky a poslední jsou vodní nádrže, které jsou zatím reprezentované pouze jedním vzorkem. K hodnotě AOX není ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. stanovena žádná limitní hodnota. V roce 2018 bylo sledování AOX v sedimentech vodních ploch ukončeno.

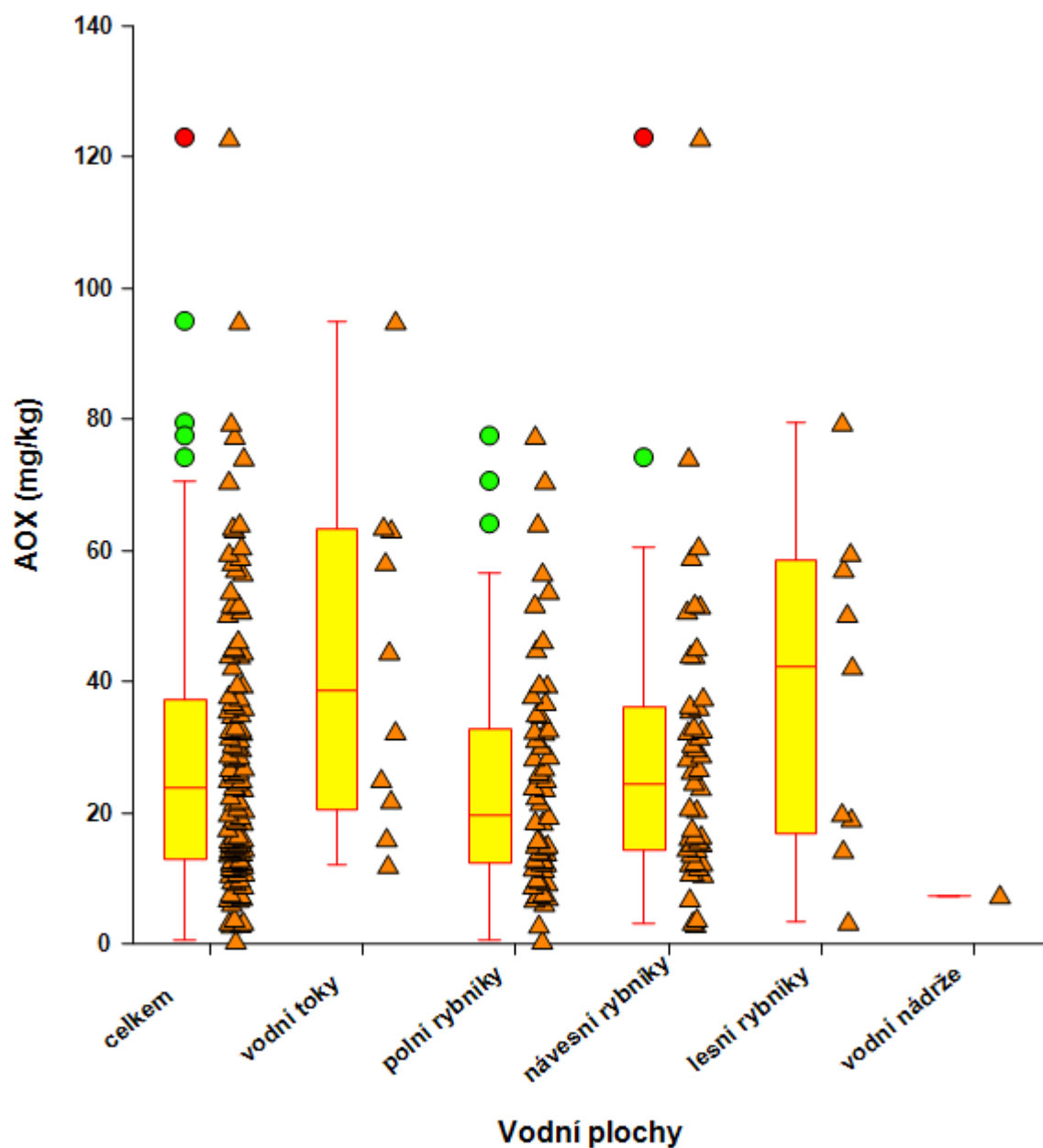
**Tabulka 20.** Základní statistika pro AOX (1998–2017)

| Parametr                   | Sedimenty vodních ploch | Celkem | Vodní toky  | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|----------------------------|-------------------------|--------|-------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| AOX (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Počet vzorků            | 129    | 10          | 59            | 50              | 9             | 1            |
|                            | Průměr                  | 28,3   | <b>43,2</b> | 24,5          | 28,2            | 38,4          | 7,40         |
|                            | Min                     | 0,50   | 12,0        | 0,50          | 3,00            | 3,35          | 7,40         |
|                            | Max                     | 123    | 95,0        | 77,5          | 123             | 79,5          | 7,40         |
|                            | 0.10 perc.              | 7,66   | 15,7        | 7,49          | 10,8            | 12,1          | 7,40         |
|                            | 0.25 perc.              | 12,9   | 22,7        | 12,4          | 14,5            | 19,1          | 7,40         |
|                            | Medián                  | 23,7   | 38,5        | 19,5          | 24,3            | <b>42,3</b>   | 7,40         |
|                            | 0.75 perc.              | 36,9   | 62,0        | 32,7          | 36,0            | 57,2          | 7,40         |
|                            | 0.90 perc.              | 57,4   | 66,7        | 47,4          | 51,6            | 63,6          | 7,40         |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova), jak je uvedeno v příloze 2, se zjistilo, že mezi sedimenty vodních ploch není statisticky významný rozdíl.

Krabicový diagram (graf 31) znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů AOX, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Mapa 19 ukazuje místa odběrů vzorků jednotlivých sedimentů spolu s vyjádřením intervalů obsahů AOX. Tyto lokality jsou pouze z let sledování 2006–2017, a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Vyšší obsahy AOX byly zaznamenány nejvíce v Kraji Vysočina, Plzeňském a Pardubickém kraji. Nižší obsahy byly nalezeny v Jihočeském a Libereckém kraji.

**Graf 31.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů AOX (celkem i za jednotlivé kategorie, 1998–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 19.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s vyjádřenými intervaly obsahů AOX (2006–2017)

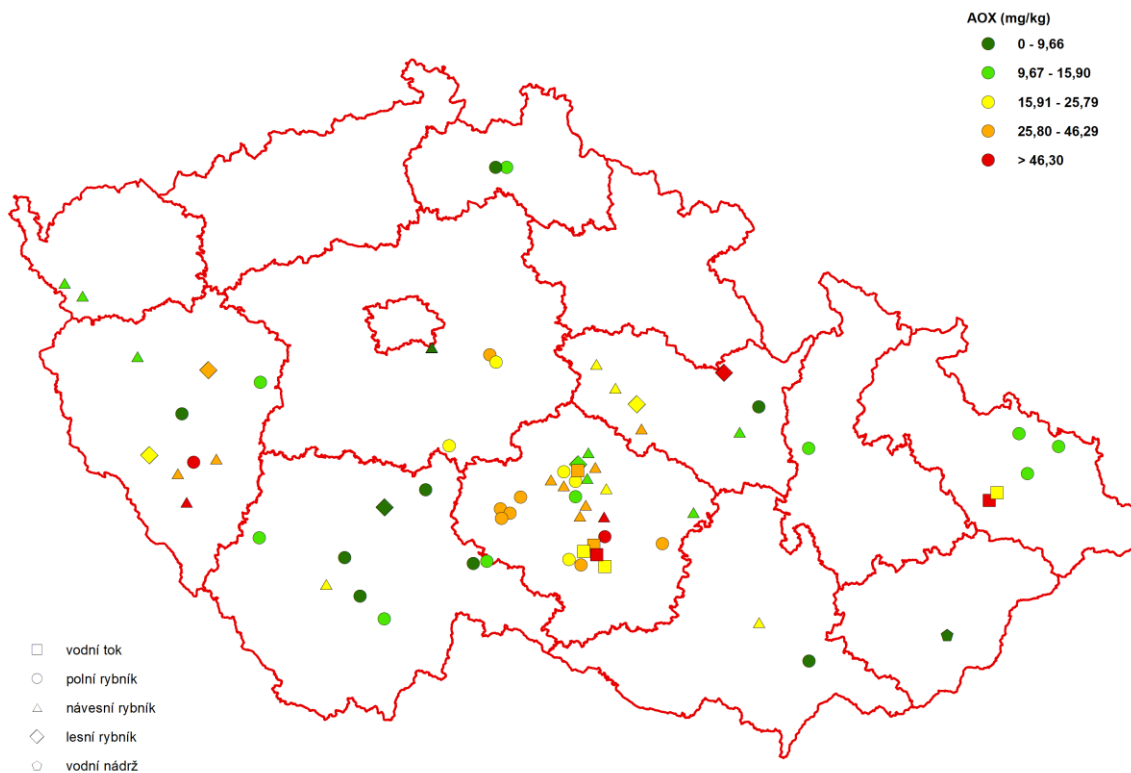


**Foto 18.** Vodní plocha – Kamenný rybník (kategorie lesní rybník, nejvyšší obsah AOX, 2006–2017)



### 3.3.2 PCB – Polychlorované bifenyly

Druhými nejdéle sledovanými rizikovými látkami v naší databázi jsou polychlorované bifenyly (PCB), které se sledují od roku 2002 jako suma ( $\Sigma$ ) 7 kongenerů PCB. Obsahy  $\Sigma$  PCB se pohybují v rozmezí hodnot 0,92–136  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , celkový průměrný obsah činí 12,0  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . Podle tabulky 21 mají nejvyšší hodnotu mediánu vodní toky, po nich následují rybníky návesní, polní, lesní rybníky, které mají nejvyšší průměrnou hodnotu, nejnižší mediánové obsahy mají vodní nádrže, které jsou zatím reprezentované pouze jedním vzorkem. Limitní hodnotu (200  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) dosud žádný vzorek nepřekročil.

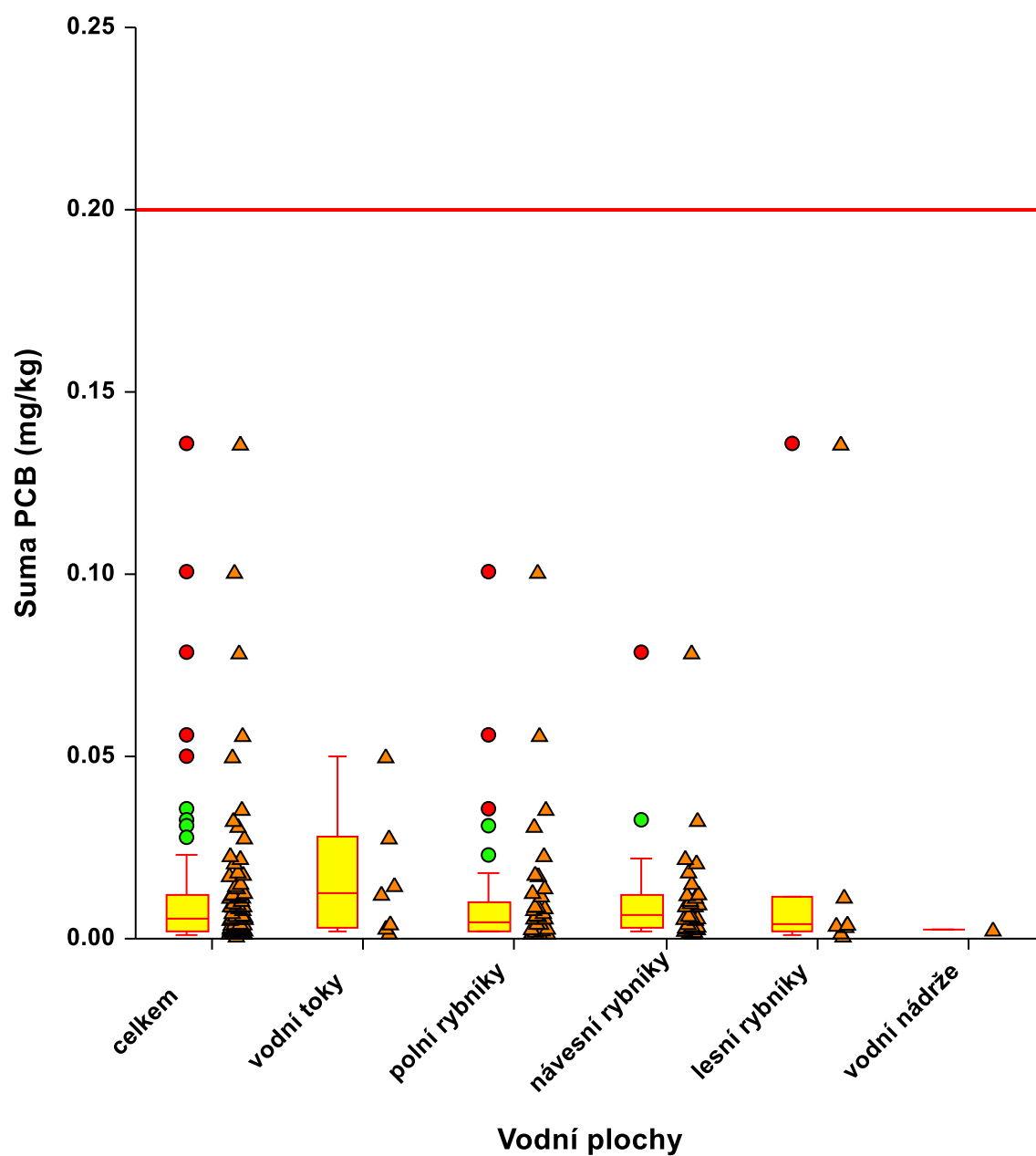
**Tabulka 21.** Základní statistika a počty překročení limitní hodnoty pro  $\Sigma$  PCB podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2002–2017)

| Parametr                               | Sedimenty vodních ploch                     | Celkem     | Vodní toky  | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|----------------------------------------|---------------------------------------------|------------|-------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| $\Sigma$ PCB ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) | Počet vzorků                                | 89         | 7           | 42            | 32              | 7             | 1            |
|                                        | Průměr                                      | 12,0       | 16,3        | 10,5          | 10,8            | <b>23,1</b>   | 2,55         |
|                                        | Min                                         | 0,92       | 1,75        | 1,75          | 1,75            | 0,92          | 2,55         |
|                                        | Max                                         | 136        | 50,1        | 101           | 78,6            | 136           | 2,55         |
|                                        | 0.10 perc.                                  | 1,75       | 2,53        | 1,75          | 2,51            | 1,42          | 2,55         |
|                                        | 0.25 perc.                                  | 2,24       | 3,65        | 1,75          | 3,37            | 2,63          | 2,55         |
|                                        | Medián                                      | 5,46       | <b>12,4</b> | 4,39          | 6,09            | 3,85          | 2,55         |
|                                        | 0.75 perc.                                  | 11,9       | 21,3        | 9,10          | 11,7            | 7,86          | 2,55         |
|                                        | 0.90 perc.                                  | 23,9       | 36,7        | 22,5          | 20,8            | 61,3          | 2,55         |
|                                        | Počet a procento překročení limitní hodnoty | 0<br>(0 %) | 0<br>(0 %)  | 0<br>(0 %)    | 0<br>(0 %)      | 0<br>(0 %)    | 0<br>(0 %)   |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova), jak je uvedeno v příloze 2, se zjistilo, že mezi sedimenty vodních ploch není statisticky významný rozdíl.

Krabicový diagram (graf 32) znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů  $\Sigma$  PCB, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Mapa 20 ukazuje místa odběrů vzorků jednotlivých sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů  $\Sigma$  PCB vzhledem k limitní hodnotě. Jsou zobrazeny pouze lokality z let sledování 2006–2017, a to z důvodu nekompletních lokalizačních údajů (souřadnic) starších dat. Obsahy  $\Sigma$  PCB jsou ve všech sledovaných krajích nízké až na dva vzorky pocházející z Plzeňského a Moravskoslezského kraje. U obou obsahy  $\Sigma$  PCB dosahují zhruba poloviční hodnoty limitu.

**Graf 32.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů a limitní hodnota pro  $\Sigma$  PCB podle vyhl. č. 257/2009 Sb (celkem i jednotlivé kategorie, 2002–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 20.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů  $\Sigma$  PCB vzhledem k limitní hodnotě podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2006–2017)

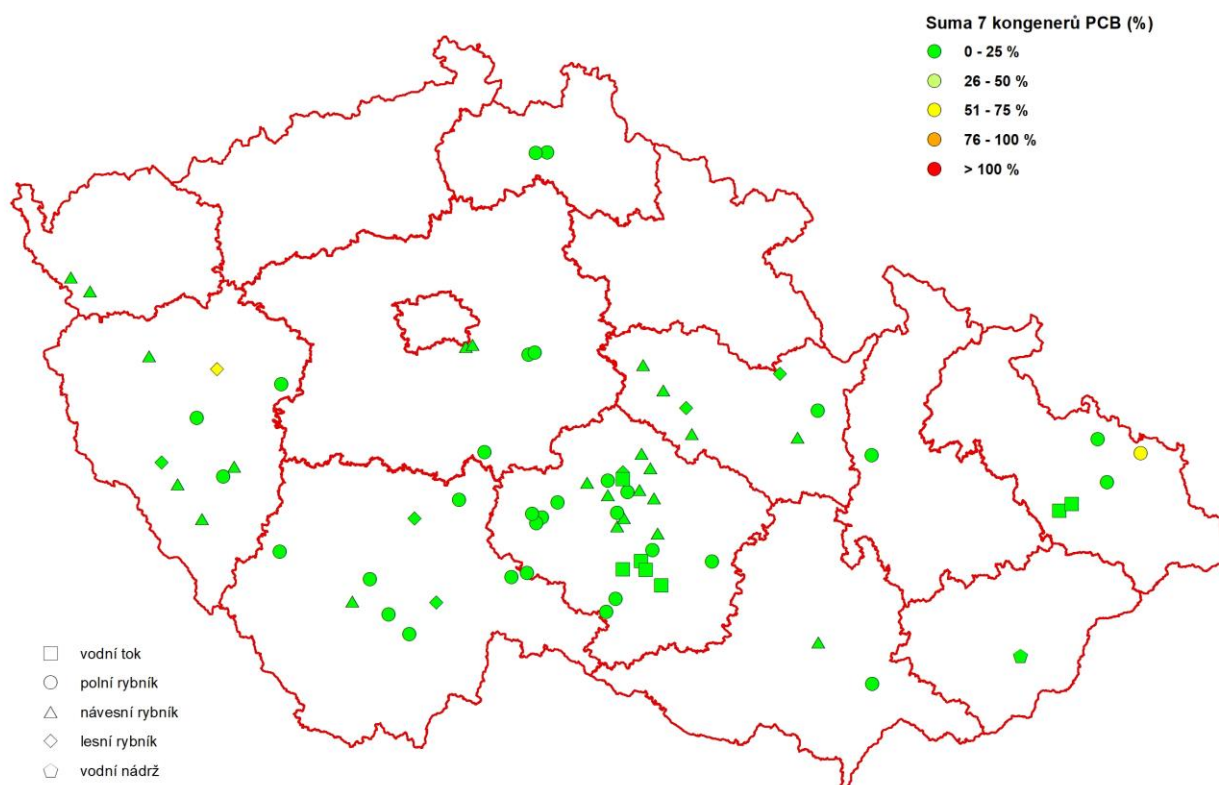


**Foto 19.** Vodní plocha – Kamenný rybník (kategorie lesní rybník, nejvyšší obsah  $\Sigma$  PCB, 2006–2017)



### 3.3.3 HCH – Hexachlorcyklohexan

Dalším monitorovaným organickým polutantem v naší databázi je hexachlorcyklohexan (HCH), který se sleduje od roku 2007 jako suma ( $\Sigma$ ) čtyř izomerů HCH. Obsahy HCH ve většině případů jsou pod mezí stanovitelnosti a pouze výjimečně u jednoho vzorku z padesáti se vyskytly obsahy HCH vyšší a to pouze u izomeru  $\alpha$ . Obsahy  $\Sigma$  HCH se pohybují v rozmezí hodnot 1,0–1,29  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , celkový průměrný obsah činí 1,01  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . Podle tabulky 22 mají všechny vodní plochy hodnotu mediánu shodnou, nejvyšší průměrnou hodnotu mají rybníky návesní. K ukazateli  $\Sigma$  HCH není ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. stanovena žádná limitní hodnota.

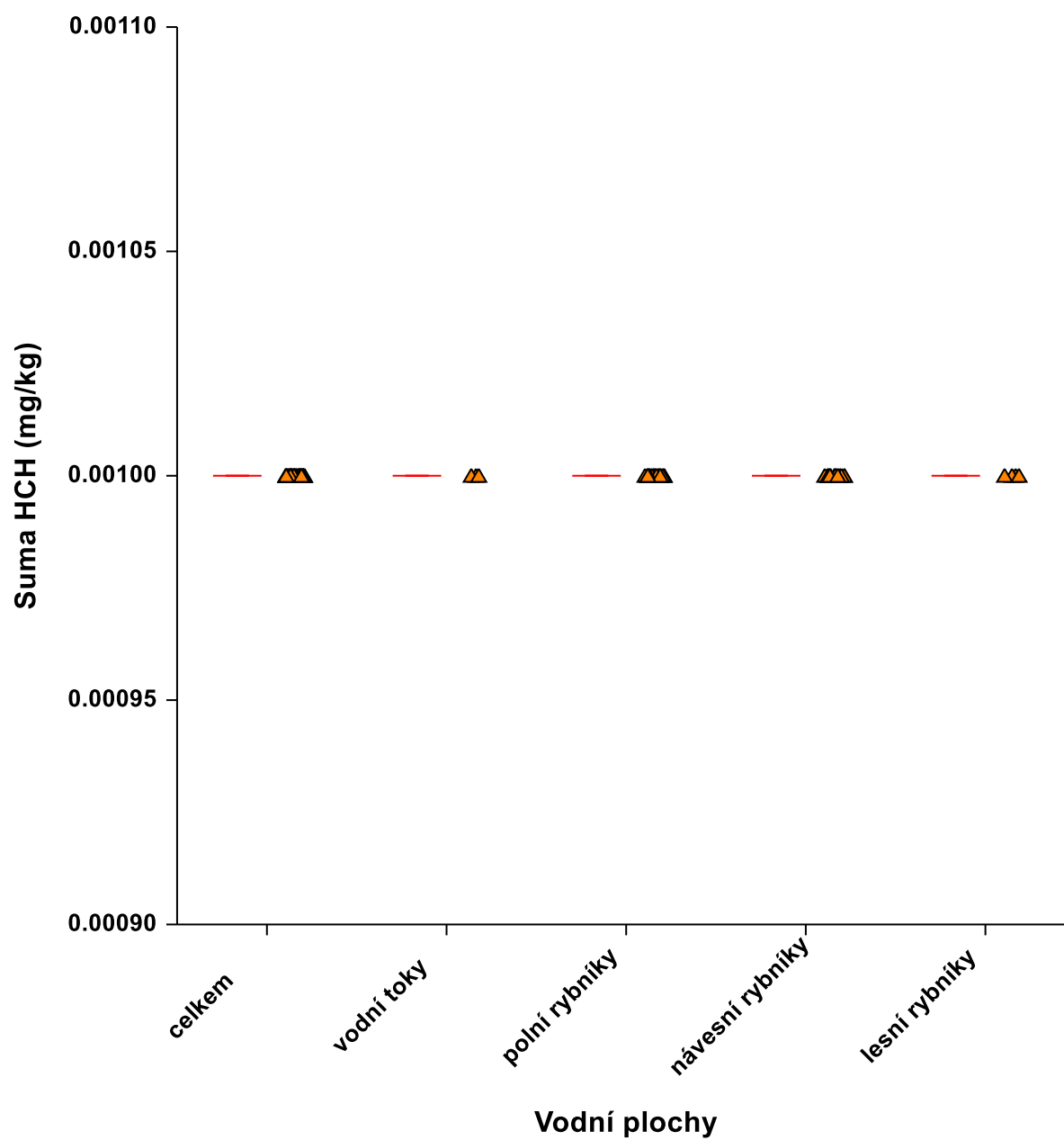
**Tabulka 22.** Základní statistika pro  $\Sigma$  HCH (2007–2017)

| Parametr                               | Sedimenty vodních ploch | Celkem | Vodní toky | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|----------------------------------------|-------------------------|--------|------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| $\Sigma$ HCH ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) | Počet vzorků            | 50     | 3          | 23            | 19              | 4             | 1            |
|                                        | Průměr                  | 1,01   | 1,00       | 1,00          | <b>1,02</b>     | 1,00          | 1,00         |
|                                        | Min                     | 1,00   | 1,00       | 1,00          | 1,00            | 1,00          | 1,00         |
|                                        | Max                     | 1,29   | 1,00       | 1,00          | 1,29            | 1,00          | 1,00         |
|                                        | 0.10 perc.              | 1,00   | 1,00       | 1,00          | 1,00            | 1,00          | 1,00         |
|                                        | 0.25 perc.              | 1,00   | 1,00       | 1,00          | 1,00            | 1,00          | 1,00         |
|                                        | Medián                  | 1,00   | 1,00       | 1,00          | 1,00            | 1,00          | 1,00         |
|                                        | 0.75 perc.              | 1,00   | 1,00       | 1,00          | 1,00            | 1,00          | 1,00         |
|                                        | 0.90 perc.              | 1,00   | 1,00       | 1,00          | 1,00            | 1,00          | 1,00         |

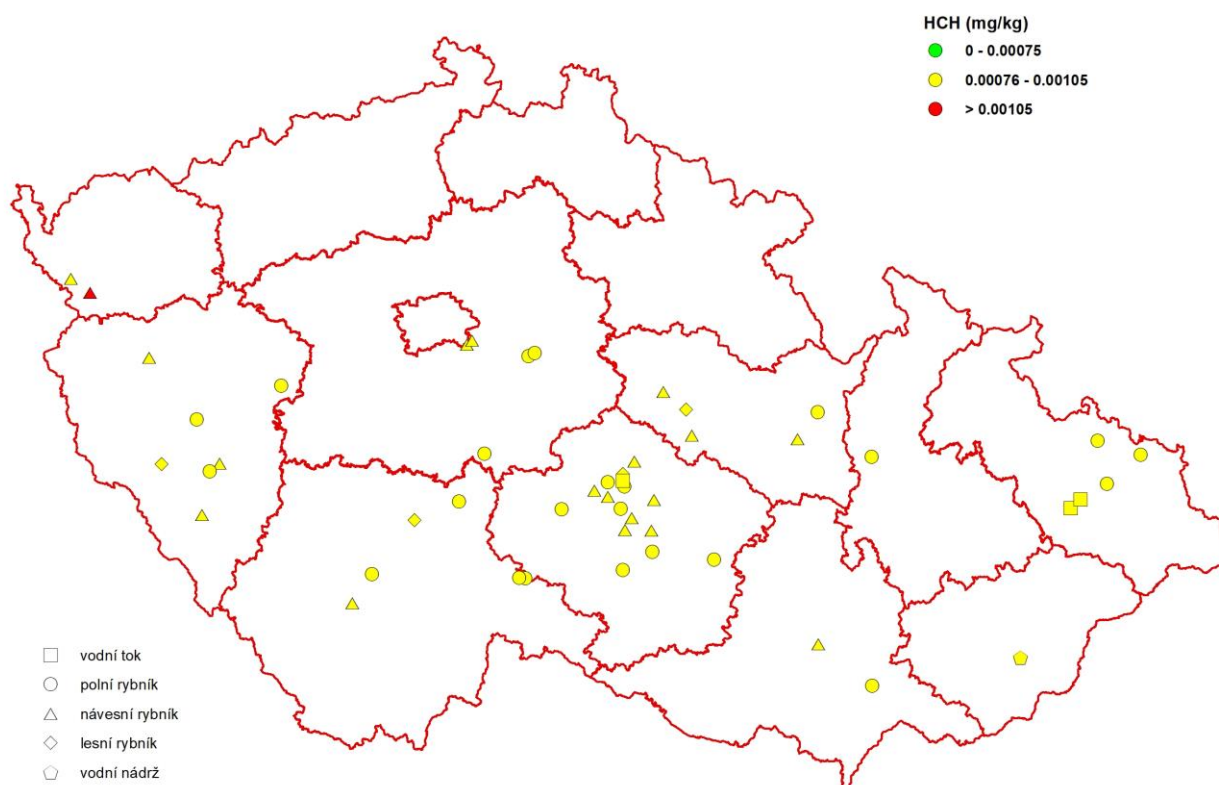
Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova), jak je uvedeno v příloze 2, se zjistilo, že mezi sedimenty vodních ploch není statisticky významný rozdíl.

Krabicový diagram (graf 33) znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů  $\Sigma$  HCH, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Mapa 21 ukazuje místa odběrů vzorků jednotlivých sedimentů spolu s vyjádřením intervalů obsahů  $\Sigma$  HCH. Obsahy  $\Sigma$  HCH jsou ve všech sledovaných krajích nízké až na jeden vzorek z Karlovarského kraje. Jedná se o sediment z návesního rybníka.

**Graf 33.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů  $\Sigma$  HCH (celkem i za jednotlivé kategorie, 2007–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 21.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s vyjádřenými intervaly obsahů  $\Sigma$  HCH (2007–2017)



### 3.3.4 HCB – hexachlorbenzen

Čtvrtým sledovaným organickým polutantem v naší databázi je hexachlorbenzen (HCB), který se sleduje od roku 2007. Obsahy HCB se pohybují v rozmezí hodnot 0,25–8,28  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , celkový průměrný obsah činí 1,45  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . Podle tabulky 23 mají nejvyšší hodnotu mediánu i průměru vodní toky, následují návesní, polní, lesní rybníky poslední jsou vodní nádrže, které jsou zatím reprezentované pouze jedním vzorkem. K parametru HCB není ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. stanovena žádná limitní hodnota.

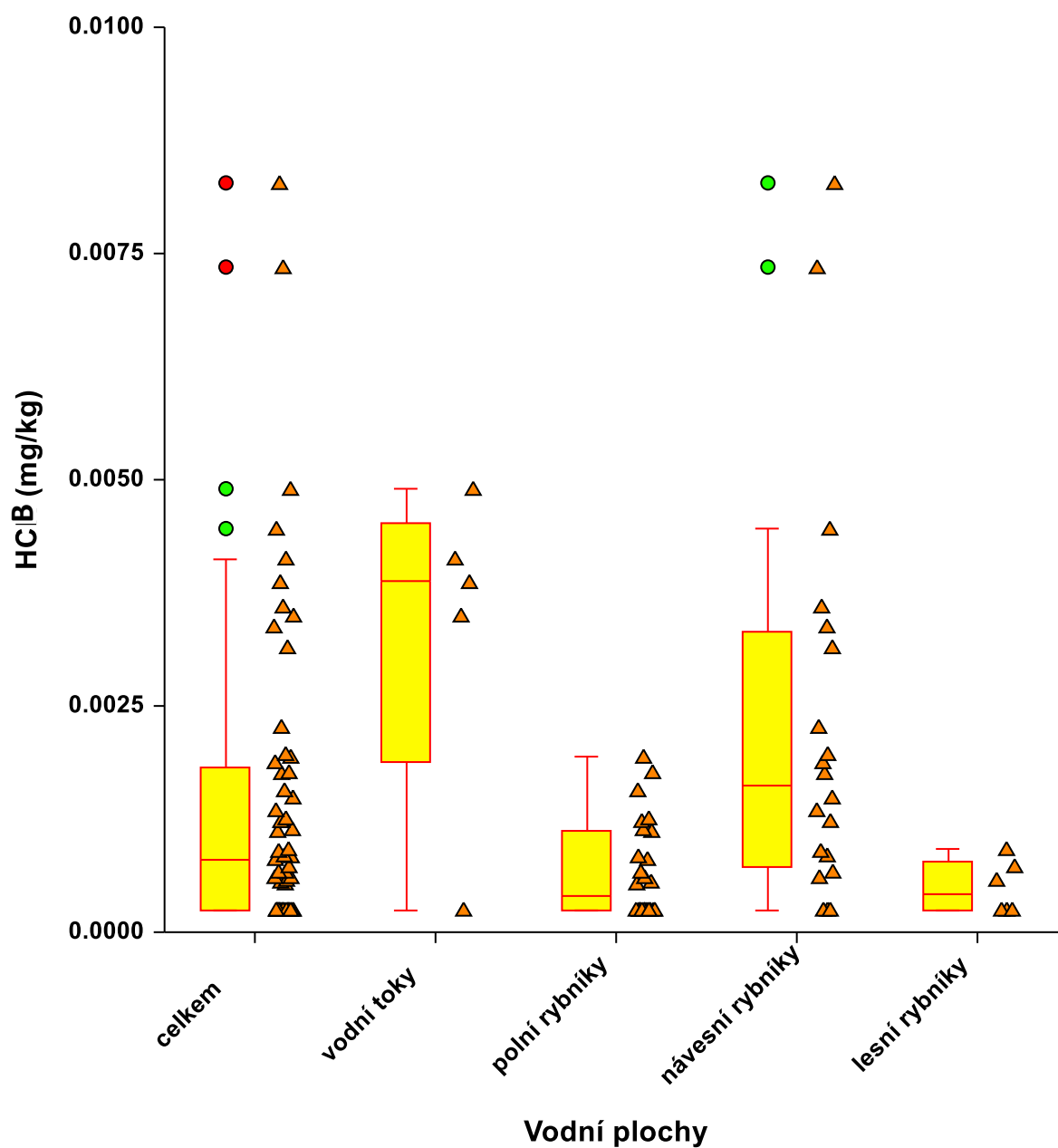
**Tabulka 23.** Základní statistika pro HCB (2007–2017)

| Parametr                      | Sedimenty vodních ploch | Celkem | Vodní toky  | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|-------------------------------|-------------------------|--------|-------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| HCB ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) | Počet vzorků            | 57     | 5           | 25            | 20              | 6             | 1            |
|                               | Průměr                  | 1,45   | <b>3,33</b> | 0,68          | 2,30            | 0,50          | 0,25         |
|                               | Min                     | 0,25   | 0,25        | 0,25          | 0,25            | 0,25          | 0,25         |
|                               | Max                     | 8,28   | 4,90        | 1,94          | 8,28            | 0,92          | 0,25         |
|                               | 0.10 perc.              | 0,25   | 1,55        | 0,25          | 0,25            | 0,25          | 0,25         |
|                               | 0.25 perc.              | 0,25   | 3,50        | 0,25          | 0,81            | 0,25          | 0,25         |
|                               | Medián                  | 0,81   | <b>3,87</b> | 0,54          | 1,63            | 0,42          | 0,25         |
|                               | 0.75 perc.              | 1,77   | 4,13        | 1,12          | 3,21            | 0,69          | 0,25         |
|                               | 0.90 perc.              | 3,71   | 4,59        | 1,45          | 4,75            | 0,83          | 0,25         |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal-Wallisova anova) se zjistil statisticky velmi významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Vodní toky a návesní rybníky mají průkazně vyšší obsahy HCB než ostatní sledované vodní plochy.

Krabicový diagram (graf 34) znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů HCB, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Mapa 22 ukazuje místa odběrů vzorků jednotlivých sedimentů spolu s vyjádřením intervalů obsahů HCB. Obsahy HCB jsou nízké až na pár výjimek z Kraje Vysočina, dále pak z Karlovarského, Moravskoslezského a Pardubického kraje. Vyšší obsahy HCB mají vesměs sedimenty z návesních rybníků a vodních toků.

**Graf 34.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů HCB (celkem i za jednotlivé kategorie, 2007–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 22.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s vyjádřenými intervaly obsahů HCB (2007–2017).

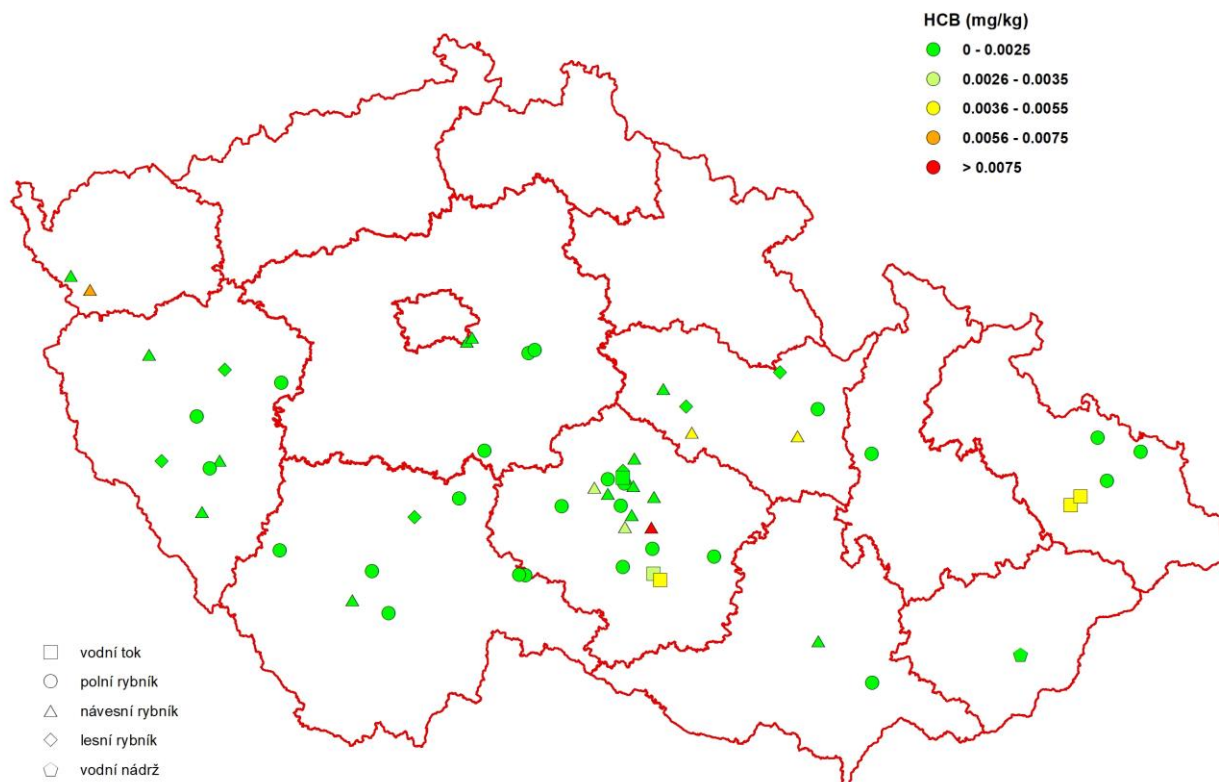


**Foto 20.** Vodní plocha – Vomelák (kategorie návesní rybník, nejvyšší obsah HCB, 2007–2017)



### 3.3.5 DDT

Mezi monitorované organické polutanty patří také DDT (pod pojmem DDT zde rozumíme sumu všech o,p'- a p,p'- izomerů DDD, DDE a DDT), které se sledují v naší databázi od roku 2007. DDT se pohybuje v rozmezí hodnot 0,036–0,353 mg.kg<sup>-1</sup>, celkový průměrný obsah činí 0,036 mg.kg<sup>-1</sup>. Podle tabulky 24 mají nejvyšší hodnotu mediánu vodní toky, po nich následují rybníky lesní, návesní, které mají nejvyšší průměrnou hodnotu, polní rybníky nejnižší mediánové obsahy mají shodně vodní nádrže, které jsou zatím reprezentované pouze jedním vzorkem. Limitní hodnotu (0,1 mg.kg<sup>-1</sup>) překročily 4 vzorky z návesních rybníků.

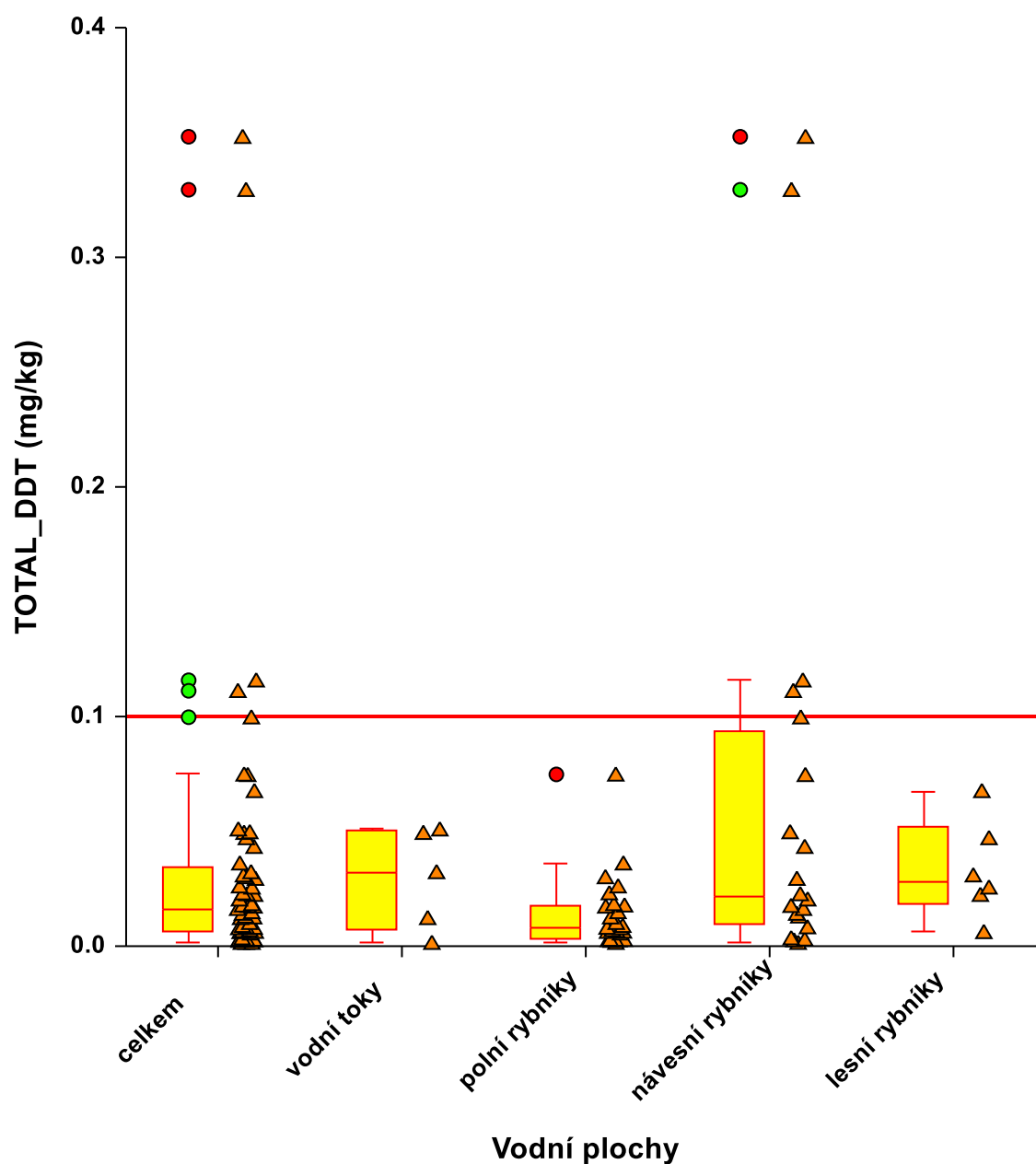
**Tabulka 24.** Základní statistika a počty překročení pro DDT podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2002–2017)

| Parametr                   | Sedimenty vodních ploch                     | Celkem     | Vodní toky   | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|----------------------------|---------------------------------------------|------------|--------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| DDT (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Počet vzorků                                | 57         | 5            | 25            | 20              | 6             | 1            |
|                            | Průměr                                      | 0,036      | 0,029        | 0,014         | <b>0,066</b>    | 0,033         | 0,007        |
|                            | Min                                         | 0,002      | 0,002        | 0,002         | 0,002           | 0,006         | 0,007        |
|                            | Max                                         | 0,353      | 0,051        | 0,075         | 0,353           | 0,068         | 0,007        |
|                            | 0.10 perc.                                  | 0,003      | 0,006        | 0,003         | 0,003           | 0,014         | 0,007        |
|                            | 0.25 perc.                                  | 0,006      | 0,012        | 0,003         | 0,012           | 0,023         | 0,007        |
|                            | Medián                                      | 0,016      | <b>0,032</b> | 0,008         | 0,022           | 0,028         | 0,007        |
|                            | 0.75 perc.                                  | 0,032      | 0,049        | 0,018         | 0,081           | 0,043         | 0,007        |
|                            | 0.90 perc.                                  | 0,075      | 0,050        | 0,028         | 0,137           | 0,057         | 0,007        |
|                            | Počet a procento překročení limitní hodnoty | 4<br>(7 %) | 0<br>(0 %)   | 0<br>(0 %)    | 4<br>(20 %)     | 0<br>(0 %)    | 0<br>(0 %)   |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Rozdíly byly zjištěny pouze mezi jednotlivými kategoriemi rybníků.

Krabicový diagram (graf 35) znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů DDT, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Mapa 23 ukazuje místa odběrů vzorků jednotlivých kategorií sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů DDT vzhledem k limitní hodnotě. Tyto hodnoty jsou z let sledování 2007–2017. Vyšší obsahy DDT se zjistily v Kraji Vysočina, kde je i jeden nadlimitní vzorek, dále pak v Karlovarském kraji také s jedním nadlimitním vzorkem, další nadlimitní vzorky byly nalezeny v Jihočeském kraji a Pardubickém kraji. Dva sedimenty s vyššími obsahy DDT se nacházejí také v Plzeňském kraji. Všechny nadlimitní sedimenty patří do kategorie návesních rybníků.

**Graf 35.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů a limitní hodnota pro DDT podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (celkem i za jednotlivé kategorie, 2007–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 23.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů DDT vzhledem k limitní hodnotě podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2007–2017)

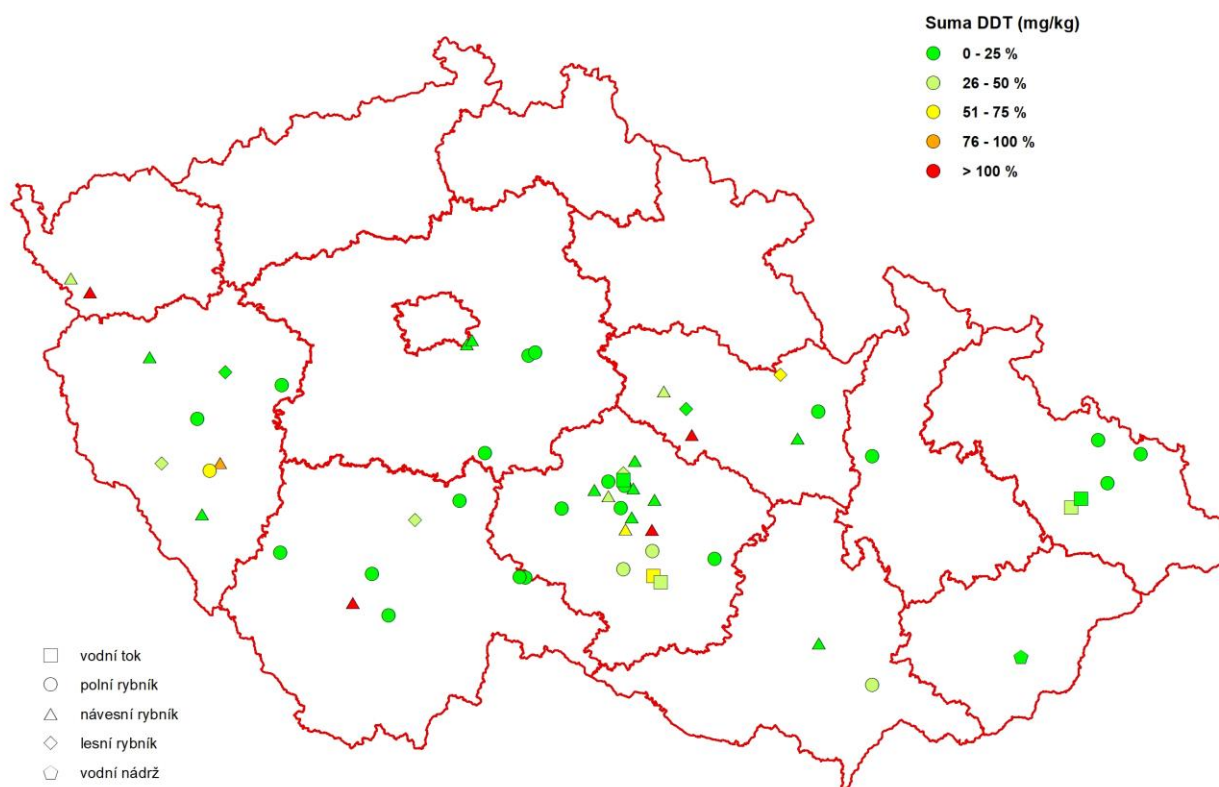


**Foto 21.** Vodní plocha – Požární nádrž Stará Voda (kategorie návesní rybník, nejvyšší obsah DDT, 2007–2017)



### 3.3.6 PAU – Polycyklické aromatické uhlovodíky

Kromě výše zmíněných organických polutantů se od roku 2009 sledují polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Ve vzorcích je stanoveno 16 EPA PAU, z nichž se následně vybírá 12 individuálních PAU, které jsou vyjmenované ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. Limitní hodnota je stanovena pro sumu těchto 12 uhlovodíků. S touto hodnotou se dále pracuje v dalším textu. Obsahy PAU se pohybují v rozmezí hodnot 0,15–50,3 mg.kg<sup>-1</sup>, celkový průměrný obsah činí 5,53 mg.kg<sup>-1</sup>. Podle tabulky 25 mají nejvyšší hodnotu mediánu i průměru vodní toky, po nich následují rybníky návesní, vodní nádrže, které jsou zatím reprezentované pouze jedním vzorkem, rybníky lesní a poslední s nejnižší hodnotou mediánu jsou polní rybníky. Limitní hodnotu (6 mg.kg<sup>-1</sup>) pro PAU překročilo 12 vzorků nejvíce, osm, jich bylo v kategorii návesní rybníky, dál to jsou dva vzorky z vodních toků a taktéž dva vzorky z polních rybníků. Zatím se nenašli nadlimitní vzorky z lesních rybníků a vodních nádrží.

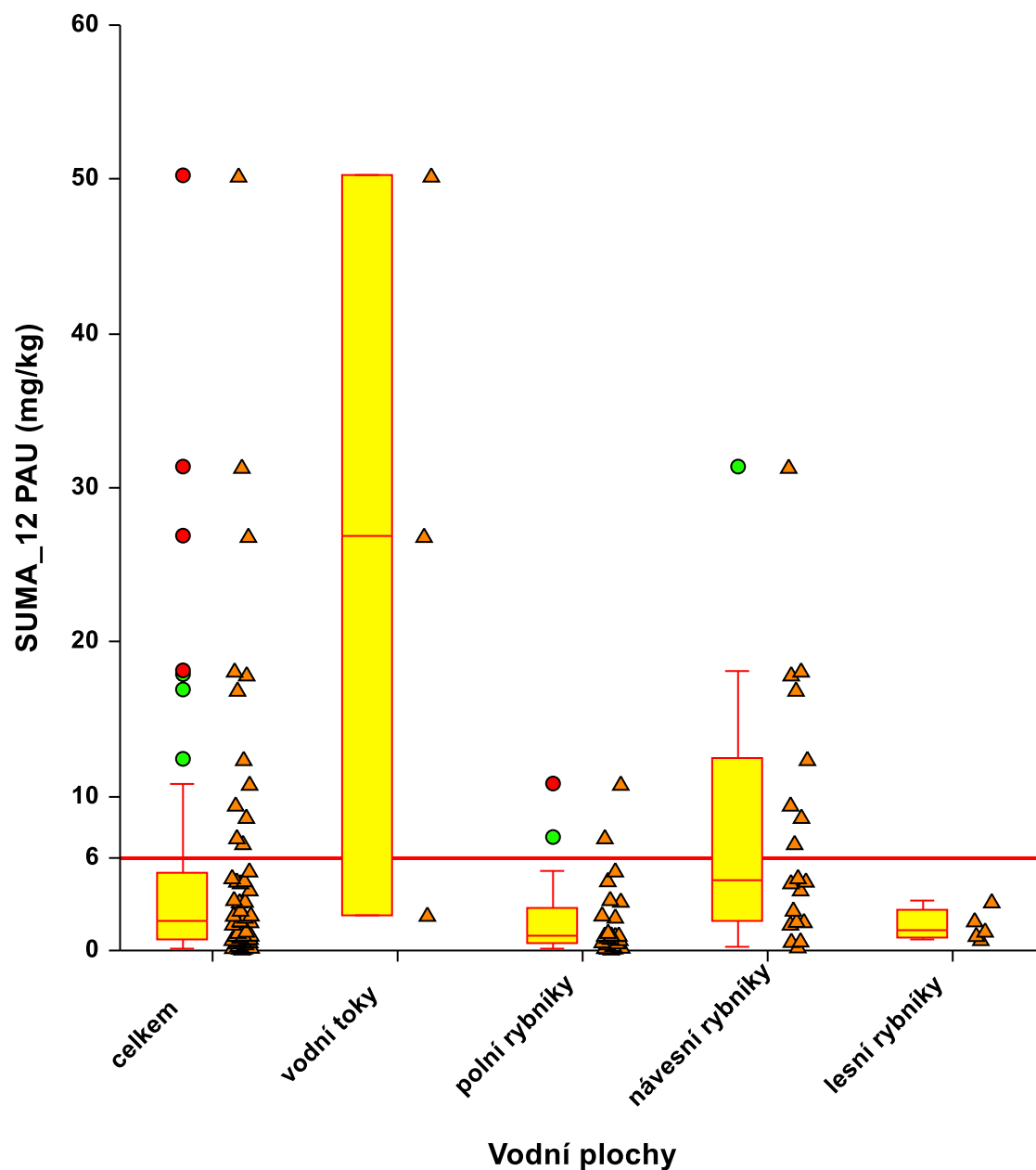
**Tabulka 25.** Základní statistika a počty překročení pro sumu 12 PAU podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2009-2017)

| Parametr                   | Sedimenty vodních ploch                     | Celkem         | Vodní toky    | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|----------------------------|---------------------------------------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| PAU (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Počet vzorků                                | 52             | 3             | 24            | 19              | 5             | 1            |
|                            | Průměr                                      | 5,53           | 26,5          | 2,00          | 7,87            | 1,65          | 2,21         |
|                            | Min                                         | 0,15           | 2,33          | 0,15          | 0,27            | 0,76          | 2,21         |
|                            | Max                                         | 50,3           | 50,3          | 10,8          | 31,4            | 3,20          | 2,21         |
|                            | 0.10 perc.                                  | 0,30           | 7,25          | 0,22          | 0,66            | 0,86          | 2,21         |
|                            | 0.25 perc.                                  | 0,76           | 14,6          | 0,46          | 1,93            | 1,02          | 2,21         |
|                            | Medián                                      | 1,96           | 26,9          | 0,96          | 4,55            | 1,31          | 2,21         |
|                            | 0.75 perc.                                  | 4,88           | 38,6          | 2,57          | 10,9            | 1,98          | 2,21         |
|                            | 0.90 perc.                                  | 16,5           | 45,6          | 5,02          | 18,0            | 2,71          | 2,21         |
|                            | Počet a procento překročení limitní hodnoty | 12<br>(23,1 %) | 2<br>(66,7 %) | 2<br>(8,3 %)  | 8<br>(42,1 %)   | 0<br>(0 %)    | 0<br>(0 %)   |

Statistickým testováním průkazností rozdílů středních hodnot mezi skupinami/kategoriemi sedimentů vodních ploch (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky velmi významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Rozdíly byly zjištěny pro vodní toky a rybníky polní a návesní.

Krabicový diagram (graf 36) znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů PAU, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Mapa 24 ukazuje místa odběrů vzorků jednotlivých sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů PAU vzhledem k limitní hodnotě. Tyto hodnoty jsou z let sledování 2009–2017. Nejvíce nadlimitních vzorků se našlo v Kraji Vysočina (celkem 5), dále shodně po dvou nadlimitních vzorcích mají Plzeňský a Moravskoslezský kraj a po jednom vzorku Karlovarský a Jihomoravský kraj.

**Graf 36.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů a limitní hodnota pro sumu 12 PAU podle vyhl. č. 257/2009 Sb (celkem i za jednotlivé kategorie, 2009–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 24.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů PAU vzhledem k limitní hodnotě podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2009–2017)

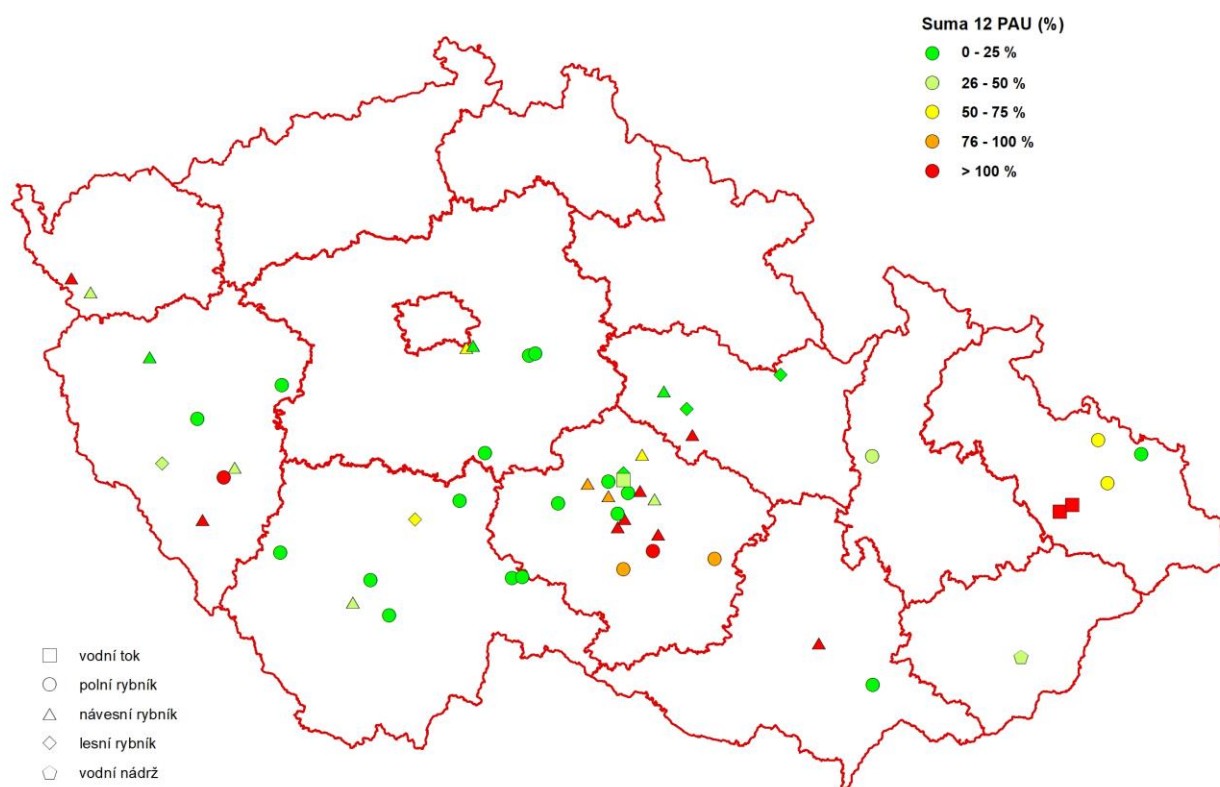
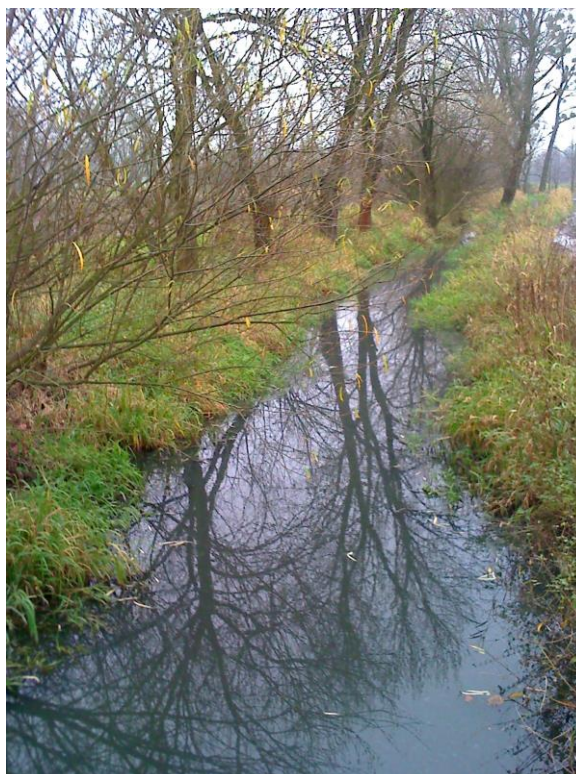


**Foto 22.** Vodní plocha – Pustějovský potok (kategorie vodní tok, nejvyšší obsah PAU, 2009–2017)



### 3.3.7 PBDE – Polybromované difenylethery

PBDE je dalším z námi sledovaných organických polutantů. Parametr se sledoval od roku 2011 do 2016. Obsahy jednotlivých kongenerů PBDE vycházely v laboratoři velmi často pod hranicí detekce. Obsahy PBDE se pohybovaly v rozmezí hodnot 0,45–1,90  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , celkový průměrný obsah činil 0,53  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . Podle tabulky 26 měli nejvyšší hodnotu mediánu i průměru vodní toky – zastoupené pouze jedním vzorkem, druhou nejvyšší hodnotu mají návesní rybníky, zbylé kategorie vodních ploch jsou si obsahově podobné. K parametru PBDE není ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. stanovena žádná limitní hodnota.

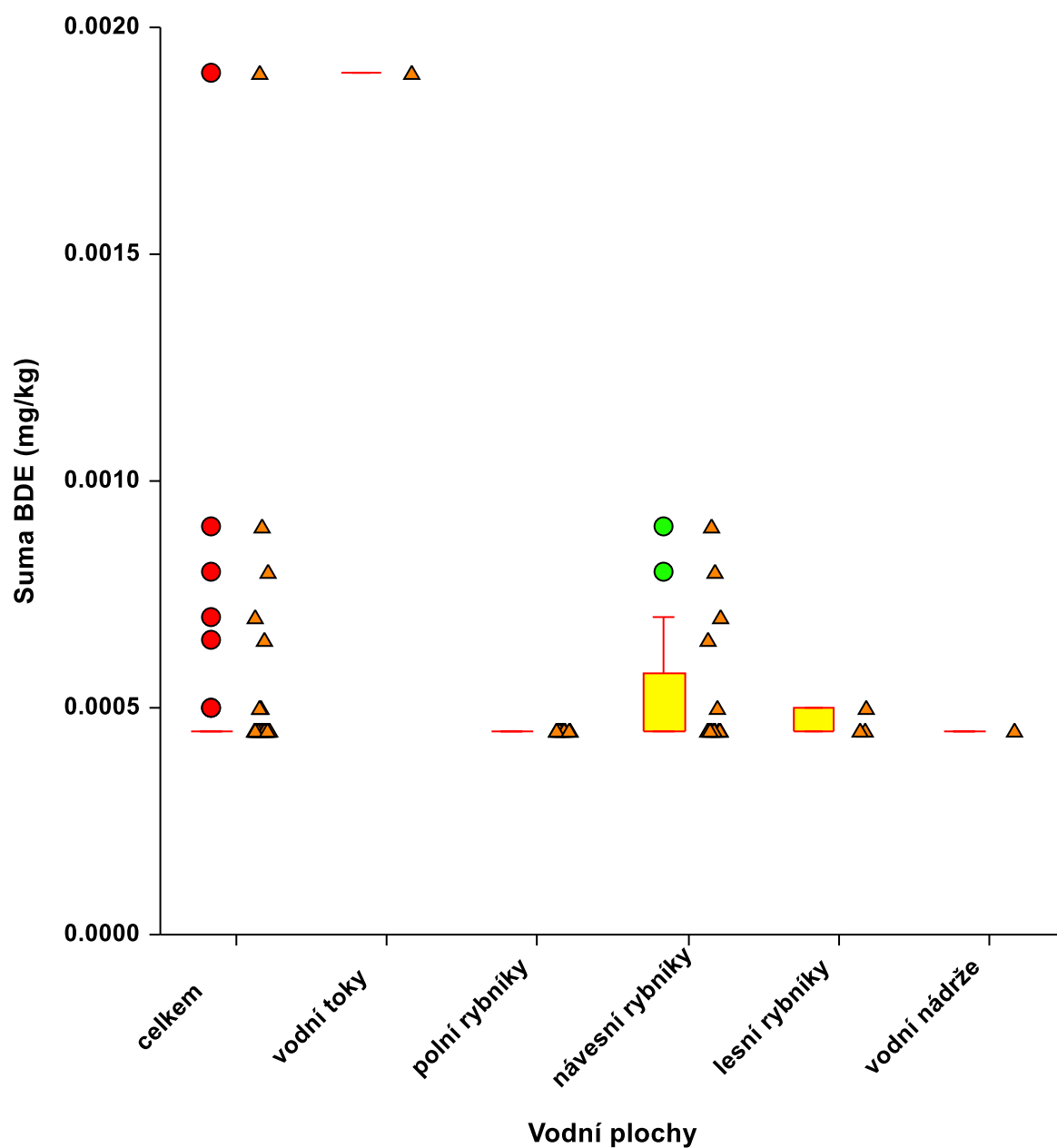
**Tabulka 26.** Základní statistika pro PBDE (2011–2016)

| Parametr                          | Sedimenty<br>vodních ploch | Celkem | Vodní<br>toky | Polní<br>rybníky | Návesní<br>rybníky | Lesní<br>rybníky | Vodní<br>nádrže |
|-----------------------------------|----------------------------|--------|---------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|
| PBDE<br>( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) | Počet vzorků               | 37     | 1             | 15               | 17                 | 3                | 1               |
|                                   | Průměr                     | 0,53   | <b>1,90</b>   | 0,45             | 0,53               | 0,47             | 0,45            |
|                                   | Min                        | 0,45   | 1,90          | 0,45             | 0,45               | 0,45             | 0,45            |
|                                   | Max                        | 1,90   | 1,90          | 0,45             | 0,90               | 0,50             | 0,45            |
|                                   | 0.10 perc.                 | 0,45   | 1,90          | 0,45             | 0,45               | 0,45             | 0,45            |
|                                   | 0.25 perc.                 | 0,45   | 1,90          | 0,45             | 0,45               | 0,45             | 0,45            |
|                                   | Medián                     | 0,45   | <b>1,90</b>   | 0,45             | 0,45               | 0,45             | 0,45            |
|                                   | 0.75 perc.                 | 0,45   | 1,90          | 0,45             | 0,50               | 0,50             | 0,45            |
|                                   | 0.90 perc.                 | 0,70   | 1,90          | 0,45             | 0,80               | 0,50             | 0,45            |

Statistickým testováním průkazností rozdílů mezi skupinami (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Byly zjištěny průkazně vyšší obsahy PBDE ve vodních tocích.

Krabicový diagram (graf 37) znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů PBDE, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Mapa 25 ukazuje místa odběrů vzorků jednotlivých sedimentů spolu s vyjádřením intervalů obsahů PBDE. Obsahy PBDE jsou nízké. Během sledování bylo nalezeno pouze pět vzorků s obsahy vyššími než limit stanovitelnosti (0,5  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ).

**Graf 37.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů PBDE (celkem i za jednotlivé kategorie 2011–2016); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 25.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s vyjádřenými intervaly obsahů PBDE (2011–2016)

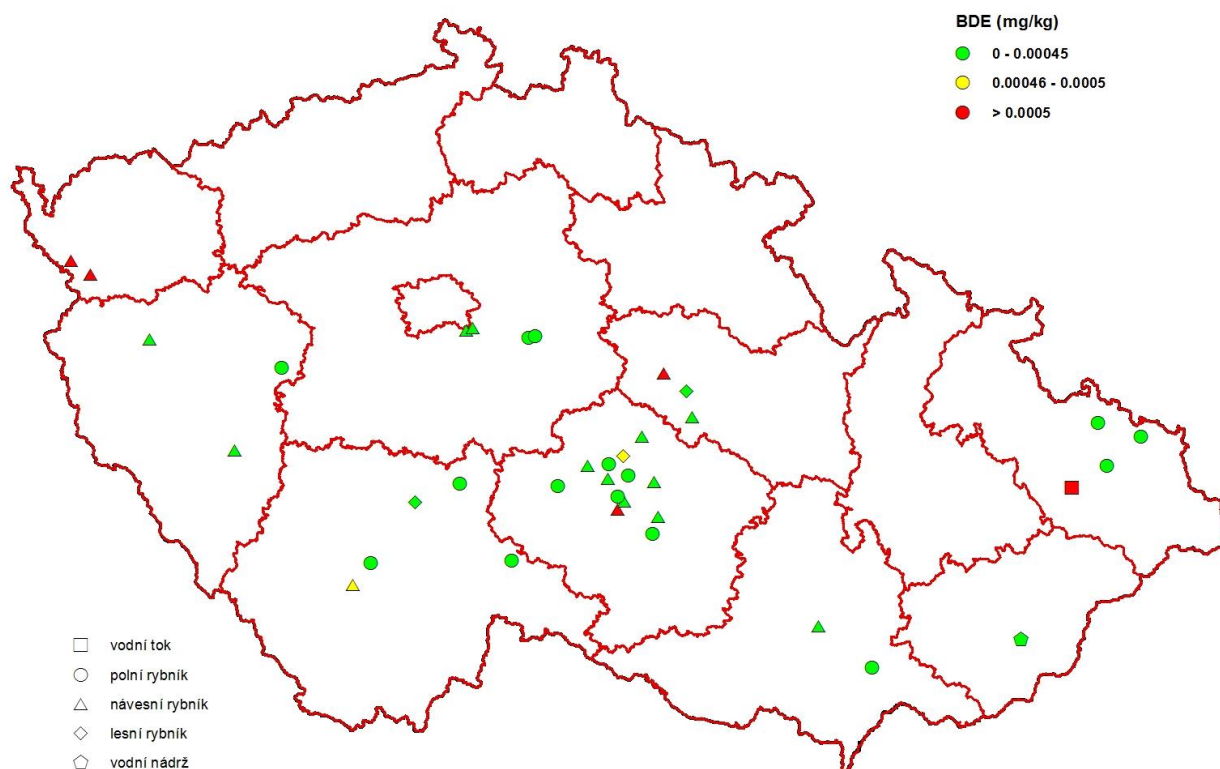
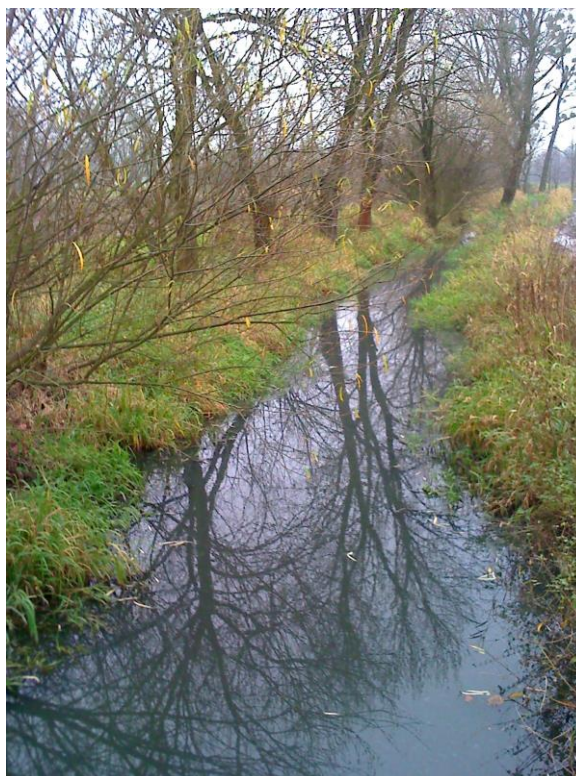


**Foto 23.** Vodní plocha – Pustějovský potok (kategorie vodní tok, nejvyšší obsah PBDE, 2011–2016)



### 3.3.8 Uhlovodíky C10–C40

Posledními ze sledovaných organických polutantů jsou od roku 2016 uhlovodíky C10–C40. Obsahy uhlovodíků C10–C40 se pohybují v rozmezí hodnot 10–944 mg.kg<sup>-1</sup>, celkový průměrný obsah činí 109 mg.kg<sup>-1</sup>. Podle tabulky 27 mají nejvyšší hodnotu mediánu i průměru vodní toky, po nich následují rybníky návesní, polní a poslední s nejnižší hodnotou mediánu jsou rybníky lesní. Sedimenty vodních nádrží pro tento parametr zatím nejsou odebrány. Limitní hodnotu pro C10–C40 překročily 2 vzorky, a to jeden vzorek z vodních toků a jeden vzorek z návesních rybníků.

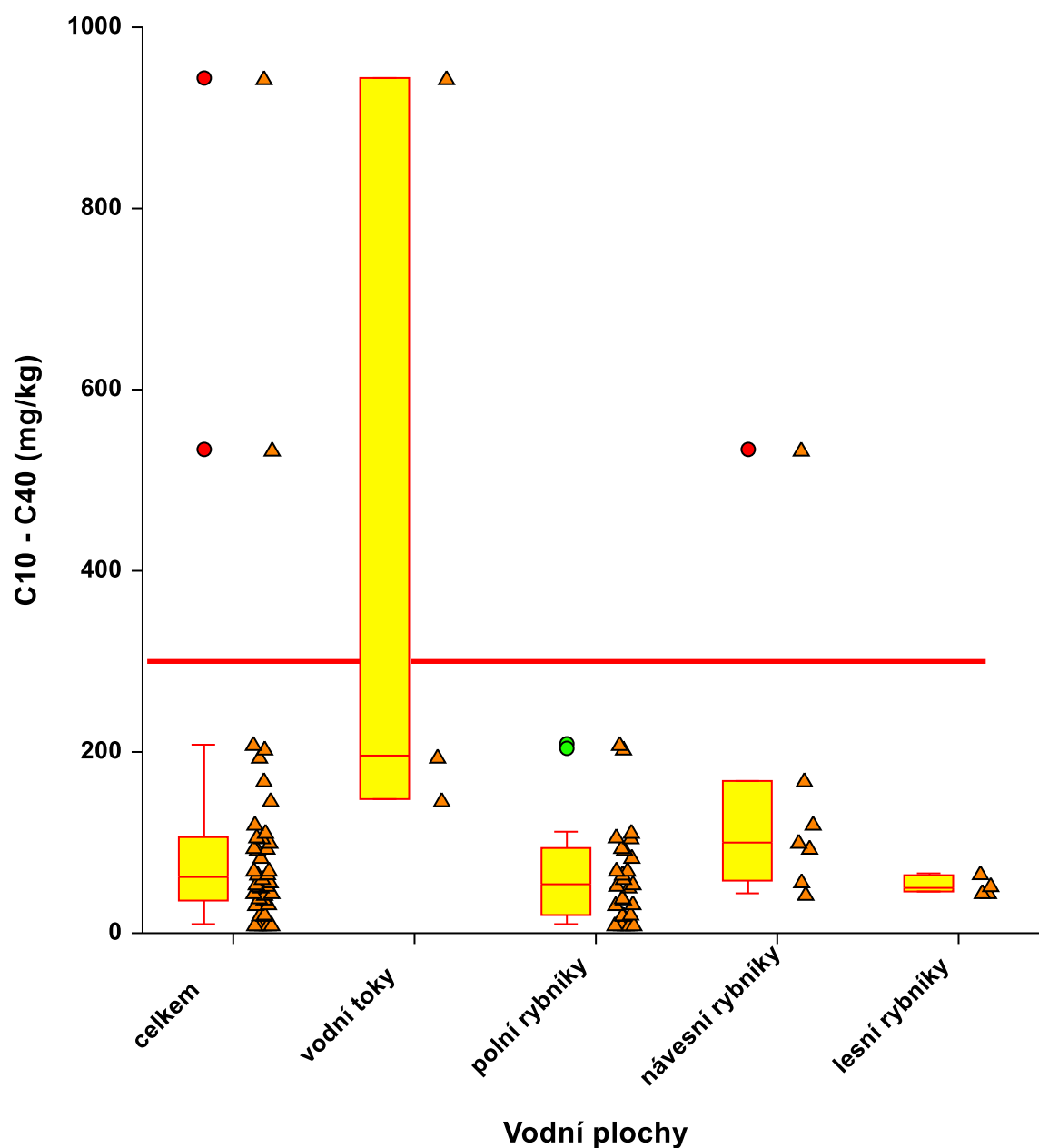
**Tabulka 27.** Základní statistika a počty překročení pro C10–C40 podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2016–2017)

| Parametr                            | Sedimenty vodních ploch                     | Celkem       | Vodní toky    | Polní rybníky | Návesní rybníky | Lesní rybníky | Vodní nádrže |
|-------------------------------------|---------------------------------------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| <b>C10–C40 (mg.kg<sup>-1</sup>)</b> | Počet vzorků                                | 41           | 3             | 27            | 7               | 4             | 0            |
|                                     | Průměr                                      | 105          | <b>429</b>    | 62,8          | 160             | 52,7          | -            |
|                                     | Min                                         | 10,0         | 147           | 10,0          | 43,6            | 45,5          | -            |
|                                     | Max                                         | 944          | 944           | 209           | 534             | 66,4          | -            |
|                                     | 0.10 perc.                                  | 10,0         | 157           | 10,0          | 51,9            | 45,5          | -            |
|                                     | 0.25 perc.                                  | 38,5         | 171           | 21,4          | 75,9            | 45,5          | -            |
|                                     | Medián                                      | 61,1         | <b>195</b>    | 53,6          | 101             | 49,4          | -            |
|                                     | 0.75 perc.                                  | 106          | 570           | 88,8          | 145             | 56,5          | -            |
|                                     | 0.90 perc.                                  | 195          | 794           | 109           | 315             | 62,4          | -            |
|                                     | Počet a procento překročení limitní hodnoty | 2<br>(5,1 %) | 1<br>(33,3 %) | 0<br>(0 %)    | 1<br>(14,3 %)   | 0<br>(0 %)    | -            |

Statistickým testováním průkazností rozdílů mezi skupinami (Kruskal–Wallisova anova) se zjistil statisticky významný rozdíl, jak je uvedeno v příloze 2. Tyto rozdíly jsou jak mezi vodními toky a jednotlivými kategoriemi rybníků tak i v rámci jednotlivých kategorií rybníků.

Krabicový diagram v grafu 38 znázorňuje základní statistické charakteristiky, rozložení obsahů C10–C40, a to celkem i za jednotlivé kategorie. Mapa 26 ukazuje místa odběrů vzorků jednotlivých sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů C10–C40 vzhledem k limitní hodnotě. Tyto hodnoty jsou z let sledování 2016–2017. Jak je z mapy vidět, našli se zatím pouze dva vzorky s nadlimitními obsahy uhlovodíků C10–C40. Obsahy uhlovodíků C10–C40 se obecně pohybují pod 50 % obsahu limitu uvedeném ve vyhlášce č. 257/2009 Sb.

**Graf 38.** Krabicový diagram – grafické znázornění statistických charakteristik (obrázek 3), rozložení obsahů a limitní hodnota pro C10–C40 podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (celkem i za jednotlivé kategorie, 2016–2017); trojúhelníčky značí jednotlivé odběrové body



**Mapa 26.** Místa odběrů vzorků sedimentů spolu s procentickým vyjádřením obsahů C10-C40 vzhledem k limitní hodnotě podle vyhl. č. 257/2009 Sb. (2016–2017)

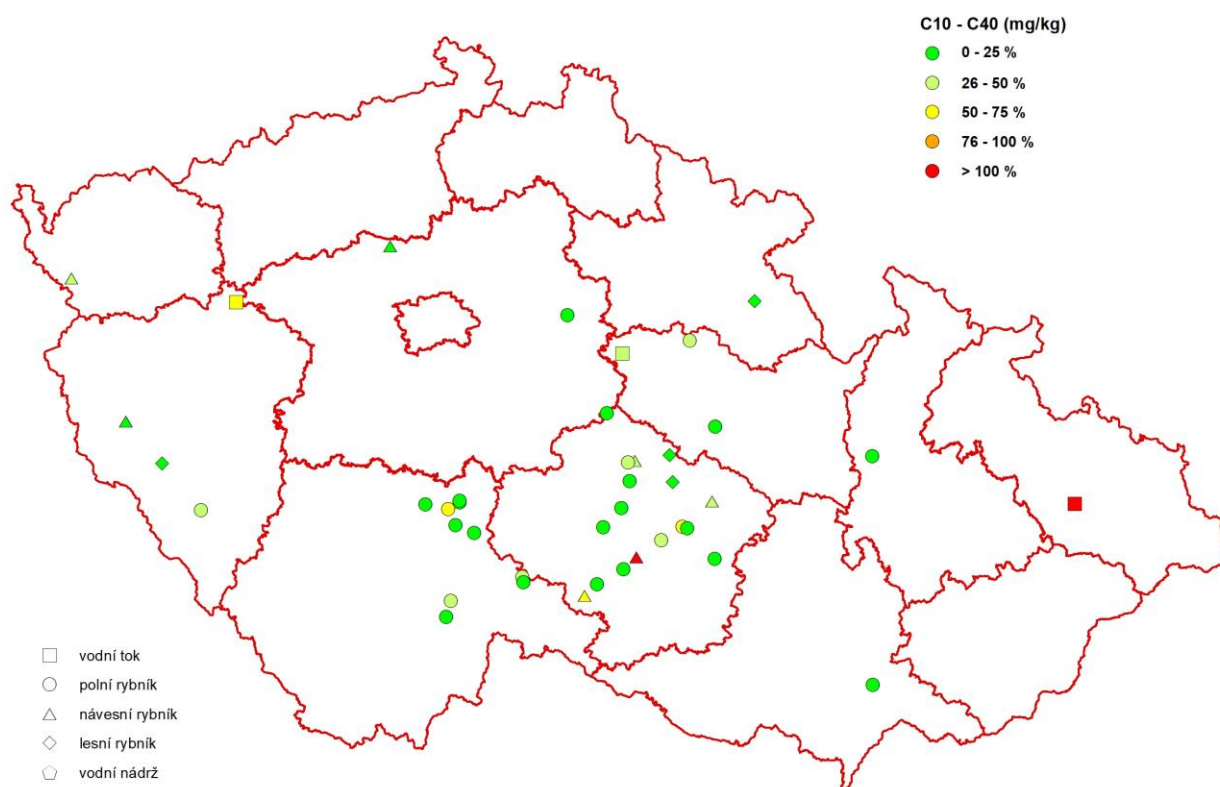
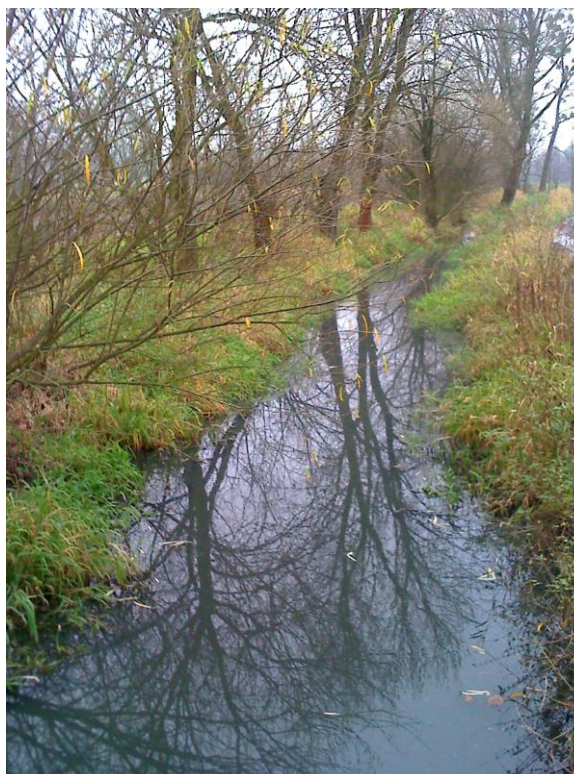


**Foto 24.** Vodní plocha – Pustějovský potok (kategorie vodní tok, nejvyšší obsah C10–C40, 2016–2017)



## 4 POROVNÁNÍ SE ZEMĚDĚLSKOU PŮDOU

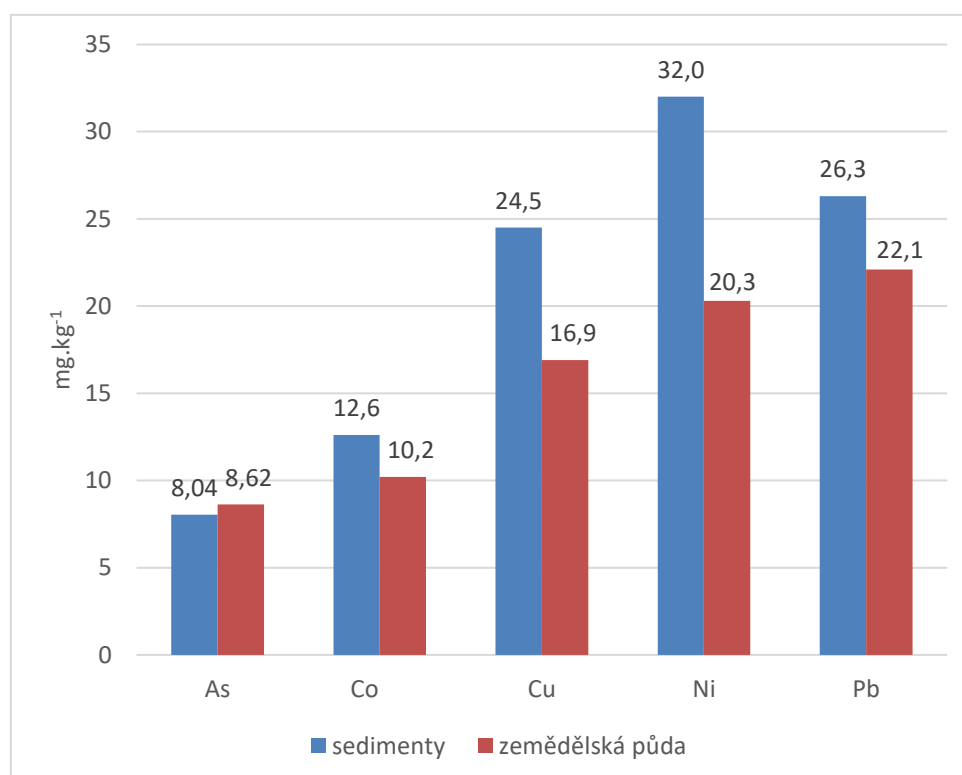
### 4.1 Rizikové prvky

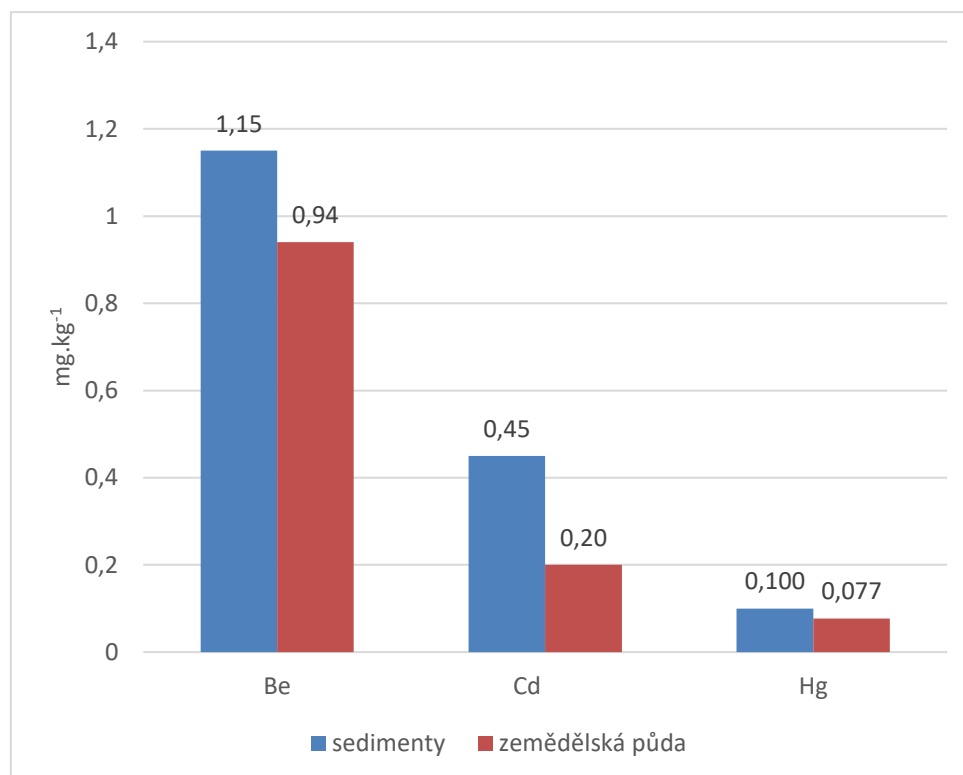
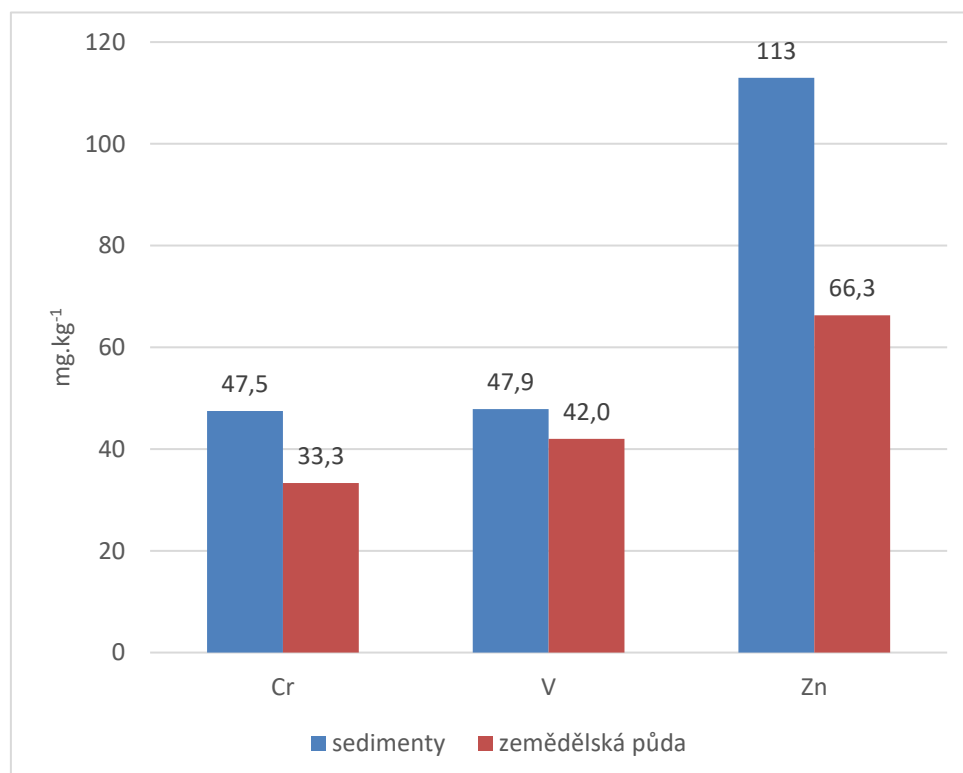
Srovnání mediánových obsahů rizikových prvků v sedimentech a v zemědělské půdě ukazují grafy 39–41. Obsahy rizikových prvků pro zemědělskou půdu jsou převzaty z Registru kontaminovaných ploch. Z grafů vyplývá, že obsahy sledovaných prvků v sedimentech jsou vždy vyšší než v půdách, kromě As. Podle velikosti rozdílu obsahu prvku v sedimentu a půdě lze rizikové prvky rozdělit na tři skupiny:

1. Obsah prvků v sedimentech je vyšší, o více než 30 %, než je obvyklé v zemědělských půdách ČR. Mezi tyto prvky patří Cd s absolutně nejvyšším obsahem oproti půdě, dále pak Zn, Ni a Cu.
2. Obsah prvků v sedimentech je v rozmezí 15–30 % běžných obsahů v půdách, patří mezi ně Cr, Hg, Co, Be a Pb.
3. Obsah prvků v sedimentech je 15 % a méně vzhledem k obsahům v půdě, sem patří rizikový prvek V.

Posledním nejmenovaným prvkem je As, u kterého je zajímavé, že jeho obsahy v sedimentech jsou nižší než v zemědělských půdách.

**Graf 39.** Mediánové obsahy rizikových prvků (As, Co, Cu, Ni, Pb) v sedimentech a v zemědělských půdách ČR

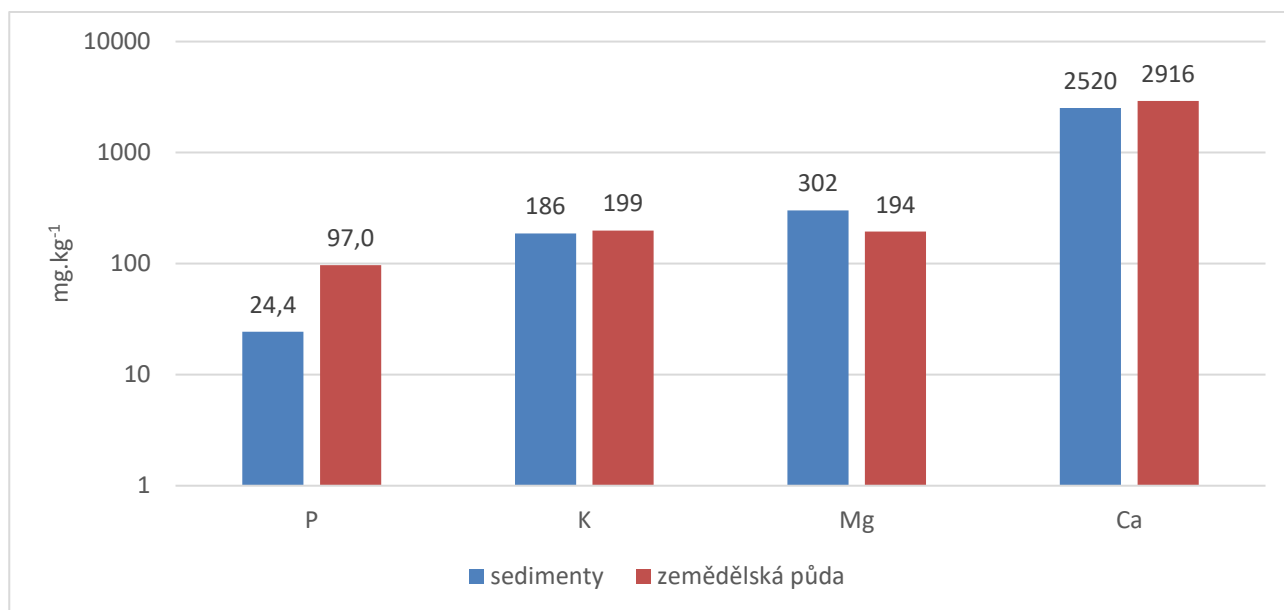


**Graf 40.** Mediánové obsahy rizikových prvků (Be, Cd, Hg) v sedimentech a v zemědělských půdách ČR**Graf 41.** Mediánové obsahy rizikových prvků (Cr, V, Zn) v sedimentech a v zemědělských půdách ČR

## 4.2 Hnojivá hodnota

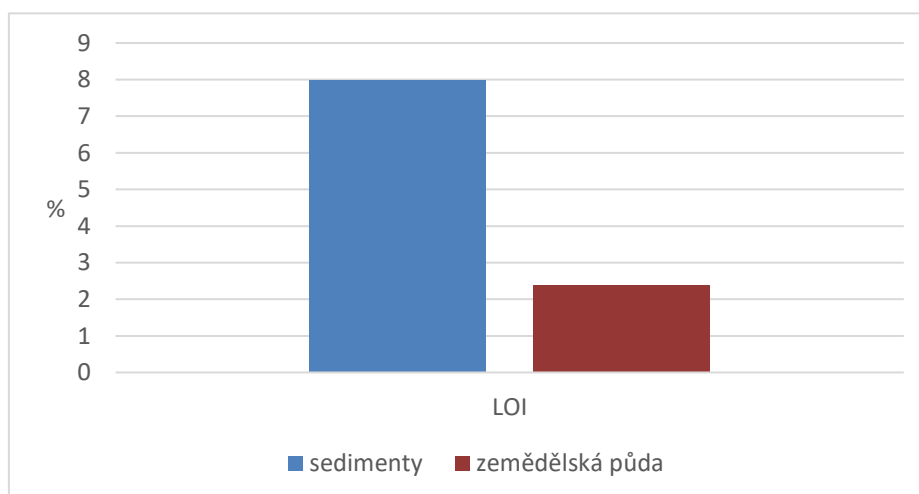
Srovnání obsahů živin v sedimentech a v zemědělské půdě ukazuje graf 42. Obsahy P jsou v sedimentech nižší než v zemědělských půdách, obsahy K a Ca jsou takřka totožné, naopak obsahy Mg jsou v sedimentech vyšší o více než 35 %. Hodnoty obsahů živin v půdách jsou použity z výstupů Agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP).

**Graf 42.** Mediány obsahů živin (P, K, Mg a Ca) v sedimentech a v zemědělských půdách; na ose y je použita logaritmická stupnice



Hodnoty spalitelných látek v sušině (LOI) jsou v sedimentech mnohem vyšší než v zemědělských půdách (graf 43).

**Graf 43.** Hodnoty spalitelných látek v sušině (LOI) v sedimentech a v zemědělských půdách

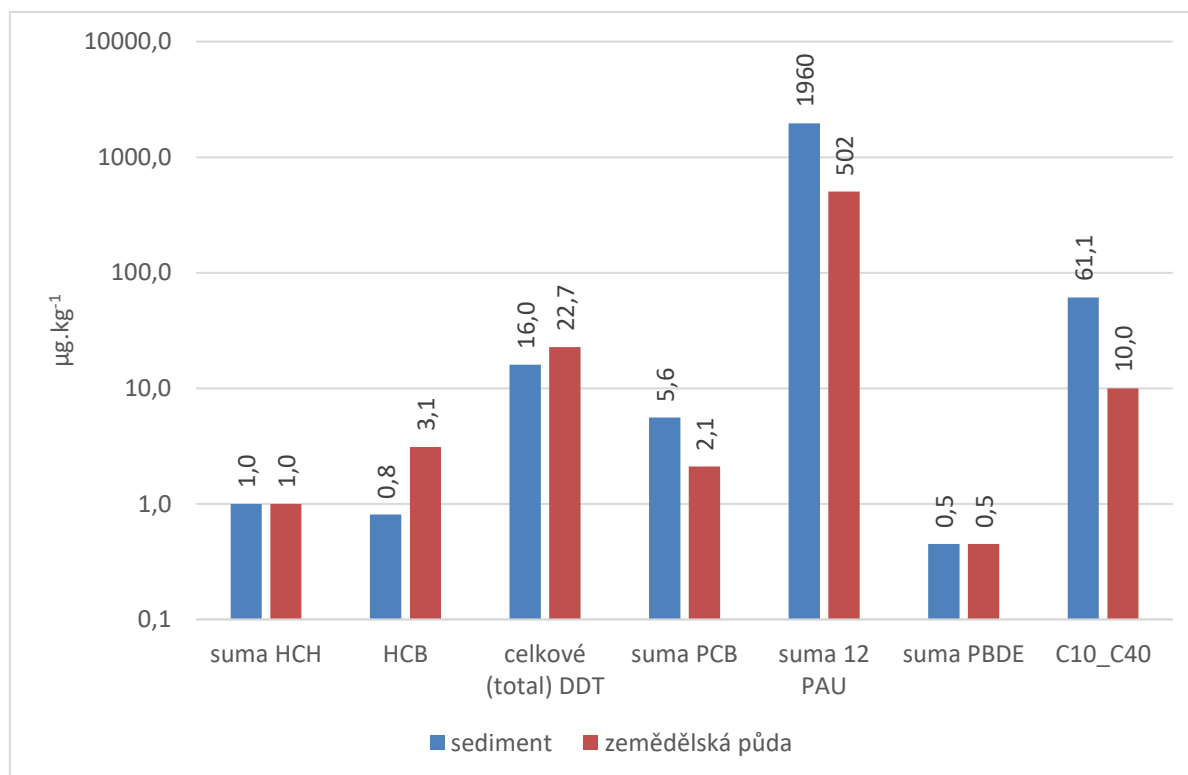


Zrnitostní složení sedimentů je obrazem zrnitostního složení půd nacházejících se v povodí, nebo v blízkosti vodních ploch.

### 4.3 Rizikové látky

Porovnání obsahů (mediánů) rizikových látek v sedimentech a zemědělských půdách (využita data z BMP) ukazuje graf 44. Z něj je patrné, že v sedimentech jsou oproti zemědělským půdám vysoké obsahy zejména sumy 12 PAU, uhlovodíků C10-C40 a sumy PCB. Obsahy zbylých rizikových látek jsou shodné (suma HCH, suma PBDE), nebo nižší (HCB, DDT) oproti zemědělským půdám.

**Graf 44.** Rizikové látky v sedimentech a v zemědělských půdách – v grafu jsou použity mediány; na ose y je použita logaritmická stupnice

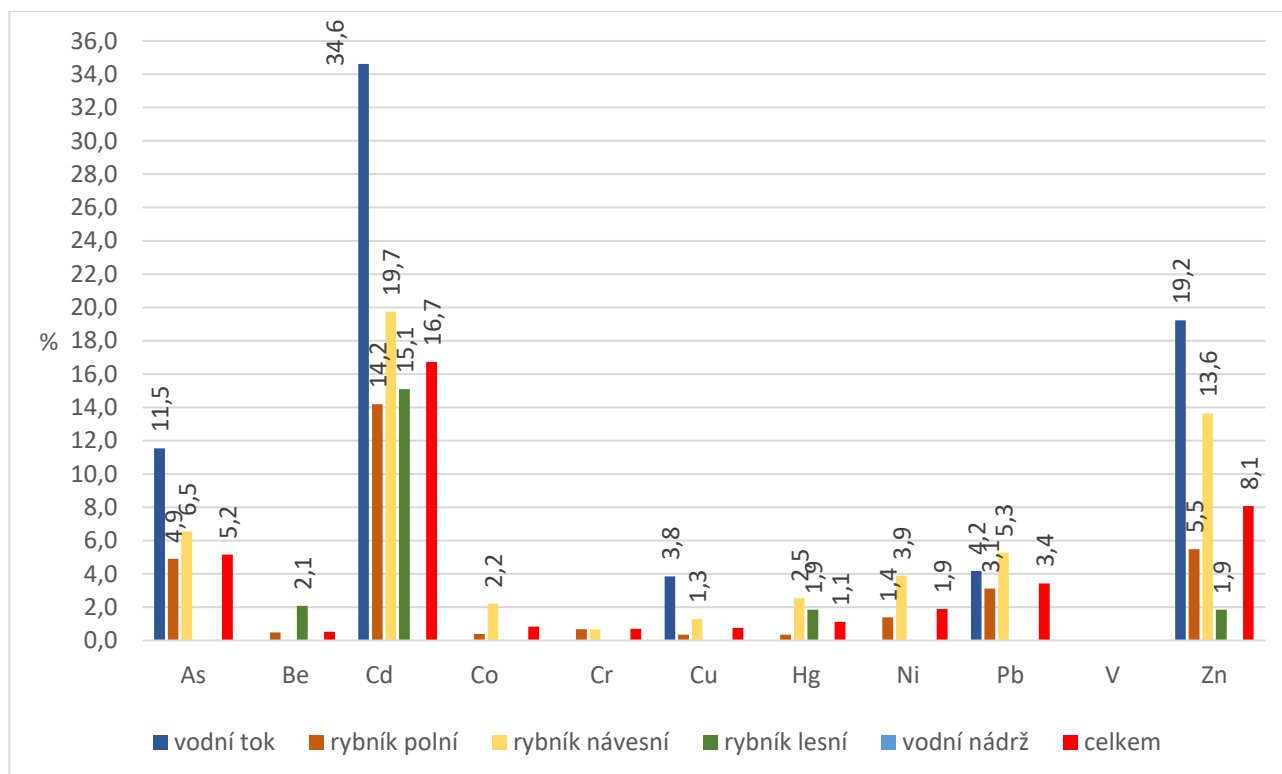


## 5 SHRNU TÍ

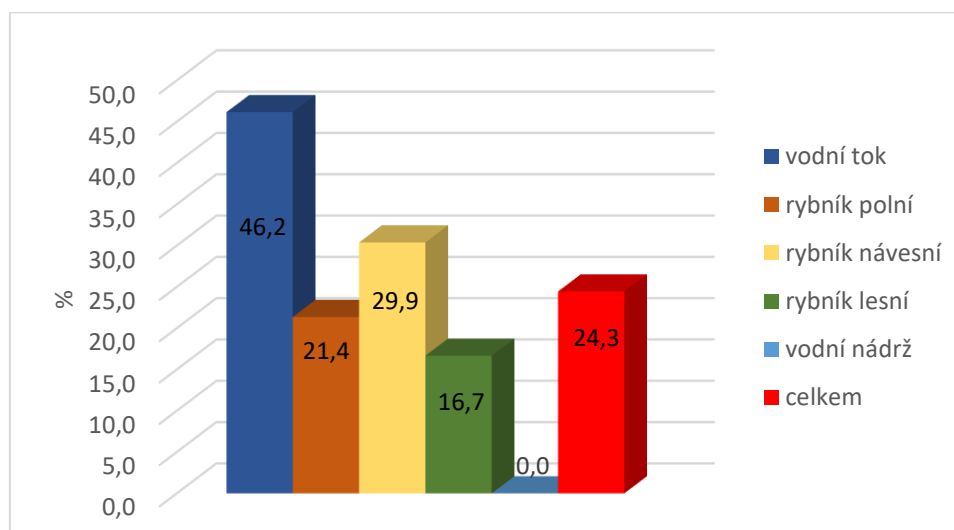
### 5.1 Rizikové prvky

Obsahy sledovaných rizikových prvků celkem i za jednotlivé kategorie jsou uvedeny výše v jednotlivých kapitolách. Rizikové prvky, které překračují limitní hodnoty uvedené ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. z více jak 3 %, jsou As (5,2 %), Cd (16,7 %), Pb (3,4 %) a Zn (8,1 %), jak uvádí graf 45, kde jsou zobrazeny procenta překročení limitní hodnoty celkem a za jednotlivé kategorie.

**Graf 45.** Procenta překročení limitní hodnoty pro jednotlivé rizikové prvky za jednotlivé kategorie vodních ploch a celkem



**Graf 46.** Procenta počtu vzorků, které překročily limitní hodnoty za jednotlivé kategorie vodních ploch a celkem



Z celkového počtu 538 vzorků v databázi je 131 vzorků nadlimitních (24,3 %) viz graf 46, což je skoro čtvrtina vzorků a z těchto nadlimitních vzorků má 47 vzorků současně dva a více rizikových prvků s nadlimitními hodnotami. Nejčastěji se jedná o kombinaci výše zmíněných rizikových prvků (As, Cd, Pb, Zn).

Pro sedimenty, které splňují podmínky vyhlášky 257/2009 Sb. a mohou se aplikovat na zemědělskou půdu v množství uvedeném v příloze č. 5 téže vyhlášky platí pro rizikové prvky, že při aplikaci sedimentu:

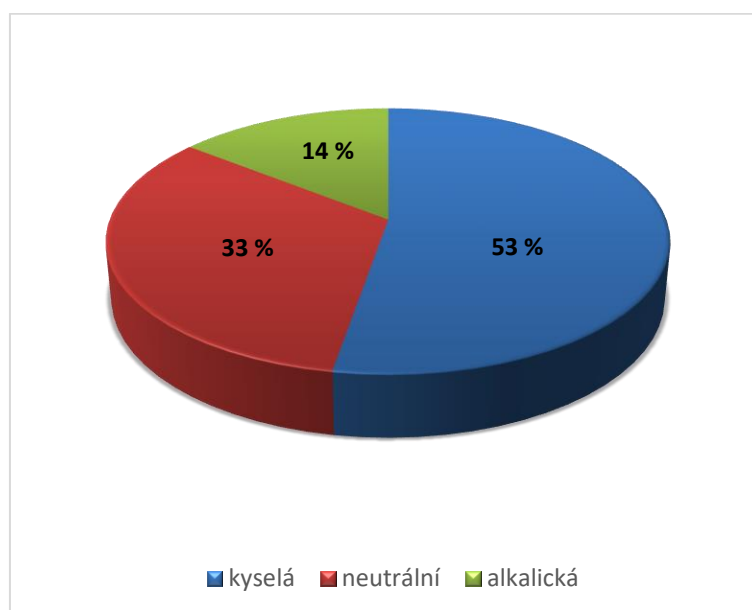
- na lehké půdy:
  - se jejich předpokládaná koncentrace může vždy zvýšit, výjimkou jsou As a Cr při aplikaci jílovitého sedimentu;
  - je procentuálně největší zvýšení koncentrace prakticky vždy po aplikaci sedimentu jílovitohlinitého nebo hlinitého.
- na běžné půdy:
  - výsledné obsahy po aplikaci sedimentu vzrůstají, výjimkou je As při aplikaci sedimentu písčitého, hlinitého a jílovitého;
  - předpokládaná koncentrace poklesne po aplikaci jílovitého sedimentu, výjimkou je Be;
  - je největší zvýšení obsahů po aplikaci hlinitého sedimentu.

## 5.2 Hnojivá hodnota

Obsahy živin ve sledovaných sedimentech byly hodnoceny podle kritérií AZZP a jsou vyhovující až vysoké kromě P, jehož obsahy jsou hodnoceny jako nízké až vyhovující.

Podle hodnot výměnného pH (graf 47) je převážná část sedimentů v oblasti kyselé (53 %), méně početné jsou sedimenty s reakcí neutrální (33 %) a nejméně je sedimentů s reakcí alkalickou (14 %). U sedimentů vytěžených a uskladněných před aplikací z důvodu odvodnění se dá předpokládat další snížení hodnoty pH.

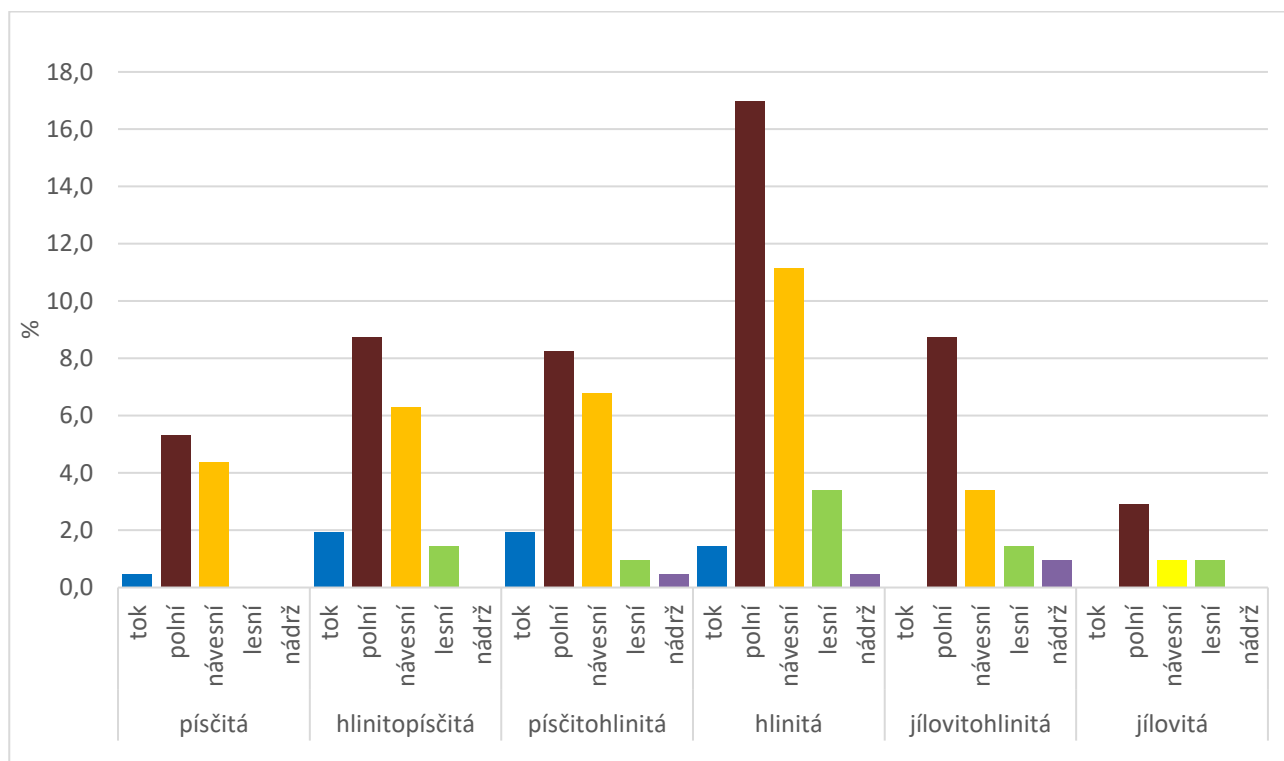
**Graf 47.** Rozdělení sedimentů podle reakce výměnného pH



Nejvyšší hodnota spalitelných látek v sušině (LOI) je u sedimentů z návesních rybníků, následují lesní rybníky, které však mají nejvyšší průměr, po nich jsou vodní toky pokračují polní rybníky a nejnižší hodnoty LOI mají vodní nádrže.

Zrnitostně jsou sledované sedimenty převážně středně těžké, s převažující kategorií hlinitou (graf 48). To platí pro všechny kategorie rybníků, naopak vodní toky jsou spíše zrnitostně lehčí a vodní nádrže zrnitostně těžší.

**Graf 48.** Zrnitostní složení jednotlivých kategorií vodních ploch – procentické zastoupení počtu vzorků



### 5.3 Rizikové látky

Pouze dvě ze sledovaných rizikových látek, ke kterým je ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. uvedena limitní hodnota, se v sedimentech nacházejí v nadlimitním množství. Jedná se o PAU, jehož obsahy překročilo 12 sledovaných vzorků a o C10-C40, k jehož překročení během sledování došlo dvakrát. Stanovení PBDE a AOX se již neprovádí.

## 6 SEZNAM LITERATURY

1. Čermák, P., Poláková, Š., Kubík, L.: Výsledky monitoringu sedimentů na zemědělské půdě (do r. 2009). Sborník semináře Ochrana životního prostředí v souvislosti se zemědělským hospodařením, 29. 9. 2011. Znojmo, Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o.: 7-12, 2011.
2. Kuklík, M.: Rekultivace půd z pohledu připravované legislativy ochrany půdy – využití kalů z ČOV a využití rybníčních a říčních sedimentů. Sborník semináře Rekultivační materiály, 18.-19. 9. 2000. Modřice, Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o.: 38-42, 2000.
3. Holoubek, I., Dušek, L., Adamec, V., Ansorgová, A., Baldrián, P., Cudlín, P., Čupr, P., Doležal, L., Elfenbein, Z., Faitová, K., Gabriel, J., Gelnar, M., Helešic, J., Hofman, J., Hofmanová, J., Hrdlička, A., Chroust, K., Jurajda, P., Kozubík, A., Minksová, K., Machala, M., Maršálek, B., Moldan, B., Prokop, Z., Šmíd, R., Škoda, M., Tříška, J., Vondráček, J.: Identifikace rizik pro životní prostředí. Závěrečná zpráva projektu VaV 340/1/96. Pro MŽP ČR TOCOEN – Centrum Environmentálních Studií, s.r.o., Brno. TOCOEN REPORT No. 136. Brno, listopad 1998, 470 s.
4. Hilscherová, K., Dušek, L., Kubík, V., Čupr, P., Hofman, J., Klánová, J., Holoubek, I.: Redistribution of organic pollutants in river sediments and alluvial soils related to major floods, *Journal of Soils and Sediments*, 2007, 7 (3): 167-177
5. Skála, J., Sážka, O., Čechmánková, J., Vácha, R., Horváthová, V., Sážka, M., Mikeš, O.: Soubor map Kontaminace zemědělských půd v záplavových oblastech České republiky – část I. Rizikové prvky, VÚMOP, 2014, 97 s.

## 7 PŘÍLOHY

**Příloha 1.** Limitní hodnoty rizikových prvků a rizikových látek v sedimentu v mg.kg<sup>-1</sup> sušiny, (příloha č. 1 k vyhlášce č. 257/2009)

| Ukazatel                | Limitní hodnoty |
|-------------------------|-----------------|
| As                      | 30              |
| Be                      | 5               |
| Cd                      | 1               |
| Co                      | 30              |
| Cr                      | 200             |
| Cu                      | 100             |
| Hg <sup>1)</sup>        | 0,8             |
| Ni                      | 80              |
| Pb                      | 100             |
| V                       | 180             |
| Zn                      | 300             |
| BTEX <sup>2)</sup>      | 0,4             |
| PAU <sup>3)</sup>       | 6               |
| PCB <sup>4)</sup>       | 0,2             |
| Uhlovodíky C10-C40      | 300             |
| DDT (včetně metabolitů) | 0,1             |

- 1) Obsah Hg se stanoví jako celkový obsah; obsahy ostatních prvků, tj. As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn se stanoví extrakcí lučavkou královskou.
- 2) Obsah Hg se stanoví jako celkový obsah; obsahy ostatních prvků, tj. As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn se stanoví extrakcí lučavkou královskou.
- 3) PAU – polycyklické aromatické uhlovodíky (suma antracenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluoranthenu, benzo(k)fluoranthenu, benzo(a)pyrenu, benzo(ghi)perylenu, fenantrenu, fluoranthenu, chrysenu, indeno (1,2,3-cd)pyrenu, naftalenu a pyrenu).
- 4) PCB - polychlorované bifenyly (suma kongenerů č. 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180).

**Příloha 2.** Statistické testování průkaznosti rozdílů mezi skupinami

| Kruskal – Wallisova Anova a neparametrické následné testování průkaznosti rozdílů mezi skupinami                |                                               |                        |                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|
| Testované skupiny: SEDIMENTY VODNÍCH PLOCH                                                                      |                                               |                        |                                        |
| kódy vodních ploch: 1 - vodní toky, 2 - polní rybníky, 3 - návesní rybníky, 4 - lesní rybníky, 5 - vodní nádrže |                                               |                        |                                        |
| Parametr                                                                                                        | Závěr testu                                   | Statistická významnost | Průkazný rozdíl mezi vodními plochami  |
| As                                                                                                              | Mezi SVP je statisticky významný rozdíl       | +                      | 1-2,4; 2-1,4; 3-4; 4-1,2;              |
| Be                                                                                                              | Mezi SVP je statisticky velmi významný rozdíl | ++                     | 1-4; 2-4; 3-4; 4-1,2,3,5; 5-4;         |
| Cd                                                                                                              | Mezi SVP je statisticky velmi významný rozdíl | ++                     | 1-2,4,5; 2-1,3; 3-2,5; 4-1; 5-1,3;     |
| Co                                                                                                              | Mezi SVP je statisticky velmi významný rozdíl | ++                     | 1-3; 2-3,4; 3-1,2,4; 4-2,3;            |
| Cr                                                                                                              | Mezi SVP je statisticky významný rozdíl       | +                      | 2-3,5; 3-2,4; 4-5; 2-3,4;              |
| Cu                                                                                                              | Mezi SVP je statisticky velmi významný rozdíl | ++                     | 1-2,4; 2-1,3; 3-2,4; 4-1,3;            |
| Hg                                                                                                              | Mezi SVP je statisticky velmi významný rozdíl | ++                     | 1-2; 2-1,3; 3-2;                       |
| Ni                                                                                                              | Mezi SVP je statisticky velmi významný rozdíl | ++                     | 1-3,5; 2-3,5; 3-1,2,4; 4-3,5; 5-1,2,4; |
| Pb                                                                                                              | Mezi SVP je statisticky velmi významný rozdíl | ++                     | 1-2,4,5; 2-1,3; 3-2,4,5; 4-1,3; 5-1,3; |
| V                                                                                                               | Mezi SVP je statisticky významný rozdíl       | +                      | 1-3; 3-1,4; 4-3;                       |
| Zn                                                                                                              | Mezi SVP je statisticky velmi významný rozdíl | ++                     | 1-2,4,5; 2-1,3; 3-2,4,5; 4-1,3; 5-1,3; |
| Ca                                                                                                              | Mezi SVP je statisticky významný rozdíl       | +                      | 1-4; 2-4; 3-4; 4-1,2,3,5; 5-4;         |
| K                                                                                                               | Mezi SVP je statisticky velmi významný rozdíl | ++                     | 1-3; 2-3; 3-1,2,4; 4-3;                |
| Mg                                                                                                              | Mezi SVP není statisticky významný rozdíl     | --                     | --                                     |
| P                                                                                                               | Mezi SVP je statisticky velmi významný rozdíl | ++                     | 1-2,3,4; 2-1,3; 3-1,4; 4-1,3;          |
| pH                                                                                                              | Mezi SVP je statisticky velmi významný rozdíl | ++                     | 1-4; 2-4,5; 3-4; 4-1,2,3,5; 5-2,4;     |
| LOI                                                                                                             | Mezi SVP je statisticky velmi významný rozdíl | ++                     | 2-3; 3-2,5; 4-2,5; 5-3,4;              |
| zrnitost                                                                                                        | Mezi SVP je statisticky významný rozdíl       | +                      | 1-2,4,5; 2-1; 3-4; 4-1,3; 5-1;         |
| AOX                                                                                                             | Mezi SVP není statisticky významný rozdíl     | --                     | --                                     |
| PCB                                                                                                             | Mezi SVP není statisticky významný rozdíl     | --                     | --                                     |
| HCH                                                                                                             | Mezi SVP není statisticky významný rozdíl     | --                     | --                                     |
| HCB                                                                                                             | Mezi SVP je statisticky velmi významný rozdíl | ++                     | 1-2,4; 2-1,3; 3-2,4; 4-1,3;            |
| DDT                                                                                                             | Mezi SVP je statisticky významný rozdíl       | +                      | 2-3,4; 3-2; 4-2;                       |
| PAU                                                                                                             | Mezi SVP je statisticky velmi významný rozdíl | ++                     | 1-2; 2-1,3; 3-2;                       |
| PBDE                                                                                                            | Mezi SVP je statisticky významný rozdíl       | +                      | 1-2,3,5; 2-3                           |
| C10-C40                                                                                                         | Mezi SVP je statisticky významný rozdíl       | +                      | 1-2,4; 2-1,3; 3-2; 4-1;                |

**Příloha 3.** Vypočítané koncentrace rizikových prvků v půdě před a po aplikaci sedimentu (mediánové hodnoty, preventivní hodnota pro zemědělské půdy z vyhlášky č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality půdy)

| <b>As</b>                  |                             | Preventivní<br>hodnota pro<br>zemědělské<br>půdy (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace<br>před<br>aplikací<br>sedimentu<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace<br>po aplikaci<br>sedimentu<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl<br>koncentrace<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl<br>koncentrace<br>(%) | Procenta<br>koncentrace z<br>preventivní hodnoty<br>po aplikaci<br>sedimentu (%) |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Běžná<br>(ostatní)<br>půda | sediment<br>písčitohlinitý  | 20,0                                                                    | 8,63                                                                   | 8,57                                                              | -0,07                                           | -0,8                         | 42,8                                                                             |
|                            | sediment<br>hlinitý         | 20,0                                                                    | 8,63                                                                   | 8,52                                                              | -0,11                                           | -1,3                         | 42,6                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitohlinitý | 20,0                                                                    | 8,63                                                                   | 8,77                                                              | 0,14                                            | 1,7                          | 43,9                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitý        | 20,0                                                                    | 8,63                                                                   | 8,53                                                              | -0,10                                           | -1,1                         | 42,7                                                                             |
| Lehká<br>půda              | sediment<br>písčitohlinitý  | 15,0                                                                    | 8,01                                                                   | 8,04                                                              | 0,03                                            | 0,4                          | 53,6                                                                             |
|                            | sediment<br>hlinitý         | 15,0                                                                    | 8,01                                                                   | 8,02                                                              | 0,01                                            | 0,1                          | 53,4                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitohlinitý | 15,0                                                                    | 8,01                                                                   | 8,35                                                              | 0,35                                            | 4,3                          | 55,7                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitý        | 15,0                                                                    | 8,01                                                                   | 7,91                                                              | -0,10                                           | -1,1                         | 52,8                                                                             |

| <b>Be</b>                  |                             | Preventivní<br>hodnota pro<br>zemědělské<br>půdy (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace<br>před<br>aplikací<br>sedimentu<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace<br>po aplikaci<br>sedimentu<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl<br>koncentrace<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl<br>koncentrace<br>(%) | Procenta<br>koncentrace z<br>preventivní hodnoty<br>po aplikaci<br>sedimentu (%) |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Běžná<br>(ostatní)<br>půda | sediment<br>písčitohlinitý  | 2                                                                       | 0,95                                                                   | 1,00                                                              | 0,05                                            | 4,7                          | 49,8                                                                             |
|                            | sediment<br>hlinitý         | 2                                                                       | 0,95                                                                   | 0,96                                                              | 0,01                                            | 0,7                          | 47,8                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitohlinitý | 2                                                                       | 0,95                                                                   | 1,02                                                              | 0,07                                            | 7,8                          | 51,2                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitý        | 2                                                                       | 0,95                                                                   | 1,01                                                              | 0,06                                            | 6,0                          | 50,4                                                                             |
| Lehká<br>půda              | sediment<br>písčitohlinitý  | 1,5                                                                     | 0,9                                                                    | 0,94                                                              | 0,2                                             | 4,6                          | 62,8                                                                             |
|                            | sediment<br>hlinitý         | 1,5                                                                     | 0,9                                                                    | 0,90                                                              | 0,2                                             | 0,4                          | 60,3                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitohlinitý | 1,5                                                                     | 0,9                                                                    | 1,02                                                              | 0,3                                             | 13,7                         | 68,2                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitý        | 1,5                                                                     | 0,9                                                                    | 1,04                                                              | 0,3                                             | 15,1                         | 69,1                                                                             |

| <b>Cd</b>                   |                          | Preventivní hodnota pro zemědělské půdy (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace před aplikací sedimentu (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace po aplikaci sedimentu (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl koncentrace (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl koncentrace (%) | Procenta koncentrace z preventivní hodnoty po aplikaci sedimentu (%) |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Běžná (ostatní) půda</b> | sediment písčitohlinitý  | 0,5                                                            | 0,20                                                       | 0,24                                                     | 0,04                                      | 19,2                   | 47,7                                                                 |
|                             | sediment hlinitý         | 0,5                                                            | 0,20                                                       | 0,26                                                     | 0,06                                      | 27,6                   | 51,0                                                                 |
|                             | sediment jílovitohlinitý | 0,5                                                            | 0,20                                                       | 0,20                                                     | 0,00                                      | 1,8                    | 40,7                                                                 |
|                             | sediment jílovitý        | 0,5                                                            | 0,20                                                       | 0,19                                                     | -0,01                                     | -4,2                   | 38,3                                                                 |
| <b>Lehká půda</b>           | sediment písčitohlinitý  | 0,4                                                            | 0,20                                                       | 0,23                                                     | 0,03                                      | 15,0                   | 57,5                                                                 |
|                             | sediment hlinitý         | 0,4                                                            | 0,20                                                       | 0,27                                                     | 0,07                                      | 33,2                   | 66,6                                                                 |
|                             | sediment jílovitohlinitý | 0,4                                                            | 0,20                                                       | 0,24                                                     | 0,04                                      | 19,0                   | 59,5                                                                 |
|                             | sediment jílovitý        | 0,4                                                            | 0,20                                                       | 0,24                                                     | 0,04                                      | 19,6                   | 59,8                                                                 |

| <b>Co</b>                   |                          | Preventivní hodnota pro zemědělské půdy (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace před aplikací sedimentu (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace po aplikaci sedimentu (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl koncentrace (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl koncentrace (%) | Procenta koncentrace z preventivní hodnoty po aplikaci sedimentu (%) |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Běžná (ostatní) půda</b> | sediment písčitohlinitý  | 30                                                             | 10,3                                                       | 11,0                                                     | 0,70                                      | 6,8                    | 36,7                                                                 |
|                             | sediment hlinitý         | 30                                                             | 10,3                                                       | 11,5                                                     | 1,20                                      | 11,7                   | 38,3                                                                 |
|                             | sediment jílovitohlinitý | 30                                                             | 10,3                                                       | 10,5                                                     | 0,22                                      | 2,1                    | 35,1                                                                 |
|                             | sediment jílovitý        | 30                                                             | 10,3                                                       | 9,5                                                      | -0,79                                     | -7,6                   | 31,7                                                                 |
| <b>Lehká půda</b>           | sediment písčitohlinitý  | 20                                                             | 10,1                                                       | 10,7                                                     | 0,57                                      | 5,7                    | 53,4                                                                 |
|                             | sediment hlinitý         | 20                                                             | 10,1                                                       | 11,8                                                     | 1,73                                      | 17,1                   | 59,1                                                                 |
|                             | sediment jílovitohlinitý | 20                                                             | 10,1                                                       | 12,2                                                     | 2,05                                      | 20,3                   | 60,8                                                                 |
|                             | sediment jílovitý        | 20                                                             | 10,1                                                       | 11,2                                                     | 1,11                                      | 11,0                   | 56,0                                                                 |

| <b>Cr</b>                   |                          | Preventivní hodnota pro zemědělské půdy (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace před aplikací sedimentu (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace po aplikaci sedimentu (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl koncentrace (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl koncentrace (%) | Procenta koncentrace z preventivní hodnoty po aplikaci sedimentu (%) |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Běžná (ostatní) půda</b> | sediment písčitohlinitý  | 90                                                             | 33,5                                                       | 36,4                                                     | 2,87                                      | 8,6                    | 40,4                                                                 |
|                             | sediment hlinitý         | 90                                                             | 33,5                                                       | 39,7                                                     | 6,24                                      | 18,6                   | 44,2                                                                 |
|                             | sediment jílovitohlinitý | 90                                                             | 33,5                                                       | 35,5                                                     | 2,00                                      | 6,0                    | 39,4                                                                 |
|                             | sediment jílovitý        | 90                                                             | 33,5                                                       | 30,7                                                     | -2,77                                     | -8,3                   | 34,1                                                                 |
| <b>Lehká půda</b>           | sediment písčitohlinitý  | 55                                                             | 33,8                                                       | 37,9                                                     | 4,15                                      | 12,3                   | 69,0                                                                 |
|                             | sediment hlinitý         | 55                                                             | 33,8                                                       | 41,5                                                     | 7,67                                      | 22,7                   | 75,4                                                                 |
|                             | sediment jílovitohlinitý | 55                                                             | 33,8                                                       | 37,0                                                     | 3,25                                      | 9,6                    | 67,4                                                                 |
|                             | sediment jílovitý        | 55                                                             | 33,8                                                       | 32,1                                                     | -1,73                                     | -5,1                   | 58,3                                                                 |

| <b>Cu</b>                   |                          | Preventivní hodnota pro zemědělské půdy (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace před aplikací sedimentu (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace po aplikaci sedimentu (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl koncentrace (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl koncentrace (%) | Procenta koncentrace z preventivní hodnoty po aplikaci sedimentu (%) |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Běžná (ostatní) půda</b> | sediment písčitohlinitý  | 60                                                             | 17,1                                                       | 19,3                                                     | 2,20                                      | 12,9                   | 32,2                                                                 |
|                             | sediment hlinitý         | 60                                                             | 17,1                                                       | 19,7                                                     | 2,61                                      | 15,2                   | 32,8                                                                 |
|                             | sediment jílovitohlinitý | 60                                                             | 17,1                                                       | 18,1                                                     | 1,03                                      | 6,0                    | 30,2                                                                 |
|                             | sediment jílovitý        | 60                                                             | 17,1                                                       | 15,8                                                     | -1,35                                     | -7,9                   | 26,3                                                                 |
| <b>Lehká půda</b>           | sediment písčitohlinitý  | 45                                                             | 15,3                                                       | 17,3                                                     | 1,96                                      | 12,8                   | 38,3                                                                 |
|                             | sediment hlinitý         | 45                                                             | 15,3                                                       | 19,0                                                     | 3,70                                      | 24,2                   | 42,2                                                                 |
|                             | sediment jílovitohlinitý | 45                                                             | 15,3                                                       | 20,1                                                     | 4,75                                      | 31,1                   | 44,6                                                                 |
|                             | sediment jílovitý        | 45                                                             | 15,3                                                       | 17,2                                                     | 1,92                                      | 12,5                   | 38,3                                                                 |

| <b>Hg</b>                   |                          | Preventivní hodnota pro zemědělské půdy (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace před aplikací sedimentu (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace po aplikaci sedimentu (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl koncentrace (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl koncentrace (%) | Procenta koncentrace z preventivní hodnoty po aplikaci sedimentu (%) |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Běžná (ostatní) půda</b> | sediment písčitohlinitý  | 0,3                                                            | 0,078                                                      | 0,082                                                    | 0,00                                      | 5,0                    | 27,3                                                                 |
|                             | sediment hlinitý         | 0,3                                                            | 0,078                                                      | 0,088                                                    | 0,01                                      | 12,6                   | 29,3                                                                 |
|                             | sediment jílovitohlinitý | 0,3                                                            | 0,078                                                      | 0,079                                                    | 0,00                                      | 1,2                    | 26,3                                                                 |
|                             | sediment jílovitý        | 0,3                                                            | 0,078                                                      | 0,071                                                    | -0,01                                     | -8,7                   | 23,8                                                                 |
| <b>Lehká půda</b>           | sediment písčitohlinitý  | 0,3                                                            | 0,070                                                      | 0,074                                                    | 0,00                                      | 5,9                    | 24,7                                                                 |
|                             | sediment hlinitý         | 0,3                                                            | 0,070                                                      | 0,085                                                    | 0,01                                      | 21,0                   | 28,2                                                                 |
|                             | sediment jílovitohlinitý | 0,3                                                            | 0,070                                                      | 0,085                                                    | 0,02                                      | 21,6                   | 28,4                                                                 |
|                             | sediment jílovitý        | 0,3                                                            | 0,070                                                      | 0,077                                                    | 0,01                                      | 10,2                   | 25,7                                                                 |

| <b>Ni</b>                   |                          | Preventivní hodnota pro zemědělské půdy (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace před aplikací sedimentu (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace po aplikaci sedimentu (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl koncentrace (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl koncentrace (%) | Procenta koncentrace z preventivní hodnoty po aplikaci sedimentu (%) |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Běžná (ostatní) půda</b> | sediment písčitohlinitý  | 50                                                             | 20,5                                                       | 23,1                                                     | 2,60                                      | 12,7                   | 46,2                                                                 |
|                             | sediment hlinitý         | 50                                                             | 20,5                                                       | 24,5                                                     | 3,97                                      | 19,4                   | 48,9                                                                 |
|                             | sediment jílovitohlinitý | 50                                                             | 20,5                                                       | 21,9                                                     | 1,43                                      | 7,0                    | 43,9                                                                 |
|                             | sediment jílovitý        | 50                                                             | 20,5                                                       | 18,8                                                     | -1,70                                     | -8,3                   | 37,6                                                                 |
| <b>Lehká půda</b>           | sediment písčitohlinitý  | 45                                                             | 18,9                                                       | 21,1                                                     | 2,24                                      | 11,9                   | 47,0                                                                 |
|                             | sediment hlinitý         | 45                                                             | 18,9                                                       | 24,1                                                     | 5,24                                      | 27,7                   | 53,6                                                                 |
|                             | sediment jílovitohlinitý | 45                                                             | 18,9                                                       | 24,9                                                     | 5,97                                      | 31,6                   | 55,3                                                                 |
|                             | sediment jílovitý        | 45                                                             | 18,9                                                       | 20,9                                                     | 2,01                                      | 10,7                   | 46,5                                                                 |

| <b>Pb</b>                  |                             | Preventivní<br>hodnota pro<br>zemědělské<br>půdy (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace<br>před<br>aplikací<br>sedimentu<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace<br>po aplikaci<br>sedimentu<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl<br>koncentrace<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl<br>koncentrace<br>(%) | Procenta<br>koncentrace z<br>preventivní hodnoty<br>po aplikaci<br>sedimentu (%) |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Běžná<br>(ostatní)<br>půda | sediment<br>písčitohlinitý  | 60                                                                      | 22,3                                                                   | 23,0                                                              | 0,72                                            | 3,2                          | 38,4                                                                             |
|                            | sediment<br>hlinitý         | 60                                                                      | 22,3                                                                   | 24,9                                                              | 2,60                                            | 11,6                         | 41,5                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitohlinitý | 60                                                                      | 22,3                                                                   | 22,5                                                              | 0,19                                            | 0,9                          | 37,5                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitý        | 60                                                                      | 22,3                                                                   | 20,5                                                              | -1,81                                           | -8,1                         | 34,2                                                                             |
| Lehká<br>půda              | sediment<br>písčitohlinitý  | 55                                                                      | 20,3                                                                   | 21,1                                                              | 0,82                                            | 4,0                          | 38,4                                                                             |
|                            | sediment<br>hlinitý         | 55                                                                      | 20,3                                                                   | 24,2                                                              | 3,94                                            | 19,4                         | 44,1                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitohlinitý | 55                                                                      | 20,3                                                                   | 24,4                                                              | 4,15                                            | 20,4                         | 44,4                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitý        | 55                                                                      | 20,3                                                                   | 22,6                                                              | 2,33                                            | 11,5                         | 41,1                                                                             |

| <b>V</b>                   |                             | Preventivní<br>hodnota pro<br>zemědělské<br>půdy (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace<br>před<br>aplikací<br>sedimentu<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Koncentrace<br>po aplikaci<br>sedimentu<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl<br>koncentrace<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Rozdíl<br>koncentrace<br>(%) | Procenta<br>koncentrace z<br>preventivní hodnoty<br>po aplikaci<br>sedimentu (%) |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Běžná<br>(ostatní)<br>půda | sediment<br>písčitohlinitý  | 130                                                                     | 42,4                                                                   | 45,4                                                              | 2,98                                            | 7,0                          | 34,9                                                                             |
|                            | sediment<br>hlinitý         | 130                                                                     | 42,4                                                                   | 47,2                                                              | 4,81                                            | 11,3                         | 36,3                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitohlinitý | 130                                                                     | 42,4                                                                   | 41,9                                                              | -0,49                                           | -1,2                         | 32,2                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitý        | 130                                                                     | 42,4                                                                   | 39,6                                                              | -2,76                                           | -6,5                         | 30,5                                                                             |
| Lehká<br>půda              | sediment<br>písčitohlinitý  | 120                                                                     | 41,5                                                                   | 44,0                                                              | 2,45                                            | 5,9                          | 36,6                                                                             |
|                            | sediment<br>hlinitý         | 120                                                                     | 41,5                                                                   | 48,5                                                              | 6,98                                            | 16,8                         | 40,4                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitohlinitý | 120                                                                     | 41,5                                                                   | 47,5                                                              | 6,02                                            | 14,5                         | 39,6                                                                             |
|                            | sediment<br>jílovitý        | 120                                                                     | 41,5                                                                   | 47,3                                                              | 5,82                                            | 14,0                         | 39,4                                                                             |

| <b>Zn</b>                           |                                     | <b>Preventivní<br/>hodnota pro<br/>zemědělské<br/>půdy (mg.kg<sup>-1</sup>)</b> | <b>Koncentrace<br/>před<br/>aplikací<br/>sedimentu<br/>(mg.kg<sup>-1</sup>)</b> | <b>Koncentrace<br/>po aplikaci<br/>sedimentu<br/>(mg.kg<sup>-1</sup>)</b> | <b>Rozdíl<br/>koncentrace<br/>(mg.kg<sup>-1</sup>)</b> | <b>Rozdíl<br/>koncentrace<br/>(%)</b> | <b>Procenta<br/>koncentrace z<br/>preventivní hodnoty<br/>po aplikace<br/>sedimentu (%)</b> |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Běžná<br/>(ostatní)<br/>půda</b> | <b>sediment<br/>písčitohlinitý</b>  | 120                                                                             | 66,4                                                                            | 76,5                                                                      | 10,05                                                  | 15,1                                  | 63,7                                                                                        |
|                                     | <b>sediment<br/>hlinitý</b>         | 120                                                                             | 66,4                                                                            | 77,2                                                                      | 10,81                                                  | 16,3                                  | 64,3                                                                                        |
|                                     | <b>sediment<br/>jílovitohlinitý</b> | 120                                                                             | 66,4                                                                            | 71,7                                                                      | 5,31                                                   | 8,0                                   | 59,8                                                                                        |
|                                     | <b>sediment<br/>jílovitý</b>        | 120                                                                             | 66,4                                                                            | 61,8                                                                      | -4,57                                                  | -6,9                                  | 51,5                                                                                        |
| <b>Lehká<br/>půda</b>               | <b>sediment<br/>písčitohlinitý</b>  | 105                                                                             | 65,8                                                                            | 73,7                                                                      | 7,94                                                   | 12,1                                  | 70,2                                                                                        |
|                                     | <b>sediment<br/>hlinitý</b>         | 105                                                                             | 65,8                                                                            | 80,0                                                                      | 14,24                                                  | 21,6                                  | 76,2                                                                                        |
|                                     | <b>sediment<br/>jílovitohlinitý</b> | 105                                                                             | 65,8                                                                            | 85,7                                                                      | 19,90                                                  | 30,2                                  | 81,6                                                                                        |
|                                     | <b>sediment<br/>jílovitý</b>        | 105                                                                             | 65,8                                                                            | 74,2                                                                      | 8,37                                                   | 12,7                                  | 70,6                                                                                        |