

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Sekce zemědělských vstupů
Odbor kontroly zemědělských vstupů



VÝSLEDKY AKTIVNÍHO BIOMONITORINGU

Zpráva za rok 2017

Zpracovala: Ing. Lenka Klementová

Schválila: Mgr. Šárka Poláková, Ph.D.
vedoucí Oddělení půdy a lesnictví

leden 2021



Obsah

1. Úvod	4
2. Charakteristika stanovišť	4
2.1. Charakteristika čistých stanovišť	4
2.2. Charakteristika zatížených stanovišť	6
3. Metodika	7
3.1. Jílek mnohokvětý	7
3.1.1. Příprava květináčů	7
3.1.2. Údržba porostu	7
3.1.3. Expozice	7
3.1.4. Odběr vzorků	7
3.2. Borovice černá	8
3.3. Stanovované prvky a sloučeniny	8
3.4. Substrát	9
4. Výsledky a diskuse	9
4.1. Jílek ve vegetačním období 2017	9
4.1.1. Anorganické polutanty v jítku	9
4.1.2. PAU v jítku	19
4.2. Borovice černá ve vegetačním období 2017	23
4.2.1. Anorganické polutanty v jehličí	24
4.2.2. PAU v jehličí	29
5. Závěry	34
6. Literatura	36

1. Úvod

Aktivní biomonitoring je jednou z možných metod vedoucích ke zjištění aktuálních atmosférických depozičních zátěží krajiny a především zemědělské produkce určitými rizikovými prvky. Spočívá v cíleném vystavení vybraných rostlin vlivům těchto prvků v zájmovém území a sledování jejich reakce. Ověřování metody aktivního biomonitoringu v podmínkách naší republiky bylo ukončeno v roce 1999 (PAVLÍČEK et al., 2000). Na základě výsledků tohoto ověřování byla vypracována metodika aktivního biomonitoringu, která je od roku 2000 používána na vybraných stanovištích ÚKZÚZ ke zjišťování pozadových hodnot anorganických a organických polutantů. Jako bioindikátory byly zvoleny jílky mnohokvětý a borovice černá. Výsledky biomonitoringu je možné použít jako referenční hodnoty při hodnocení atmosférické depozice na dalších lokalitách.

Tato zpráva obsahuje výsledky získané v roce 2017.

2. Charakteristika stanovišť

ÚKZÚZ zajišťuje provoz čtyř stanovišť se sledováním standardizovaných kultur jílku mnohokvětého v Čechách, na Moravě a ve Slezsku (Lípa, Přerov nad Labem, Jaroměřice nad Rokytnou a Opava), která jsou pokládána za relativně čistá a imisně nezatížená, a proto výsledky z těchto stanovišť mohou být považovány za pozadové hodnoty. Stanoviště Jaroměřice nad Rokytnou bylo založeno jako náhrada za stanoviště v Třešti v roce 2009. Stanoviště Lípa bylo založeno v roce 2010 jako náhrada za stanoviště v Závišíně.

Dále ÚKZÚZ zajišťuje provoz na čtyřech stanovištích, kde se pomocí borovice černé porovnává úroveň znečištění ovzduší na dvou čistých (Závišín a Opava) a dvou zatížených stanovištích (Plzeň a Vratimov).

2.1. Charakteristika čistých stanovišť

7005 B – Jaroměřice nad Rokytnou	Kraj Vysočina, jihovýchodní část Českomoravské vrchoviny
nadmořská výška	425 m n.m.
klimatický region	mírně teplý, mírně vlhký
	průměrná roční teplota 8°C
	průměrný roční úhrn srážek 480 mm
umístění stanoviště	v areálu zkušební stanice na západním okraji obce
možné zdroje kontaminace	- lokální topeniště obce (obec je plynofikována) - hospodářský dvůr – traktory, auta - 10 km jihozápadně město Moravské Budějovice



6002 B – Lípa	Kraj Vysočina, Českomoravská vrchovina
nadmořská výška	505 m n.m.
klimatický region	mírně chladný, vlhký
	průměrná roční teplota 7,5°C
	průměrný roční úhrn srážek 594 mm
umístění stanoviště	vedle zkušební stanice Lípa v oploceném areálu studní na pitnou vodu na zatravněném pozemku
možné zdroje kontaminace	- lokální topeniště obce Lípa - 6,5 km severovýchodně město Havlíčkův Brod

8002 B – Opava	odrůdová zkušebna Pusté Jakartice , Moravskoslezský kraj
nadmořská výška	293 m n.m.
klimatický region	mírně teplý, mírně vlhký
	průměrná roční teplota 7–8°C
	průměrný roční úhrn srážek 550–700 mm
umístění stanoviště	na okraji malé osady asi 6 km od severovýchodního okraje města Opavy
možné zdroje kontaminace	- lokální topeniště osady - hospodářský dvůr - 6 km jihozápadně město Opava

2003 BO – Přerov nad Labem	Středočeský kraj
nadmořská výška	182 m n.m.
klimatický region	teplý, mírně suchý
	průměrná roční teplota 8,5°C
	průměrný roční úhrn srážek 550 mm
umístění stanoviště	areál odrůdové zkušebny na jihovýchodním okraji malé obce
možné zdroje kontaminace	- hospodářský dvůr – traktory, auta - lokální topeniště - 20 km západně pražské průmyslové čtvrti



4025 B – Závěšín	Karlovarský kraj, Chráněná krajinná oblast Slavkovský les
nadmořská výška	750 m n.m.
klimatický region	mírně chladný, vlhký
	průměrná roční teplota 6,4°C
	průměrný roční úhrn srážek 702 mm
umístění stanoviště	na zahrádce rodinného domku v malé osadě, 3 km severně od Mariánských Lázní
možné zdroje kontaminace	- lokální topeniště osady - 3 km jižně město Mariánské Lázně - 25 km severně průmyslová oblast Sokolovsko

2.2. Charakteristika zatížených stanovišť

9001 – Plzeň	Plzeňský kraj
nadmořská výška	302 m n.m.
klimatický region	mírně teplý, suchý
	průměrná roční teplota 7–8°C
	průměrný roční úhrn srážek 500 mm
umístění stanoviště	2,5 km východně na travnaté ploše ČOV Plzeň
možné zdroje kontaminace	- 500 m severozápadně seřaďovací nádraží ČD - 1 km jižně výtopna městské části Doubravka - 1 km severozápadně výtopna města Plzně - 5 km severozápadně provozy podniku Škoda

9003 – Vratimov	Moravskoslezský kraj
nadmořská výška	244 m n.m.
klimatický region	mírně teplý, vlhký
	průměrná roční teplota 8°C
	průměrný roční úhrn srážek 800 mm
umístění stanoviště	obec na jihovýchodním předměstí Ostravy, v objektu zemědělského provozu firmy Lyčka
možné zdroje kontaminace	- lokální topeniště obce - 1 km severně zpracování strusky z okolních hald - 3 km severně ISPAT Nová Huť a návazně průmyslová aglomerace Ostravska

3. Metodika

Jako testovací rostliny slouží:

- **jílek mnohokvětý** (v roce 2017 odrůda Gaza) – schválené osivo jílku mnohokvětého;
- **borovice černá**.

Dřeviny byly na stanovišti v Závišíně, Plzni, Opavě a Vratimově vysázeny po 2 kusech do velkoobjemových dřevěných kontejnerů a jednotného substrátu v roce 1997.

V roce 2008 v letním období uhynuly borovice černé na stanovišti ve Vratimově, kde byly nahrazeny novými dřevinami. V roce 2009, rovněž v letním období, uhynuly obě borovice na stanovišti v Plzni. Uspělé rostliny byly nahrazeny novými. V říjnu 2015 byl na stanovišti Pusté Jakartice vyměněn kontejner a vysázeny nové borovice, odběry jehličí za letní periodu 2015 byly provedeny ještě z původních rostlin.

3.1. Jílek mnohokvětý

3.1.1. Příprava květináčů

Jílek se vysévá do plastových květináčů o průměru 20 cm, jejichž dnem jsou protaženy dostatečně dlouhé nasávací knoty ze sklolaminátové textilie o šířce 3 cm a to tak, aby zasahovaly min. do 2/3 výšky květináče. Po protažení knotů otvory ve dně jsou květináče naplněny substrátem tak, aby substrát dosahoval 4 cm pod okraj květináče. Takto připravené květináče jsou osety 4 g jílku mnohokvětého. Osivo je rovnoměrně rozděleno po celé ploše květináče, zasypáno tenkou vrstvou substrátu a stlačeno pomocí šablony. Po osetí pokračuje údržba jílku a příprava pro jeho expozici.

3.1.2. Údržba porostu

Jílek se nechá vyklíčit a dva týdny po zasetí se vzešlý jílek sestříhá nůžkami k okraji květináče. Po týdnu (tj. 3 týdny po zasetí) se porost sestříhá znovu. Po dalším týdnu (tj. 4 týdny po zasetí) se uskuteční další sestřih a k jílku se aplikuje 50 ml hnojivého roztoku. Hnojivý roztok sestává z 5,8 g fosforečnanu draselného (KH_2PO_4), 8,5 g dusičnanu draselného (KNO_3) a 5,3 g dusičnanu amonného (NH_4NO_3), rozpuštěných v litru deionizované vody. Po 5 týdnech od zasetí jsou květináče umístěny na určené stanoviště, kde se porost naposledy sestříhá a aplikuje se k němu dalších 100 ml hnojivého roztoku.

3.1.3. Expozice

Na každé expoziční stanoviště je umístěno šest květináčů s předpěstovanou kulturou jílku mnohokvětého. Květináče jsou zasazeny do plastových zásobníků s deionizovanou vodou, do které jsou nasávací knoty trvale ponořeny tak, aby knoty mohly substrát udržovat neustále vlhký. Květináče se zásobníky vody jsou umístěny do kovových stojanů tak, aby horní okraj květináčů byl ve výši 150 cm. Jílek je exponován vždy po dobu jednoho měsíce.

3.1.4. Odběr vzorků

Na konci expoziční doby se jílek sestříhá k úrovni okraje květináče. Travní hmota se sklízí v chirurgických rukavicích, aby odebíraný vzorek nepřišel do styku s pokožkou a nekontaminoval se. Sestříhaný porost ze všech květináčů se smíchá do jednoho směšného vzorku. Ke stanovení PAU se naváží 3 x 10 g travní hmoty. Tyto navážky jsou v Petriho



miskách zamrazeny a poté lyofilizovány. Zbytek vzorku se nechá při pokojové teplotě vysušit ke stanovení anorganických polutantů. V roce 2017 stejně jako každý rok proběhlo celkem šest měsíčních cyklů (květen až říjen).

3.2. Borovice černá

Jehlice borovice černé (pouze jednoleté bez bazálních částí) se odebírají k analýzám dvakrát ročně, a to na jaře (k 1. 4.) a na podzim (k 1. 10.). Odběr se provádí do PE sáčků. Minimální hmotnost čerstvého vzorku je 50 g. Pro stanovení PAU se odváží 4 x 10 g čerstvého vzorku a vloží do Petriho misek, zamrazí a rovněž lyofilizuje. Zbylý vzorek – pro stanovení anorganických polutantů – je volně vysušen na vzduchu.

3.3. Stanovované prvky a sloučeniny

Odebrané vzorky asimilačních orgánů analyticky zpracovává Národní referenční laboratoř (dále jen NRL), regionální oddělení Opava podle metodických postupů – Analýza rostlinného materiálu – Jednotné pracovní postupy (Zbírál J. a kol., 2014). Ve vzorcích se stanovují anorganické polutanty – rtuť (Hg), zinek (Zn), olovo (Pb), kadmium (Cd), nikl (Ni), chrom (Cr), vanad (V), měď (Cu), mangan (Mn), arzén (As), molybden (Mo), železo (Fe), hliník (Al) a síra (S) a 16 polycyklických aromatických uhlovodíků (16 EPA PAU).

Stanovované polycyklické aromatické uhlovodíky

acenaften	ANA	dibenzo[a,h]antracen	DBA
antracen	ANT	fluoranten	FLT
acenaftylen	ANY	fluoren	FLU
benzo[a]antracen	BaA	chrysen	CHR
benzo[a]pyren	BaP	indeno[1,2,3,c,d]pyren	IPY
benzo[b]fluoranten	BbF	naftalen	NAP
benzo[k]fluoranten	BkF	fenantren	PHE
benzo[g,h,i]perylene	BPE	pyren	PYR

Obsahy anorganických polutantů jsou vyjádřeny v mg.kg^{-1} sušiny, obsahy aromatických uhlovodíků v $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy. V případech, kdy se obsah zjišťovaného polutantu nachází pod hranicí meze stanovitelnosti, je pro výpočet průměru použita poloviční hodnota meze stanovitelnosti.

V počátečních letech sledování nebyl v NRL stanovován acenaftylen (ANY). Vzhledem k tomu, že se ve vzorcích vyskytuje jen v zanedbatelném množství, výsledky uváděné v předcházejících zprávách do roku 2008 (suma 15 PAU) se považovaly za srovnatelné s literárními údaji pro všech 16 EPA PAU. Od roku 2008 je stanovováno ve vzorcích jílku a jehličí všech 16 EPA PAU. Do každoročních výpočtů je však pro porovnatelnost s předchozími roky zahrnováno pouze 15 PAU.

Pro porovnání zjištěných obsahů s orientačními hodnotami pro maximální limity pozadí z Rakouska uváděnými AGES (2017) je část výsledků zpracována pro sumu 12 PAU – ANT, FLT, BaP, DBA, BaA, BbF, BkF, BPE, IPY, CHR, PYR, PHE.

Získaná biomasa je přednostně používána ke stanovení obsahu PAU.

3.4. Substrát

Pro všechna stanoviště je každý rok pro výsev jílku zajišťován jednotný rašelinový substrát, jehož vzorek byl analyzován v NRL. Výsledky rozboru vzorku substrátu jsou uvedeny v tabulce 19.

4. Výsledky a diskuse

4.1. Jílek ve vegetačním období 2017

V roce 2017 se podařilo na všech stanovištích sklídit dostatečné množství hmoty jílku k rozborům na organické i anorganické polutanty.

4.1.1. Anorganické polutanty v jílků

Průměrné, maximální a minimální obsahy anorganických polutantů zjištěné v jílků ze všech sledovaných stanovišť jsou uvedeny v tabulce 1 a jsou zde porovnány s orientačními hodnotami pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2017).

Tab. 1: Obsahy anorganických polutantů v jílků celkem (základní statistika za vegetační období 2017)

	2017			orientační hodnota pro maximální limity pozadí ¹⁾
	průměr	maximum	minimum	
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	85,8	269	23,5	81,0
As	3,05	5,78	1,01	0,26
Cd	0,07	0,12	0,05	0,16
Cr	0,29	0,56	0,16	0,70
Cu	3,82	5,85	2,41	12,0
Fe	103	163	49,8	-
Hg	0,011	0,015	0,007	0,025
Mn	141	199	53,4	-
Mo	0,23	0,38	<0,05	4,80
Ni	0,78	1,27	0,47	3,00
Pb	0,52	1,56	<0,50	0,70
S	3585	5742	1573	5200
V	0,12	0,21	<0,05	0,16
Zn	27,3	53,2	12,2	69,0

¹⁾ AGES (2017)

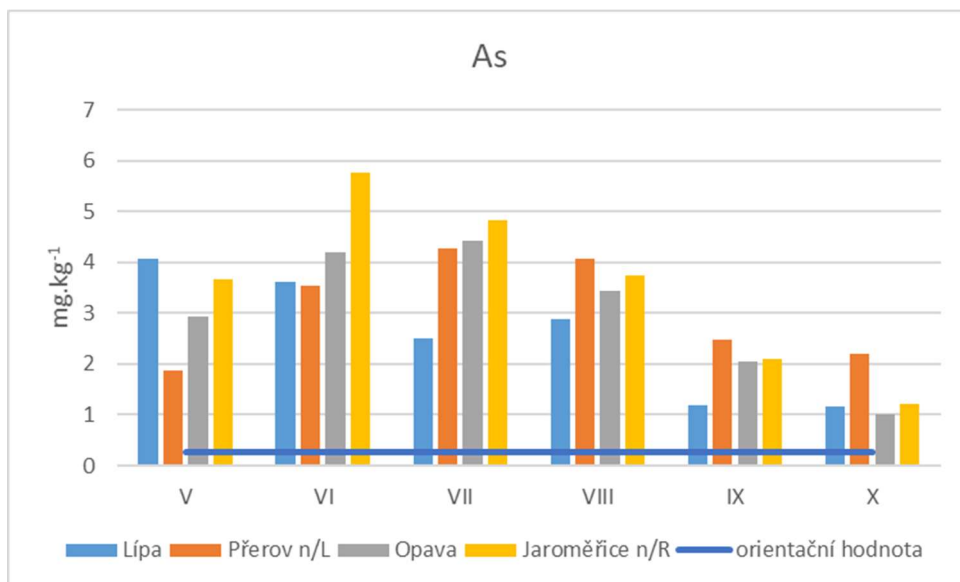
Pozn.: pro výpočet průměru byla použita polovina hodnoty meze stanovitelnosti

S výjimkou As a Al byly průměrné obsahy sledovaných anorganických polutantů za vegetační období 2017 nižší než orientační hodnoty pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2017). V některých měsících byly také zjištěny vyšší hodnoty než uváděné orientační hodnoty a to u Pb, S a V.

Všechny obsahy As zjištěné v hmotě jílku během vegetačního období 2017 byly nad orientační hodnotou pro maximální limity As (tabulka 15). K překročení této hodnoty pro As došlo na všech stanovištích ve všech vzorcích, i minimální hodnota As zjištěná v říjnu v jílků

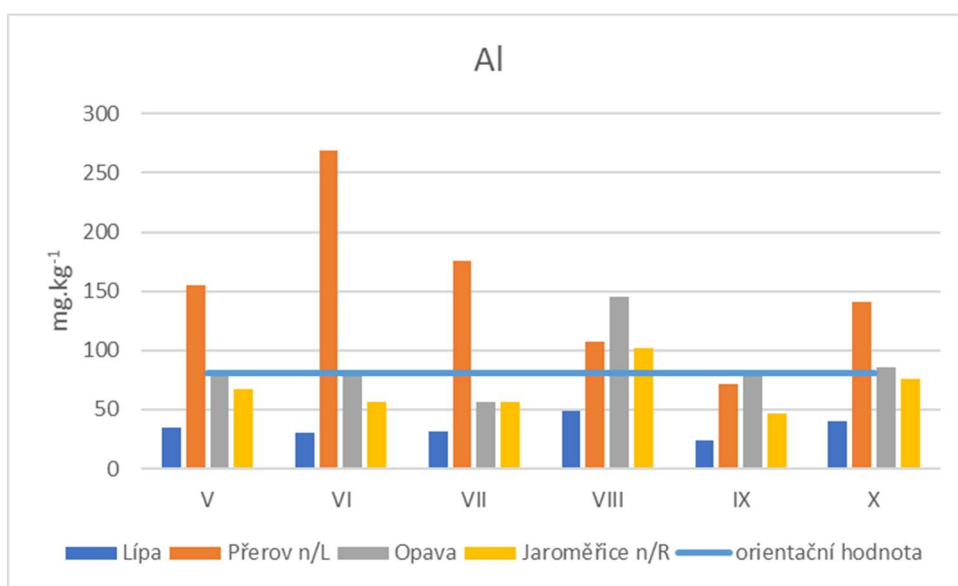
ze stanoviště Opava ($1,01 \text{ mg.kg}^{-1}$) je téměř čtyřnásobně vyšší než uváděná orientační hodnota (graf 1).

Graf 1: Změny obsahů As v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2017 (mg.kg^{-1} sušiny)



Průměrný obsah Al za vegetační období 2017 byl ovlivněn vyššími hodnotami Al v jílku ze stanoviště Přerov n. L., které s výjimkou hodnoty ze září vysoce překročily orientační hodnotu Al pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2017), v červnu více než trojnásobně. Orientační hodnota pro Al v hmotě jílku byla překročena ještě na stanovišti Opava v srpnu, září a říjnu, na stanovišti Jaroměřice n. R. v srpnu (graf 2, tabulka 15).

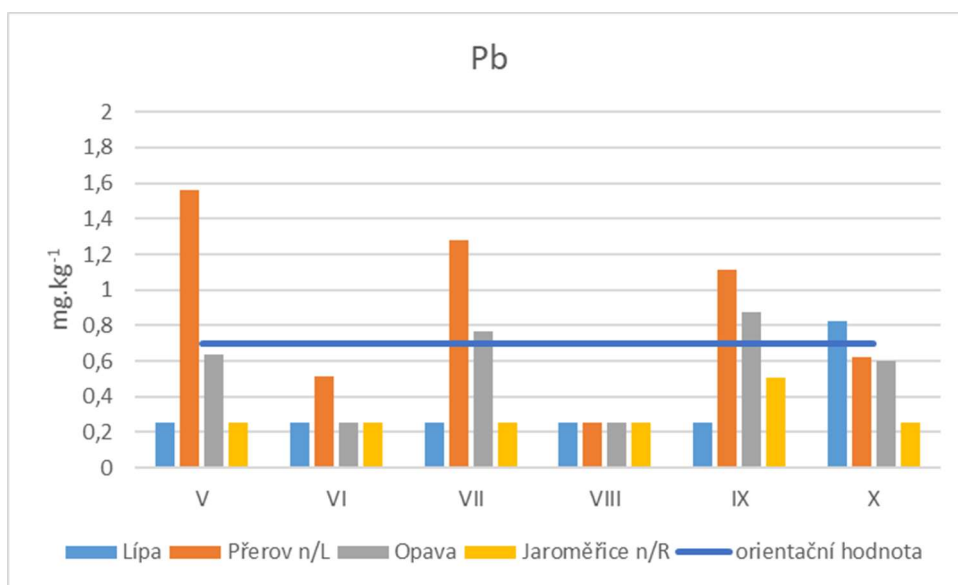
Graf 2: Změny obsahů Al v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2017 (mg.kg^{-1} sušiny)



Hodnoty Pb nad orientační hodnotou byly zjištěny na stanovišti Přerov n. L. v květnu, červenci a září, na stanovišti Opava v červenci a září. Na stanovišti Lípa byla hodnota

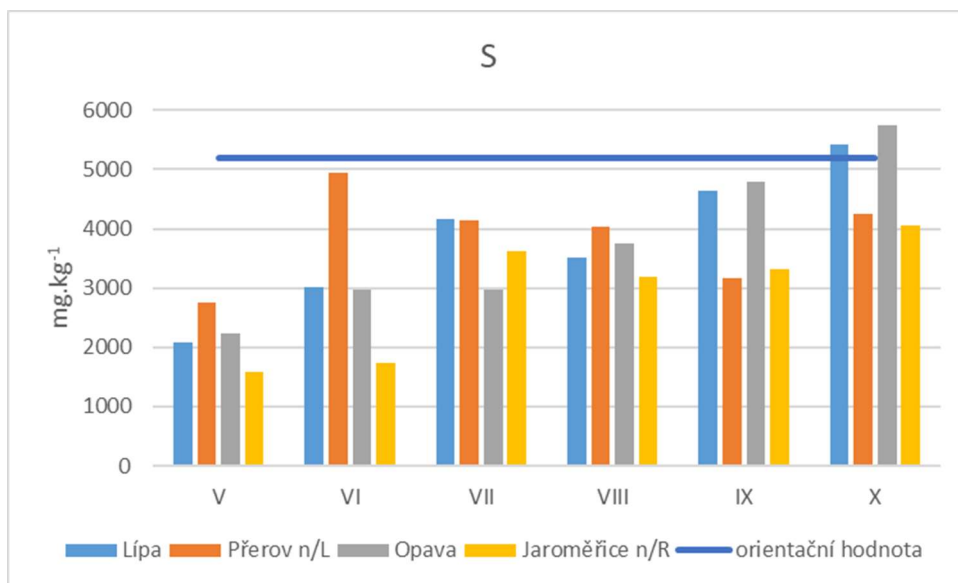
Pb nad orientační hodnotou jen v říjnu, v ostatních měsících byly hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti. Na stanovišti Jaroměřice n. R. byly rovněž hodnoty Pb pod hranicí meze stanovitelnosti s výjimkou měsíce září, hodnota Pb však nepřekročila orientační hodnotu (graf 3, tabulka 15).

Graf 3: Změny obsahů Pb v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2017 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Hodnoty S nad orientační hodnotou byly zjištěny jen na stanovišti Lípa a Opava v posledním měsíci sledování (graf 4, tabulka 15).

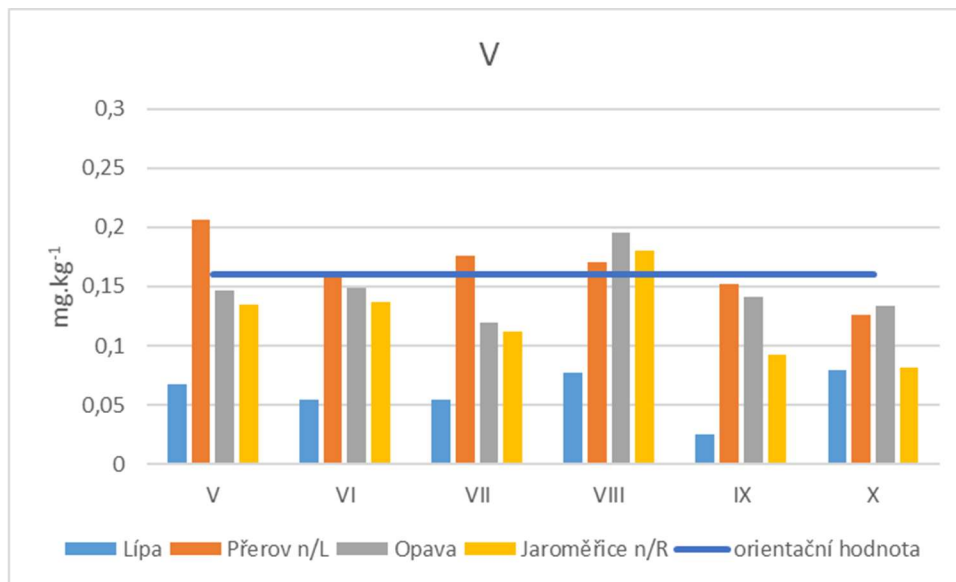
Graf 4: Změny obsahů S v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2017 (mg.kg⁻¹ sušiny)





Orientační hodnota pro V byla v hmotě jílku překročena v květnu, červenci a srpnu na stanovišti Přerov n. L., v srpnu byla překročena i na stanovištích Opava a Jaroměřice n. R. (graf 5, tabulka 15).

Graf 5: Změny obsahů V v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2017 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Průměrné obsahy anorganických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích za vegetační období 2017 jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab. 2: Obsahy anorganických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích (aritmetický průměr za vegetační období 2017)

	Lípa	Přerov n. L.	Opava	Jaroměřice n. R.
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	34,6	153	88,2	67,3
As	2,57	3,08	3,01	3,56
Cd	0,07	0,08	0,08	0,06
Cr	0,20	0,38	0,29	0,30
Cu	3,43	4,05	3,73	4,06
Fe	69,3	128	118	96,5
Hg	0,009	0,013	0,011	0,010
Mn	94,6	170	143	156
Mo	0,21	0,24	0,18	0,29
Ni	0,68	0,91	0,75	0,77
Pb	0,35	0,89	0,56	0,29
S	3804	3880	3738	2918
V	0,06	0,17	0,15	0,12
Zn	20,8	33,8	25,7	28,9



Podle zjištěných průměrných obsahů anorganických polutantů se jeví jako relativně nejčistší stanoviště Lípa. Na tomto stanovišti jsou průměrné obsahy nižší u většiny sledovaných anorganických polutantů s výjimkou Cd, Mo, Pb a S.

Tabulka 2 ukazuje, že u některých anorganických polutantů jsou výraznější rozdíly mezi stanovišti. Například vyšší průměrný obsah Fe vykazuje jílek na stanovišti Přerov n. L. a Opava. Na stanovišti Lípa jsou zjištěny ve hmotě jílku podstatně nižší průměrné obsahy především Al a V, ale i Cr, Fe, Mn, V a Zn v porovnání s ostatními stanovišti. Na stanovišti Jaroměřice n. R. jsou nízké průměrné obsahy Pb a S (tabulka 15).

Změny průměrných měsíčních hodnot anorganických polutantů za sledované vegetační období jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab. 3: Změny obsahu anorganických polutantů v jílku v průběhu vegetačního období (aritmetický průměr stanovišť v měsících 2017)

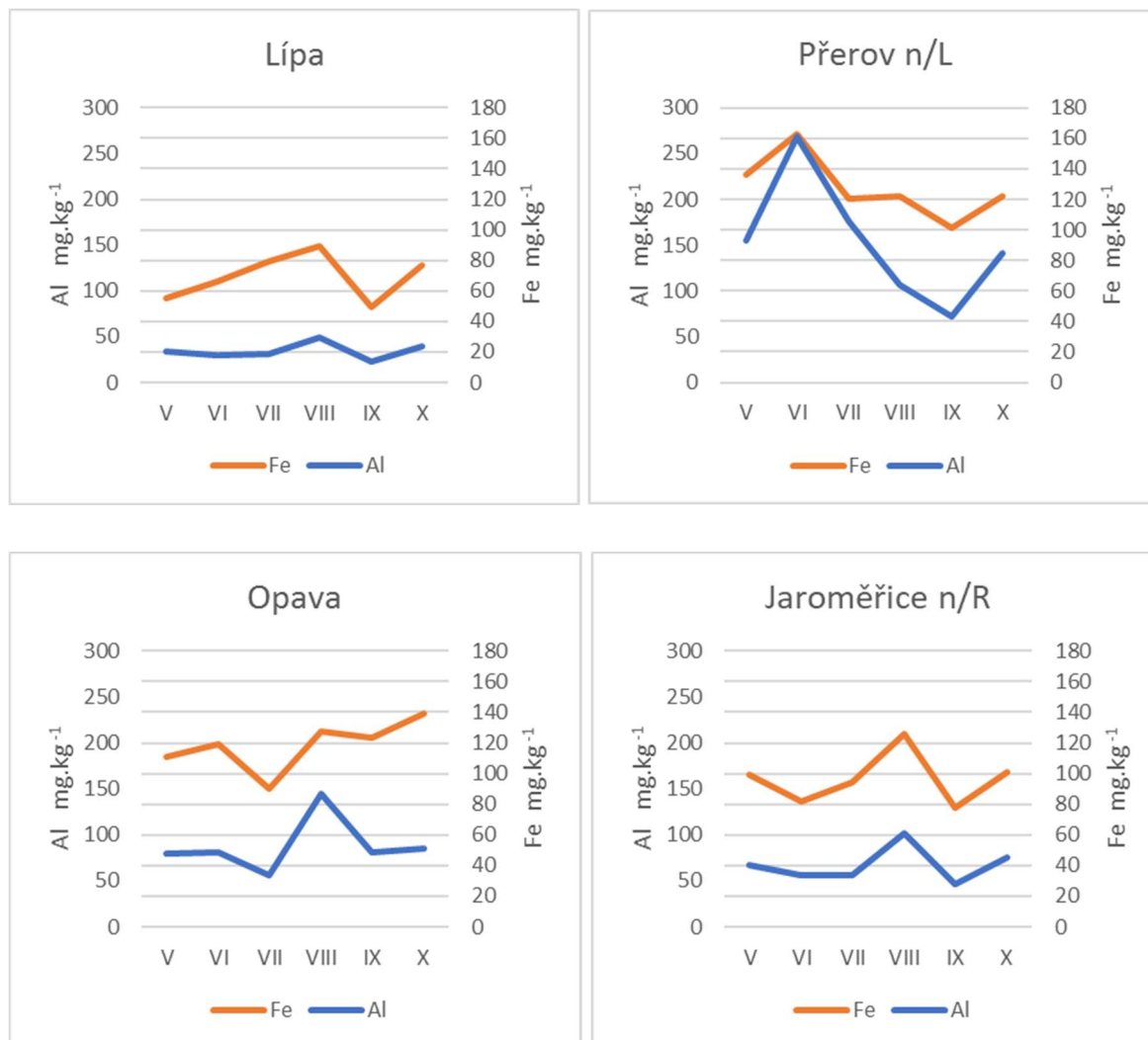
	V	VI	VII	VIII	IX	X
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	84,1	109	80,1	100	55,8	85,4
As	3,14	4,28	4,01	3,54	1,95	1,40
Cd	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07
Cr	0,29	0,33	0,26	0,27	0,25	0,36
Cu	3,22	3,71	3,76	3,80	3,73	4,68
Fe	100	108	95,8	116	88,1	110
Hg	0,010	0,013	0,011	0,009	0,010	0,011
Mn	133	147	153	140	134	138
Mo	0,24	0,27	0,24	0,21	0,19	0,22
Ni	0,66	0,85	0,82	0,81	0,70	0,83
Pb	0,67	0,32	0,64	0,25	0,69	0,57
S	2157	3167	3723	3619	3978	4866
V	0,14	0,13	0,12	0,16	0,10	0,11
Zn	19,9	32,5	30,3	29,8	25,9	25,4

Nejvyšší průměrné měsíční hodnoty jednotlivých anorganických polutantů byly zjištěny v různých měsících sledovaného období, nejčastější byly v červnu (Al, As, Hg, Mo, Ni, Zn) a říjnu (Cr, Cu, S). Nejnížší průměrné hodnoty jednotlivých anorganických polutantů byly zejména v květnu (Cu, Mn, Ni, S, Zn) a září (Al, Cr, Fe, Mo, V). V říjnu pak byla zjištěna nejnížší průměrná hodnota u As.

Průměrná hodnota Al v měsíci červnu byla ovlivněna vysokou hodnotou zjištěnou v hmotě jílku na stanovišti Přerov n. L. Na ostatních stanovištích byla nejvyšší hodnota Al zjištěna v srpnu. Na stanovišti Přerov n. L. byly zjištěny za měsíc červen výrazně vyšší hodnoty u více sledovaných anorganických polutantů v porovnání s ostatními stanovišti, kromě Al rovněž u Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn a S (tabulka 15).

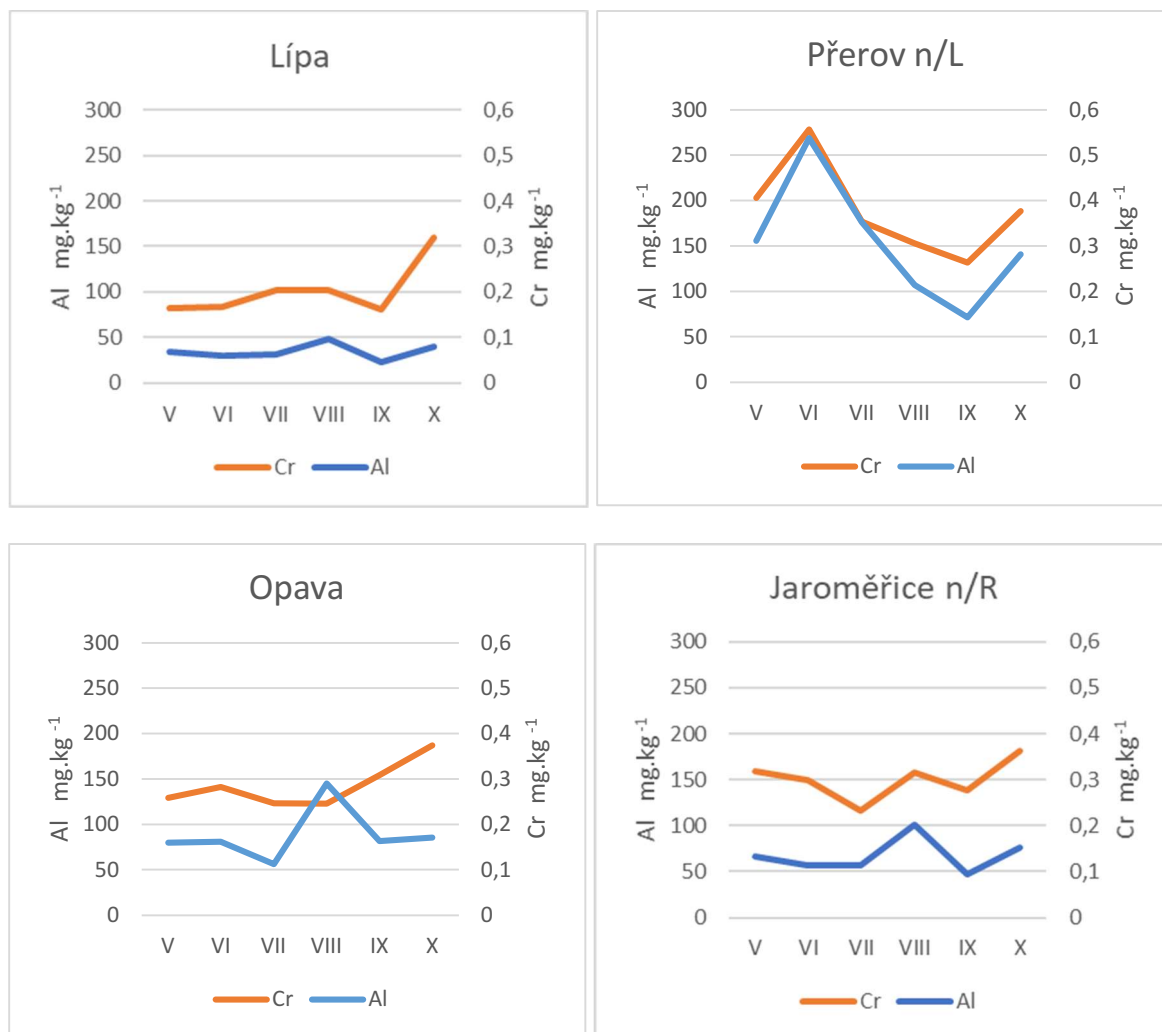
Některé ze sledovaných anorganických polutantů mají s hodnotami Al shodný průběh. Na všech stanovištích se jednalo o Fe, které mělo s hodnotami Al shodný průběh během celého vegetačního období (graf 6).

Graf 6: Změny obsahů Al a Fe v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2017 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Obdobný průběh hodnot shodný s Al byl zjištěn i u Cr na stanovišti Lípa, Přerov n. L. a Jaroměřice n. R. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo v říjnu s výjimkou stanoviště Přerov n. L., kdy byla nejvyšší hodnota Cr v červnu shodně s Al (graf 7).

Graf 7: Změny obsahů Al a Cr v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2017 (mg.kg^{-1} sušiny)



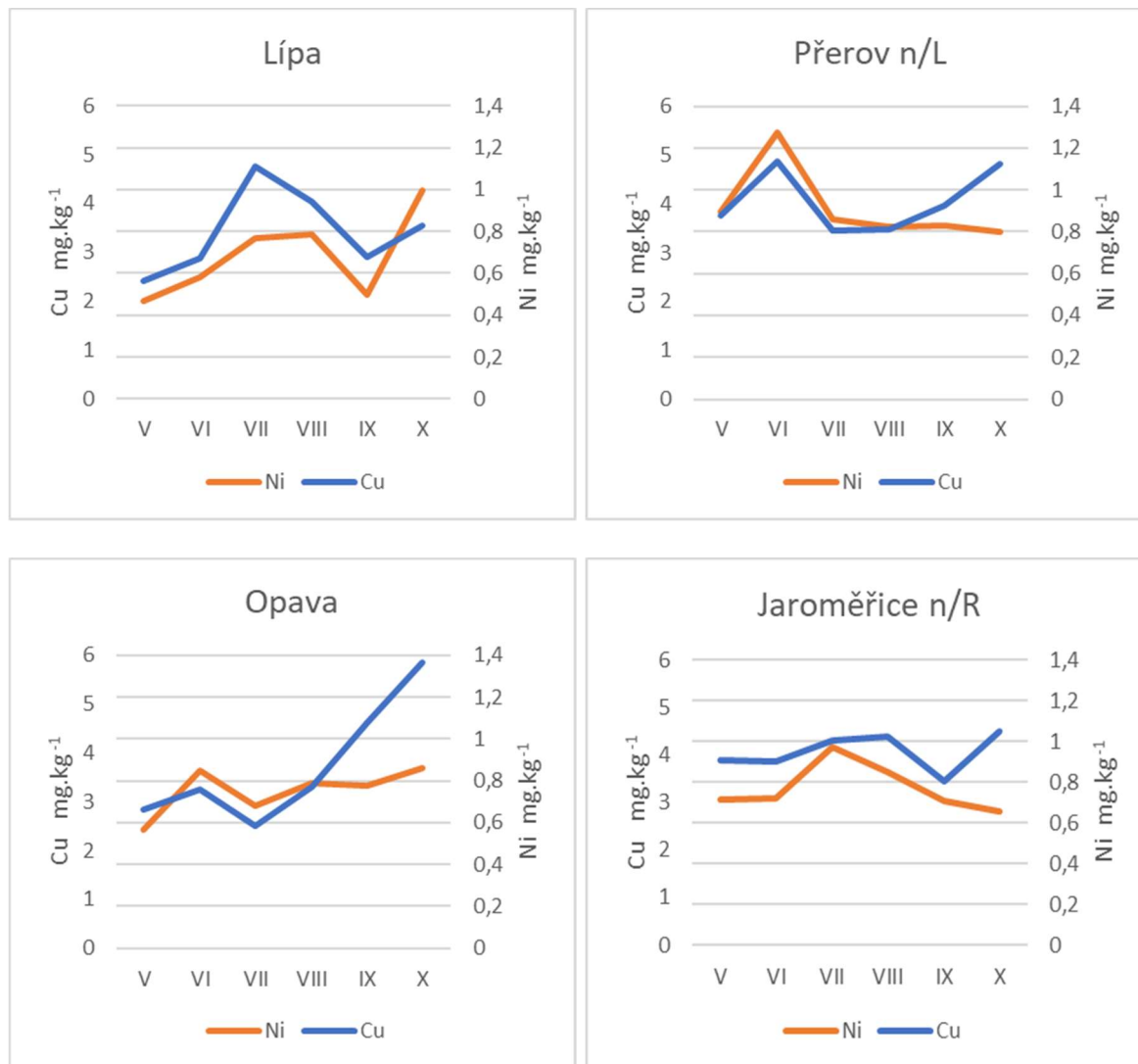
Obsahy Cd v minulých letech sledování byly velice nízké, většinou pod hranicí meze stanovitelnosti. V roce 2016 a 2017 byly hodnoty Cd nad mezí stanovitelnosti na všech stanovištích s rozdílným vývojem během vegetačního období. Nižší hodnoty v průběhu sledování byly zjištěny na stanovištích Lípa a Jaroměřice n. R.. Nejvyšší hodnota byla zjištěna v červnu na stanovišti Přerov n. L. (tabulka 15).

U Cu je průběh hodnot na každém stanovišti rozdílný, nejvyšší zjištěné hodnoty Cu jsou na stanovištích v různých měsících. Nejvyšší průměrný obsah byl v říjnu, kdy bylo nejvyšších hodnot dosaženo na stanovišti Opava a Jaroměřice n. R., na stanovišti Přerov n. L. v červnu. Nejvyšší hodnota na stanovišti Lípa byla zjištěna v červenci, na stanovišti Přerov n. L. a Opava byly naopak v tomto měsíci zjištěny hodnoty nejnižší (graf 9, tabulka 15).

Průměrný obsah Ni byl nejvyšší v červnu. Obsahy Ni v jílku byly na jednotlivých stanovištích během vegetačního období odlišné. Nejnižší hodnoty byly na stanovištích Lípa a Opava zjištěny v květnu a nejvyšší v říjnu, na stanovištích Přerov n. L. a Jaroměřice n. R. byly v říjnu nejvyšší (tabulka 15). Průběh hodnot Ni a Cu je na stanovištích obdobný (graf 8), podobný průběh hodnot má Ni i se Zn (graf 10).



Graf 8: Změny obsahů Cu a Ni v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2017 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Průměrný obsah Hg za vegetační období byl nejvyšší v červnu. V průběhu vegetačního období byly hodnoty na stanovištích rozdílné, nejvyšších hodnot na stanovištích bylo dosaženo v rozdílných měsících sledování. Vyšší hodnoty Hg vykazovala hmota jílku na stanovišti Přerov n. L., kde průměrná hodnota Hg dosáhla nejvyšší hodnoty ze všech stanovišť (tabulka 15).

Nejvyšší průměrný obsah Mn byl v červenci. Nejvyšší hodnota Mn byla zjištěna právě v červenci na stanovišti Jaroměřice n. R., vyšší hodnoty Mn v průběhu vegetačního období byly také zjištěny na stanovišti Přerov n. L., na stanovišti Lípa byly hodnoty Mn v průběhu sledování nejnižší (tabulka 15).

Průměrný obsah Mo byl nejvyšší v červnu. Vyšší hodnoty Mo v průběhu vegetačního období byly na stanici Jaroměřice n. R., nižší na stanovišti Opava. Na stanovišti Lípa byl v září obsah Mo pod hranicí meze stanovitelnosti, zároveň na tomto stanovišti byl zjištěn v květnu jeho nejvyšší obsah (tabulka 15).

Průměrná hodnota Pb byla nejvyšší v září. Na stanovišti Lípa s výjimkou měsíce října a na stanovišti Jaroměřice n. R. s výjimkou září byly všechny hodnoty pod hranicí meze

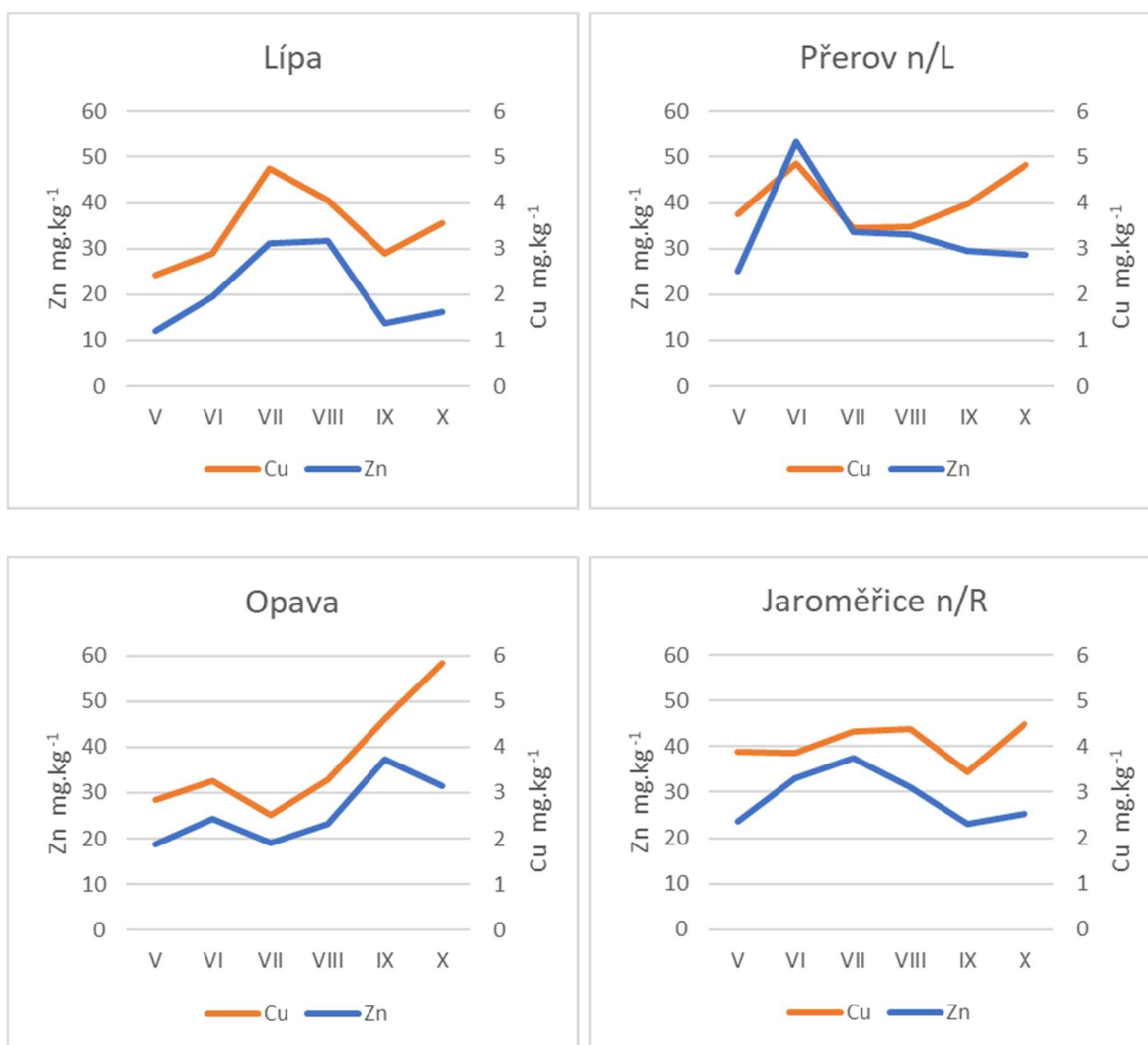


stanovitelnosti. Vyšší hodnoty Pb byly zjištěny na stanovišti Přerov n. L., které mělo nejvyšší průměr za vegetační období (tabulka 15).

Průměrný obsah S byl nejvyšší v říjnu (4866 mg.kg^{-1}), což se dává do souvislosti se začátkem topné sezóny. V tomto měsíci byly zjištěny nejvyšší hodnoty S na stanovištích Lípa, Opava a Jaroměřice n. R., na stanovišti Přerov n. L. byla nejvyšší zjištěná hodnota v červnu. Nejnížší hodnoty S byly na všech stanovištích v květnu (graf 4, tabulka 15).

Velice shodný průběh hodnot za vegetační období byl u V na stanovištích Opava a Jaroměřice n. R. s maximem v červenci. Rovněž nejvyšší průměrná hodnota V byla nejvyšší v tomto měsíci. Nízké hodnoty V vykazoval jílek ze stanoviště Lípa (tabulka 15).

Graf 9: Změny obsahů Zn a Cu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2017 (mg.kg^{-1} sušiny)

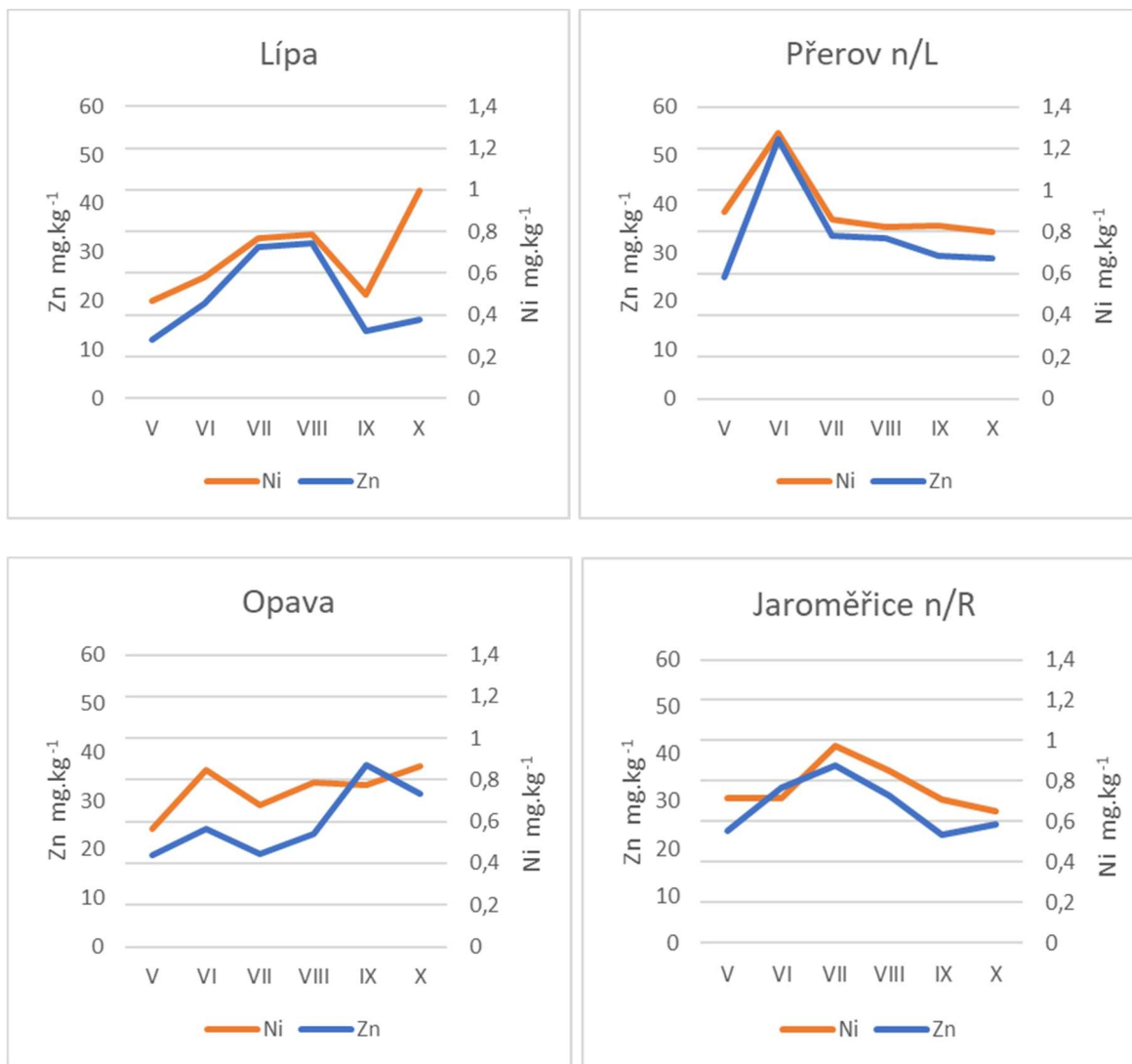


Nejvyšší průměrná hodnota Zn za vegetační období byla zjištěna v červnu, je ovlivněna vyšší hodnotou Zn ($53,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) v toto měsíci na stanovišti Přerov n. L. Průběh hodnot Zn je na jednotlivých stanovištích rozdílný. Nejnížší hodnoty byly zjištěny v květnu na stanovišti Lípa, Přerov n. L. a Opava, na stanovišti Jaroměřice n. R. byla hodnota Zn v květnu rovněž



nížká, nicméně nejnižší byla v září. Maxima byla v různých měsících sledování. Změny Zn ve sledovaném období byly na stanovištích velmi shodné se změnami Cu a Ni (graf 9, graf 10).

Graf 10: Změny obsahů Zn a Ni v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2017 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Podrobněji jsou obsahy anorganických polutantů v jílku rozvedeny podle stanovišť a měsíců v tabulce 15.



4.1.2. PAU v jílku

Průměrný obsah PAU v hmotě jílku mnohokvětého ze sledovaných stanovišť za celé vegetační období uvádí tabulka 4. V roce 2017 byly zjištěné obsahy PAU nižší než v přecházejících letech sledování, rovněž rozsah zjištěných obsahů je menší. Rozdíl mezi minimální a maximální sumou PAU je dvojnásobný (podrobněji tabulka 16).

Tab. 4: Obsahy PAU v jílku (základní statistika za vegetační období 2017)

Σ PAU (15)	2017		
	průměr	maximum	minimum
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy		
	39,1	58,1	29,0

Orientační hodnota pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2017) činí 9,90 μg.kg⁻¹ a je uváděna pro 12 PAU – ANT, FLT, BaP, DBA, BaA, BbF, BkF, BPE, IPY, CHR, PYR, PHE. Pro porovnání s orientační hodnotou z Rakouska byly pro sledovaná stanoviště počítány sumy těchto 12 vybraných PAU v čerstvé biomase jílku (tabulka 5).

Tab. 5: Změny obsahu sumy 12 vybraných PAU v jílku v průběhu vegetačního období 2017

Σ PAU (12)	Lípa	Přerov n. L.	Opava	Jaroměřice n. R.
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
V	29,7	34,1	31,7	30,9
VI	22,0	22,0	29,2	26,3
VII	26,6	22,0	30,5	28,3
VIII	27,6	22,0	31,5	26,5
IX	31,5	35,1	36,8	41,5
X	32,7	35,9	45,9	51,1
Aritmetický průměr	28,3	28,5	34,3	34,1

V porovnání s rakouskou orientační hodnotou pro maximální limity pozadí jsou námi naměřené hodnoty výrazně vyšší.

Maximální zjištěná hodnota sumy 12 vybraných PAU (51,1 μg.kg⁻¹ čerstvé biomasy) zjištěná v hmotě jílku na stanovišti Jaroměřice n. R. v posledním měsíci sledování je pětinasobně vyšší než uváděná orientační hodnota podle AGES (2017). I nejnižší obsahy vybraných 12 PAU (22,0 μg.kg⁻¹ čerstvé biomasy), které byly zjištěny v hmotě jílku, jsou více než dvojnásobně vyšší, v červnu na stanovišti Lípa, a v červnu, červenci a srpnu na stanovišti Přerov n. L. (tabulka 5).

Na všech stanovištích v některých měsících za sledované období byly zjištěny FLT, NAP, PHE a PYR. Ve všech vzorcích nad mezí stanovitelnosti byly hodnoty FLT, PHE a PYR na stanovišti Opava, hodnoty FLT na stanovišti Jaroměřice n. R. Naopak mezí stanovitelnosti nebyla překročena ani na jednom ze stanovišť u ANY, ANT, BaA, BaP, BbF, BkF, BPE, FLU, DBA a IPY (tabulka 6 a tabulka 16).



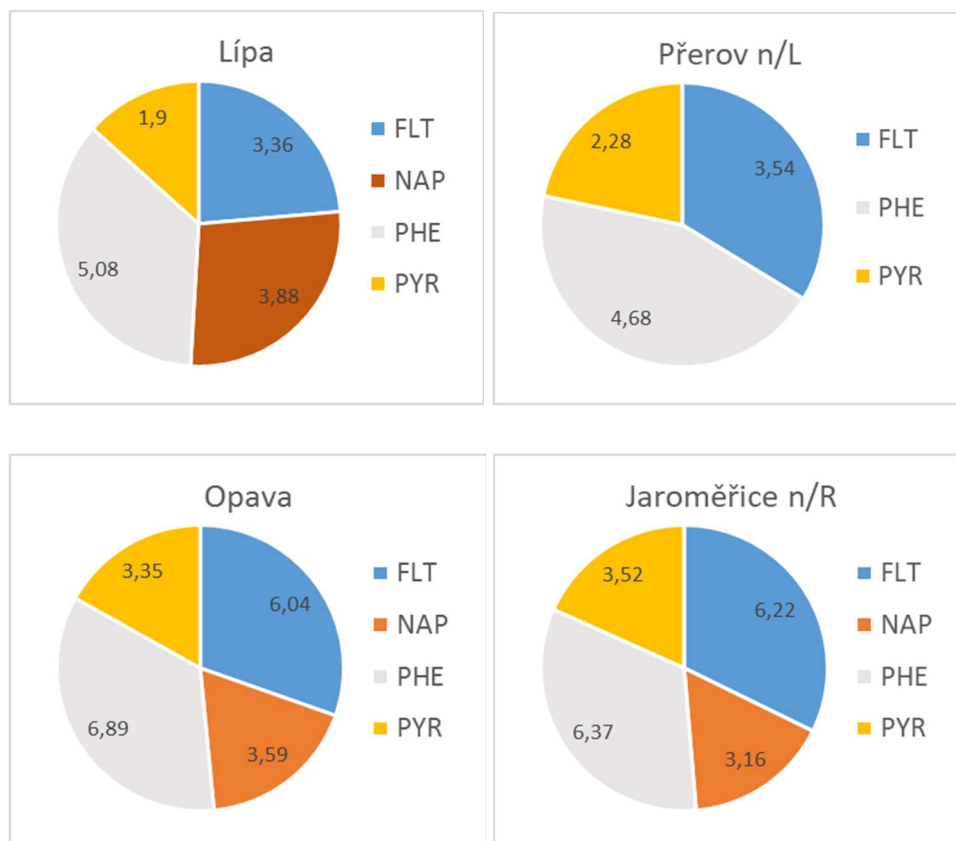
Tab. 6: Obsahy jednotlivých PAU v jílku na jednotlivých stanovištích (průměr za vegetační období 2017)

	Lípa	Přerov n. L.	Opava	Jaroměřice n. R.
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
ANY	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BaA	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
BaP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
BbF	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
BkF	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
BPE	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	3,36	3,54	6,04	6,22
FLU	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
CHR	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
IPY	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
NAP	3,88	<5,00	3,59	3,16
PHE	5,08	4,68	6,89	6,37
PYR	1,90	2,28	3,35	3,52
Σ PAU (15)	36,7	35,5	42,4	41,8

Za vegetační období se na sledovaných stanovištích na sumě 15 PAU s obsahy nad mezí stanovitelnosti podílely PHE, FLT, NAP a PYR, na stanovišti Přerov n. L. jen PHE, FLT a PYR (graf 11).

Zjištěné celkové sumy hodnot 15 PAU na jednotlivých stanovištích ve sledovaných měsících uvádí tabulka 7. V průběhu vegetačního období docházelo v hmotě jílku ke změnám v obsahu PAU. Nejvyšší hodnoty obsahů byly zjištěny na stanovištích v posledním měsíci sledování v říjnu, vyšší obsahy byly rovněž v květnu a září. Nejvyšší celkový obsah PAU byl zjištěn v říjnu na stanovišti Jaroměřice n. R. a to $58,1 \mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy. Nižší obsahy byly zjištěny v červnu až srpnu na všech stanovištích, nejnižší na stanovišti Přerov n. L. (graf 12, tabulka 7).

Graf 11: Průměrné obsahy vybraných PAU (s obsahy nad mezí stanovitelnosti) v jílku na sledovaných stanovištích za vegetační období 2017 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy).

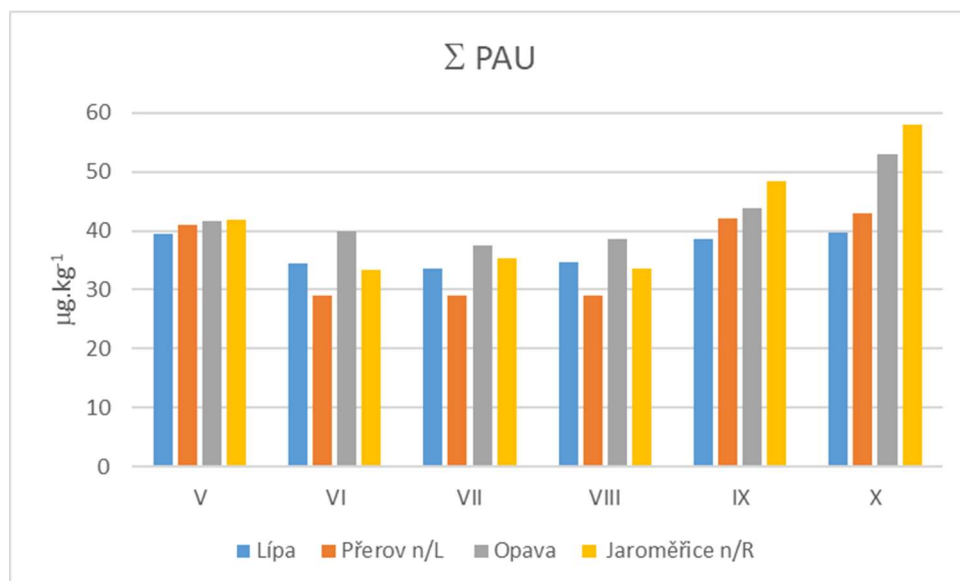


Tab. 7: Změny obsahu sumy 15 PAU v jílku v průběhu vegetačního období 2017

Σ PAU (15)	Lípa	Přerov n. L.	Opava	Jaroměřice n. R.
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
V	39,5	41,1	41,7	41,9
VI	34,5	29,0	39,8	33,3
VII	33,6	29,0	37,5	35,3
VIII	34,6	29,0	38,5	33,5
IX	38,5	42,1	43,8	48,5
X	39,7	42,9	52,9	58,1
Aritmetický průměr	36,7	35,5	42,4	41,8

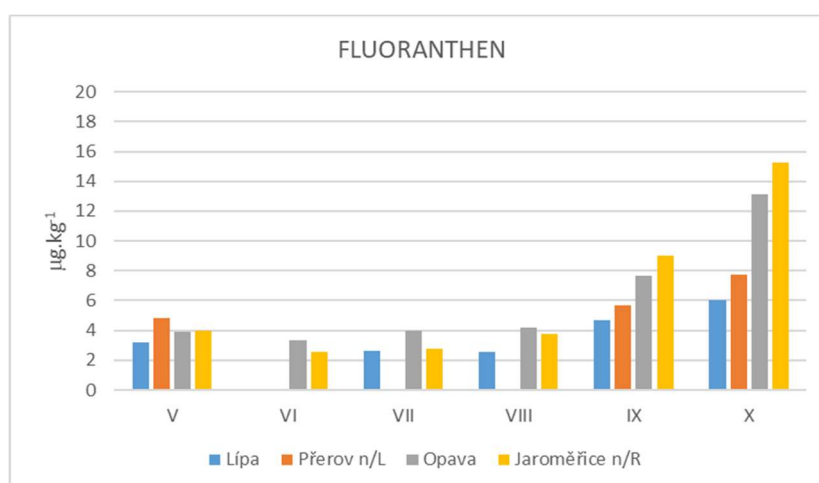


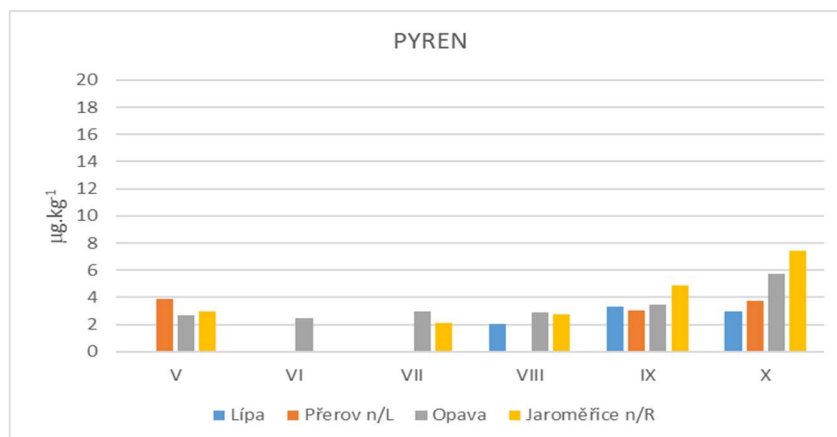
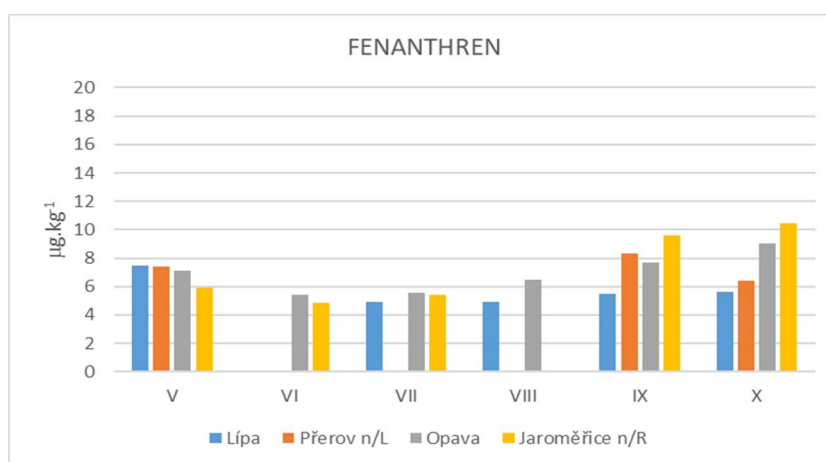
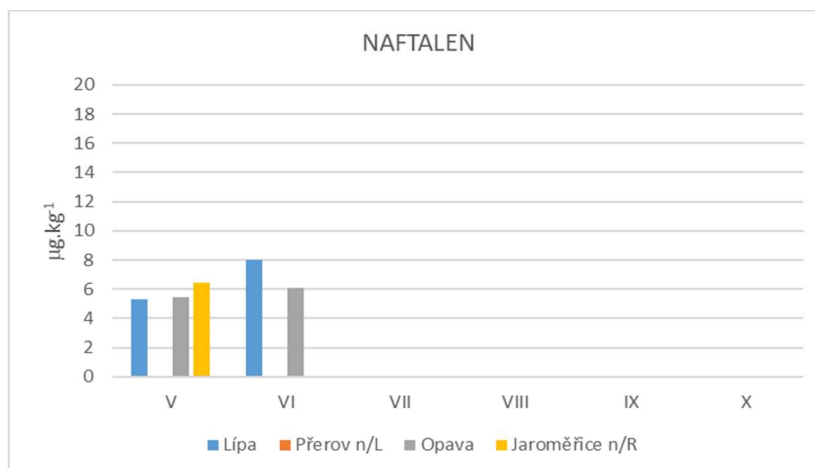
Graf 12: Změny obsahů PAU v jílku ve vegetačním období 2017 (Σ 15 PAU; $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)



Shodný průběh za vegetační období na jednotlivých stanovištích měly hodnoty FLT, v posledních měsících sledování došlo k nárůstu hodnot, vyšší hodnoty byly i v květnu. U PHE byl obdobný průběh na stanovištích Opava a Jaroměřice. Na stanovišti Lípa byl nejvyšší obsah PHE zjištěn v květnu, na stanovišti Přerov n. L. v září. Rovněž u PYR byly zjištěny nejvyšší hodnoty v říjnu, jen na stanovišti Lípa v září. Hodnoty NAP nad hranici meze stanovitelnosti byly zjištěny jen v květnu a červnu na stanovištích Lípa a Opava, na stanovišti Jaroměřice n. R. jen v květnu. Na stanovišti Přerov n. L. byly hodnoty pod hranici meze stanovitelnosti během celého vegetačního období (graf 13).

Graf 13: Zjištěné obsahy vybraných PAU (s obsahy nad mezí stanovitelnosti) v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu období 2017 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)





Podrobněji jsou obsahy PAU v jílku rozvedeny podle stanovišť a měsíců v tabulce 16.

4.2. Borovice černá ve vegetačním období 2017

Borovice černá je druhým bioindikátorem, který je umístěn na dvou imisně nezatížených stanovištích (Závišín a Opava) a na dvou stanovištích relativně imisně zatížených (Plzeň a Vratimov). Se získáváním biomasy nebyly problémy.



4.2.1. Anorganické polutanty v jehličí

Průměrné, maximální a minimální obsahy anorganických polutantů v jednoletém jehličí borovice černé za rok 2017 jsou uvedeny v tabulce 8.

Tab. 8: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé (základní statistika) nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2017

	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	50,0	86,7	25,7	86,9	102,1	69,2
As	0,53	0,97	0,25	0,74	0,97	0,56
Cd	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	0,09	0,07
Cr	0,18	0,26	0,12	0,30	0,45	0,18
Cu	2,91	3,30	2,08	2,52	3,12	1,87
Fe	43,6	74,8	27,0	91,5	152	45,6
Hg	0,013	0,019	0,008	0,013	0,014	0,011
Mn	101	124	61,4	206	376	93,6
Mo	0,30	0,43	0,19	0,12	0,18	0,08
Ni	0,91	1,46	0,36	0,39	0,47	0,32
Pb	0,31	0,51	<0,50	0,47	1,12	<0,50
S	984	1018	963	1384	1518	1024
V	0,05	0,11	<0,05	0,11	0,16	0,06
Zn	28,4	30,3	27,1	30,8	39,6	22,2

Průměrné obsahy anorganických polutantů byly převážně vyšší na imisně zatížených stanovištích než na stanovištích imisně nezatížených. Výrazně vyšší průměrné hodnoty byly zjištěny u Al, As, Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, S a V. Průměrný obsah Cu, Ni a Mo byl vyšší na nezatížených stanovištích v porovnání se zatíženými. Rovněž byly zjištěny rozdíly v rozsahu hodnot na zatížených a nezatížených stanovištích. Na zatížených stanovištích byly vysoké rozdíly mezi maximálními a minimálními hodnotami u Fe, Mn a Pb. Na nezatížených stanovištích byl rozsah hodnot vyšší u Al, As, Ni a V. Podrobněji jsou obsahy anorganických polutantů rozvedeny v tabulce 17.

Průměrné obsahy jednotlivých anorganických polutantů na nezatížených a zatížených stanovištích jsou různé při porovnávání zimní (jarní odběr jehličí) a letní (podzimní odběr jehličí) periody, jak ukazují hodnoty v tabulce 9.

Při porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů za zimní a letní periodu byly nalezeny rozdíly jak mezi periodami, tak mezi zatíženými a nezatíženými stanovišti. Na zatížených stanovištích byly průměrné obsahy většiny anorganických polutantů vyšší za zimní periodu v porovnání s letní periodou s výjimkou As a S. Na nezatížených stanovištích byly vyšší v letní periodě As, Cu, Mn, Mo a Ni. Na zatížených stanovištích jsou v porovnání s nezatíženými stanovišti průměrné obsahy anorganických polutantů vyšší v obou periodách, především průměrné obsahy Al a Fe, v zimní periodě jsou to ještě navíc Mn, Pb a V, v letní periodě S. Na nezatížených stanovištích jsou vyšší průměrné obsahy Hg, Mo a Ni v obou periodách a v letní periodě obsah Cu v porovnání se zatíženými stanovišti (tabulka 9, tabulka 17).



Tab. 9: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé v letní a zimní periodě (aritmetický průměr za periodu v roce 2017)

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	zimní perioda	letní perioda	zimní perioda	letní perioda
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	58,6	41,4	98,1	75,6
As	0,46	0,61	0,71	0,77
Cd	<0,05	<0,05	0,08	0,08
Cr	0,23	0,13	0,38	0,22
Cu	2,52	3,29	2,54	2,49
Fe	54,5	32,7	116	67,1
Hg	0,015	0,012	0,014	0,011
Mn	90,0	111	263	148
Mo	0,29	0,31	0,14	0,10
Ni	0,58	1,25	0,41	0,37
Pb	0,38	<0,50	0,68	<0,50
S	1005	964	1271	1498
V	0,08	<0,05	0,14	0,08
Zn	29,0	27,7	31,9	29,6

Průměrné obsahy anorganických polutantů naměřené v jehličí na jednotlivých nezatížených a zatížených stanovištích jsou uvedeny v tabulce 10.

Při porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů se nejvíce zatíženým stanovištěm jeví Vratimov. Průměrné obsahy osmi sledovaných anorganických polutantů v jehličí jsou zde nejvyšší s výjimkou Al a As, jejichž průměrné obsahy jsou nejvyšší na stanovišti Plzeň, a Cu, Hg, Mo a Ni, jejichž průměrné obsahy jsou nejvyšší na stanovišti Závěšín. Naopak výrazně nižší jsou na stanovišti Závěšín v porovnání s ostatními stanovišti průměrné obsahy Al, As a Fe (tabulka 10, graf 14, tabulka 17).

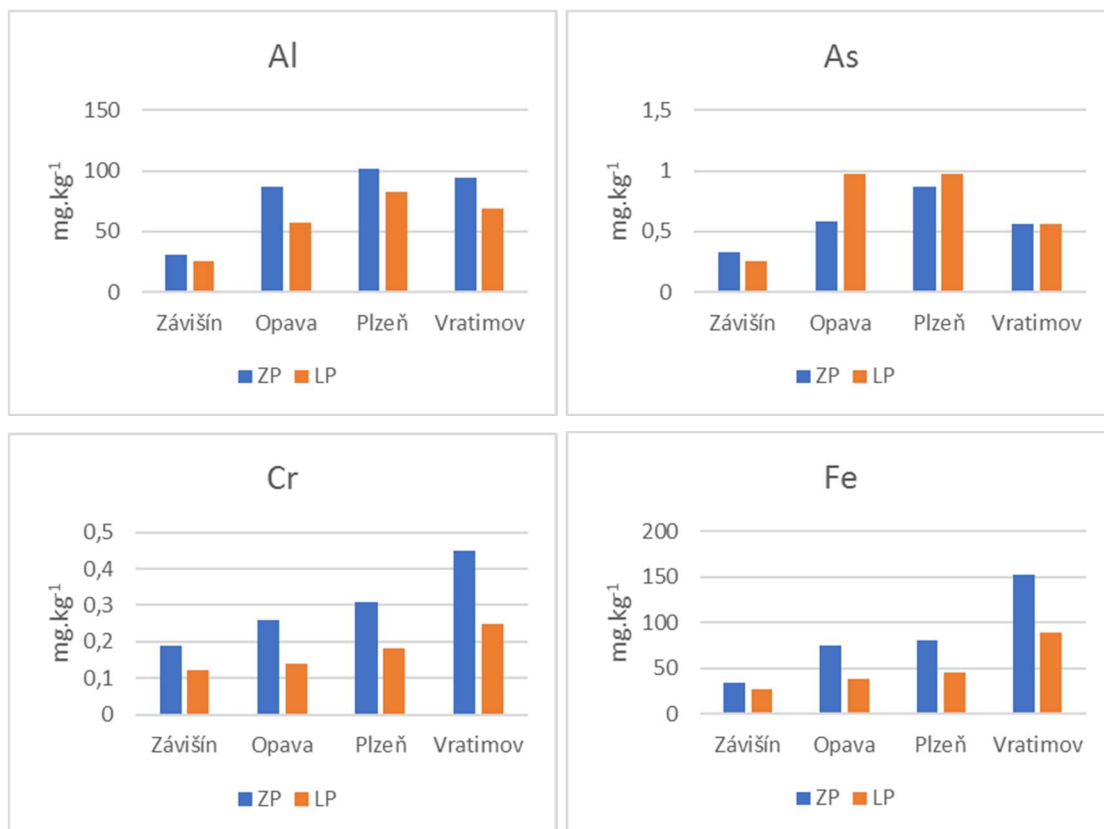
Zjištěné hodnoty některých anorganických polutantů jsou výrazně vyšší na některých stanovištích v obou periodách v porovnání s ostatními stanovišti. Na stanovišti Vratimov byly naměřeny nejvyšší hodnoty Cr, Fe, Mn v porovnání s ostatními stanovišti, na stanovišti Závěšín Hg, Mo a Ni (graf 16). Hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti byly jen u Pb na stanovišti Závěšín a Plzeň v obou periodách, na stanovišti Opava a Vratimov v letní periodě, u Cd v obou periodách na nezatížených stanovištích a u V v letní periodě na nezatížených stanovištích (tabulka 10, tabulka 17).

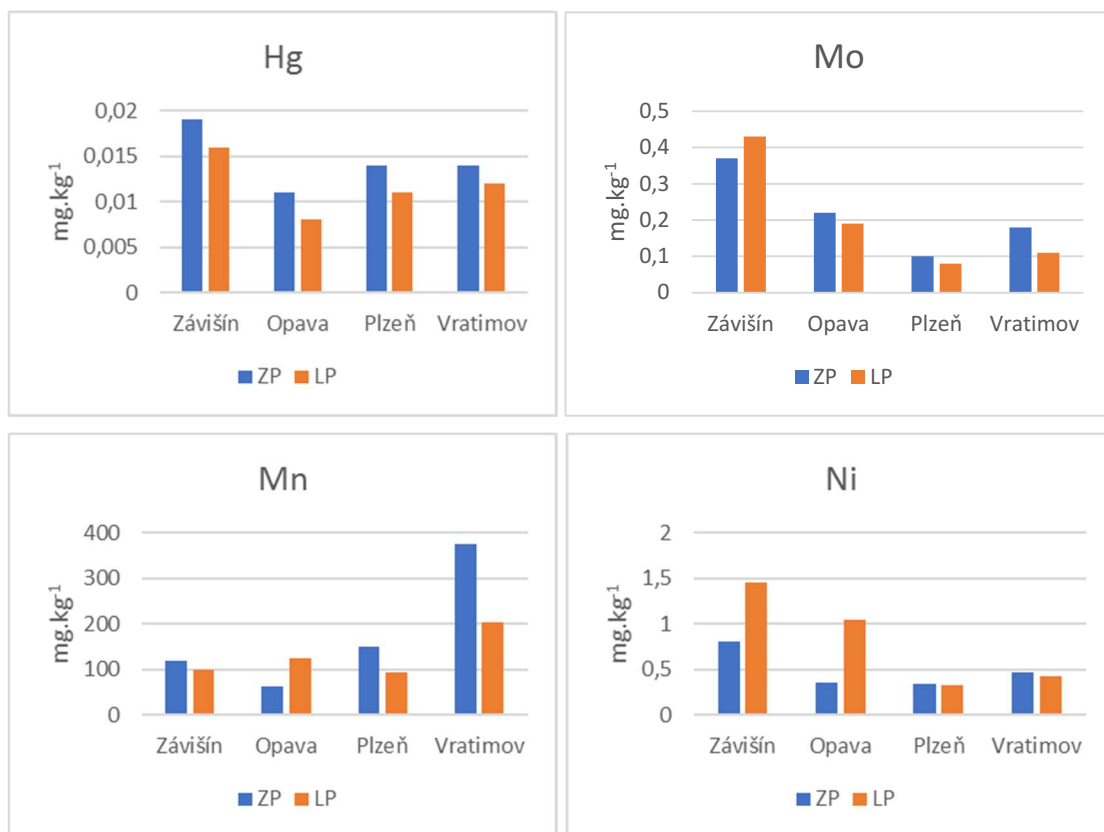


Tab. 10: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť za obě periody v roce 2017)

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závišín	Opava	Plzeň	Vratimov
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	28,1	71,9	92,1	81,7
As	0,29	0,78	0,92	0,56
Cd	<0,05	<0,05	0,07	0,09
Cr	0,16	0,20	0,24	0,35
Cu	3,13	2,69	2,09	2,95
Fe	30,6	56,6	62,9	120
Hg	0,017	0,009	0,012	0,013
Mn	108	92,8	121	290
Mo	0,40	0,20	0,09	0,15
Ni	1,13	0,70	0,33	0,45
Pb	<0,5	0,38	<0,5	0,68
S	992	977	1264	1505
V	0,04	0,07	0,09	0,13
Zn	28,7	28,0	23,3	38,3

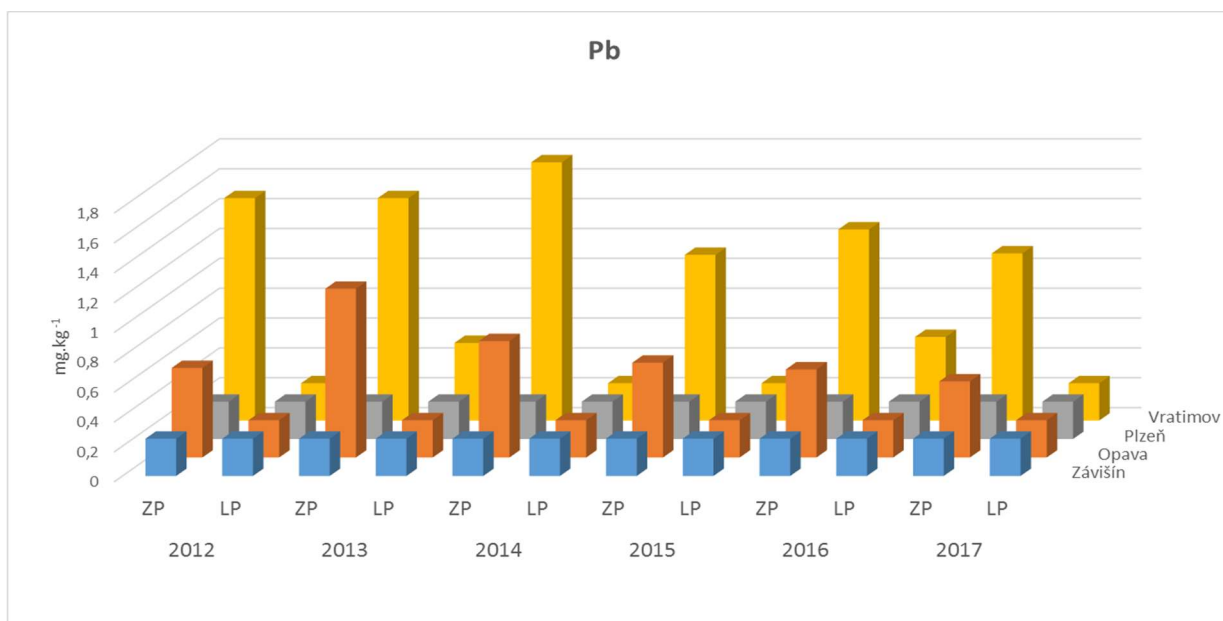
Graf 14: Změny obsahů Al, As, Cr, Fe, Hg, Mn, Mo a Ni v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) 2017 (mg.kg⁻¹ sušiny)





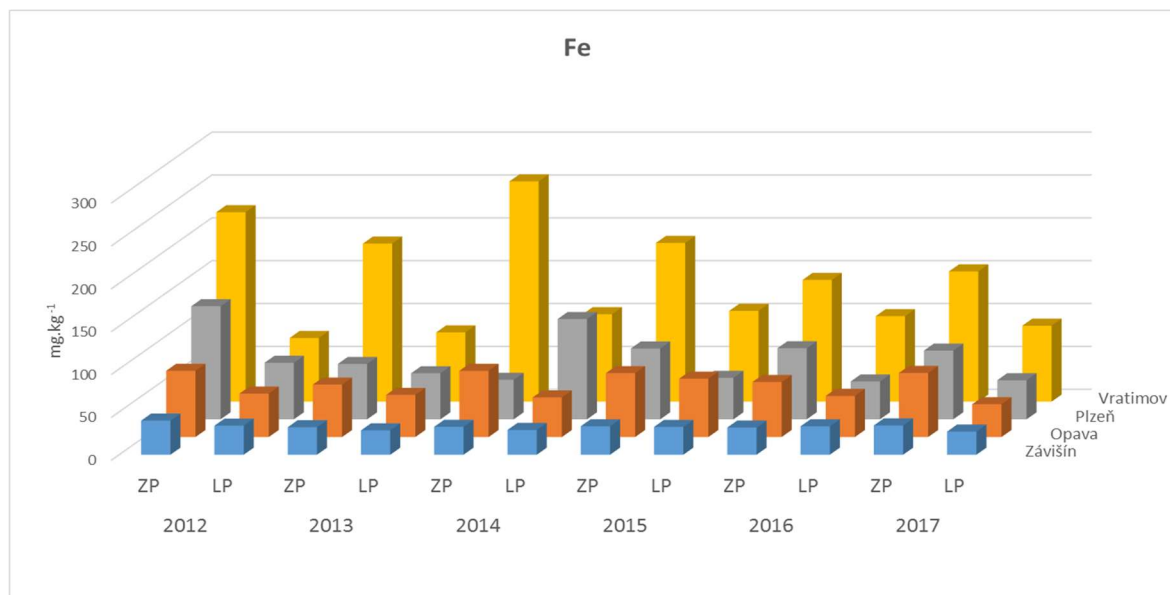
Obsah Pb v jehličí borovice černé je dlouhodobě vyšší v zimní periodě na stanovištích (Opava, Vratimov) na severní Moravě (graf 15). Na stanovištích Závišín a Plzeň je obsah olova pod hranicí meze stanovitelnosti.

Graf 15: Změny obsahů Pb v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) v průběhu let 2012–2017 (mg.kg⁻¹ sušiny)



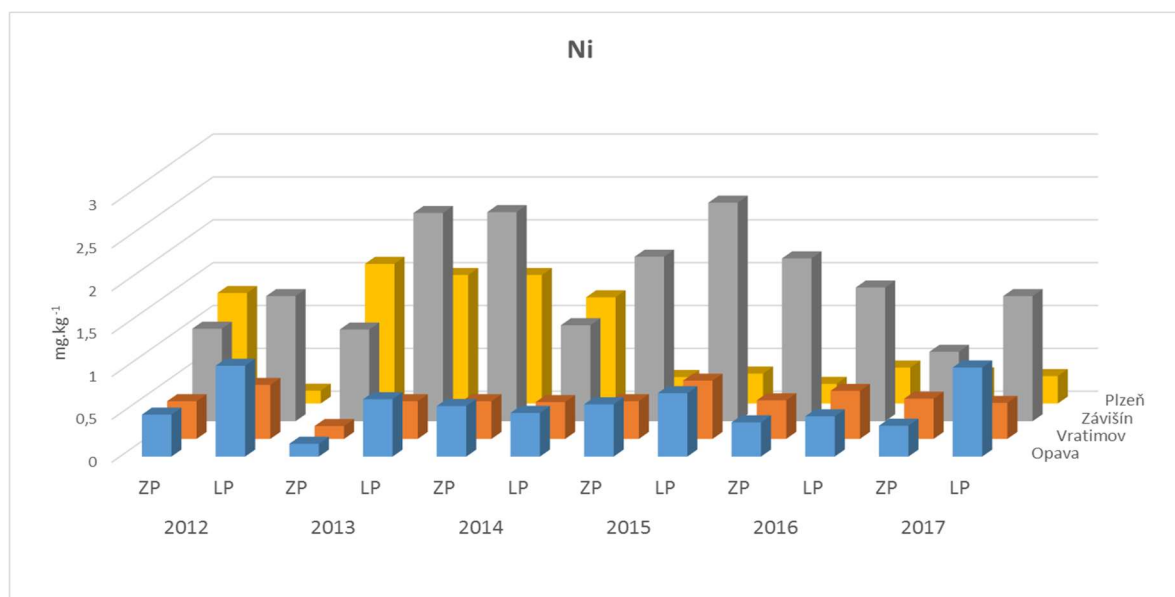
Rovněž obsah Fe v jehličí borovice černé za zimní periodu je dlouhodoběji vyšší na stanovišti Vratimov (graf 16).

Graf 16: Změny obsahů Fe v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) v průběhu let 2012–2017 (mg.kg^{-1} sušiny)



Rozdíly v obsahu Ni, které byly pozorovány od roku 2012 mezi stanovišti ze západních Čech (Závěšín a Plzeň) – vyšší obsahy a severní Moravy (Opava a Vratimov) – nižší obsahy, se projeví v letech 2015 až 2017 jen na stanovišti Závěšín. Na tomto stanovišti byly obsahy Ni za rok 2017 výrazně vyšší než na ostatních stanovištích s výjimkou vyšší hodnoty Ni z letní periody na stanovišti Opava. Naopak na stanovišti Plzeň byly hodnoty v letech 2015 až 2017 v obou periodách nejnižší. Porovnání změn v letech 2012–2017 ukazuje graf 17.

Graf 17: Změny obsahů Ni v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) v průběhu let 2012–2017 (mg.kg^{-1} sušiny)





Podrobněji jsou obsahy anorganických polutantů v jehličí uvedeny v tabulce 17.

4.2.2. PAU v jehličí

Sledování PAU v jehličí borovice černé v roce 2017 ukázalo na rozdíly především mezi zimní a letní periodou.

Průměrné obsahy PAU naměřené v jehličí borovice černé na sledovaných stanovištích za rok 2017 jsou uvedeny v tabulce 11.

Tab. 11: Obsahy PAU v jehličí borovice černé (základní statistika nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2017)

Σ PAU (15)	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	Minimum
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy					
	50,1	63,7	37,7	53,9	83,4	37,8

Za posledních sedm let sledování se jedná o nejnižší průměrné obsahy, rovněž maximální zjištěné hodnoty jsou za toto období nejnižší. Snižování hodnot polycyklických aromatických uhlovodíků proběhlo na všech stanovištích borovice černé, srovnání minulých let uvádí tabulka 12.

Tab. 12: Obsahy organických polutantů v jehličí borovice – srovnání let 2011–2017 (základní statistika nezatížených a zatížených stanovišť)

Σ PAU (15)	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	Minimum
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy					
2011	166	212	94,4	253	564	108
2012	239	557	84	478	1247	86,9
2013	151	308	65,4	111	133	88,9
2014	79,5	109	44,5	98,8	124	59,2
2015	90,1	141	37,7	98,4	192	59,7
2016	73,9	85,5	60,7	85,7	114	42,7
2017	50,1	63,7	37,7	53,9	83,4	37,8

Nejvyšší průměrný celkový obsah (Σ 15 PAU) za rok 2017 byl zjištěn na stanovišti Vratimov, kde byly vyšší obsahy především PHE, FLT a PYR (tabulka 13).

Nad hranicí meze stanovitelnosti bylo v jehličí borovice černé zjištěno pouze sedm PAU. Na nezatížených stanovištích se na celkovém obsahu PAU podílel pouze ANT, PHE, FLT a PYR. Na zatížených stanovištích byly celkové obsahy PAU rozdílné. Na stanovišti Plzeň byl zjištěn nad hranicí meze stanovitelnosti pouze PHE, FLT a PYR. Celkový obsah PAU zde byl nejnižší ze všech sledovaných stanovišť. V jehličí borovice černé ze stanoviště Vratimov byl zjištěn ANT, BaP, BbF, CHR, PHE, FLT a PYR.

Průměrné hodnoty organických polutantů naměřené v jehličí na jednotlivých stanovištích uvádí tabulka 13.



Tab. 13: Obsahy jednotlivých PAU v jehličí borovice (aritmetický průměr jednotlivých stanovišť v roce 2017)

PAU	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závišín	Opava	Plzeň	Vratimov
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	2,74	2,38	<2,00	3,63
ANY	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BaA	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
BaP	<3,00	<3,00	<3,00	2,39
BbF	<3,00	<3,00	<3,00	2,86
BkF	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
BPE	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	6,15	7,79	4,42	12,2
FLU	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
CHR	<4,00	<4,00	<4,00	3,39
IPY	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
NAP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
PHE	12,2	11,3	5,39	19,1
PYR	4,32	5,32	2,99	7,50
Σ PAU (15)	49,5	50,7	37,8	70,1

Mez stanovitelnosti nebyla překročena ani na jednom ze stanovišť v obou odběrových periodách u ANA, ANY, BaA, BkF, BPE, DBA, FLU, IPY a NAP.

Rozdíly mezi průměrnými obsahy jednotlivých PAU v zimní a letní periodě na nezatížených a zatížených stanovištích jsou zřetelné z tabulky 14.

Celková suma PAU je vyšší v zimní periodě jak na zatížených tak i na nezatížených stanovištích. Vyšší průměrné obsahy PAU byly zjištěny za zimní periodu v porovnání s letní periodou především u FLT, PHE a PYR jak na nezatížených stanovištích, tak na zatížených stanovištích. Rozdíly hodnot těchto PAU za zimní a letní periodu jsou vyšší na nezatížených stanovištích.

Některé PAU byly v jehličí borovice černé zjištěny pouze v zimní periodě. Na nezatížených stanovištích se jedná o ANT, na zatíženém stanovišti Vratimov o ANT, BaP, BbF a CHR.

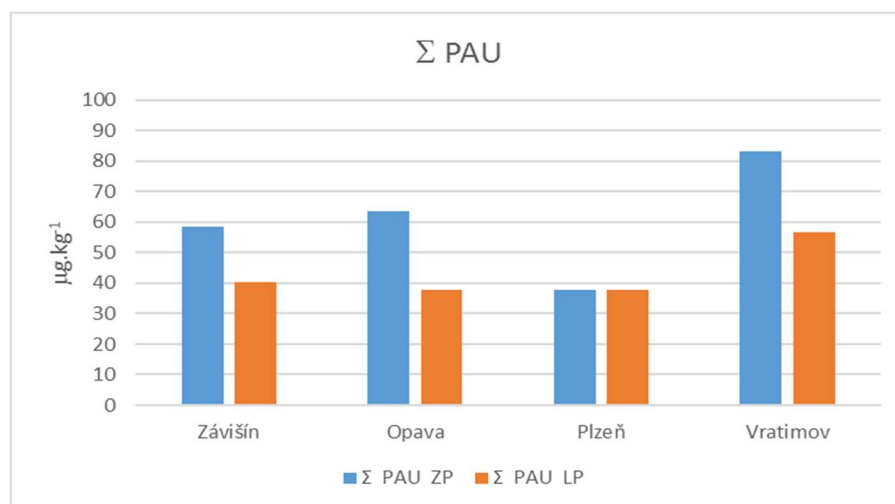
Nejvyšší celková suma PAU je na stanovišti Vratimov v letní i zimní periodě. Nejnížší celková suma PAU je zjištěna v letní periodě na stanovišti Opava. Největší rozdíly v obsahu PAU mezi zimní a letní periodou jsou zjištěny na stanovišti Vratimov a Opava. Na stanovišti Plzeň je rozdíl mezi periodami minimální (graf 18).



Tab. 14: Obsahy jednotlivých PAU v jehličí borovice v letní a zimní periodě (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2017)

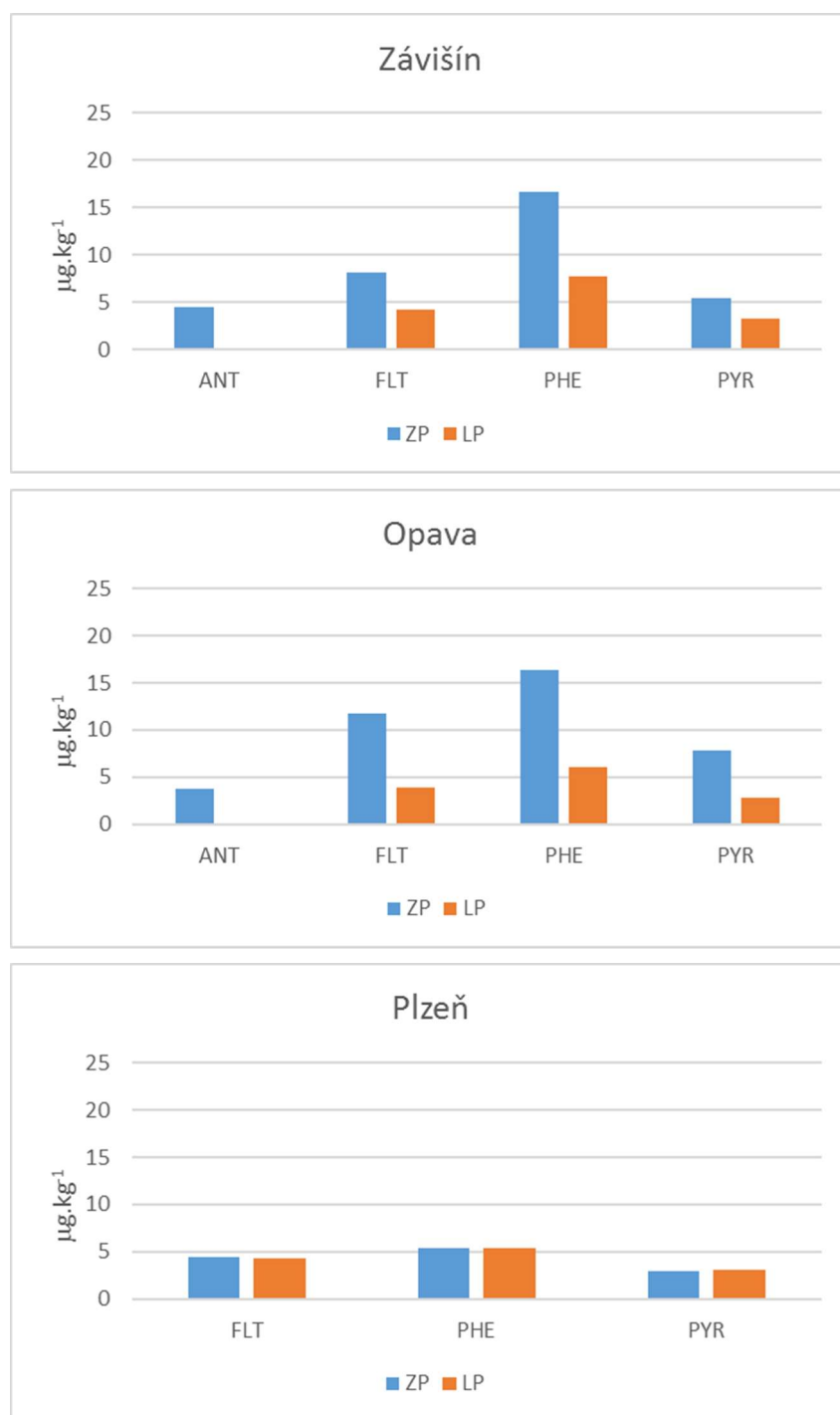
PAU	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	zimní perioda	letní perioda	zimní perioda	letní perioda
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	4,12	<2,00	2,78	1,85
ANY	<20,0	<20,0	<20,00	<20,0
BaA	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
BaP	<3,00	<3,00	2,39	<3,00
BbF	<3,00	<3,00	2,86	<3,00
BkF	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
BPE	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	9,89	4,05	10,1	6,55
FLU	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
CHR	<4,00	<4,00	3,89	<4,00
IPY	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
NAP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
PHE	16,5	6,95	13,7	10,7
PYR	6,63	3,02	6,33	4,16
Σ PAU (15)	61,2	39,0	60,6	47,3

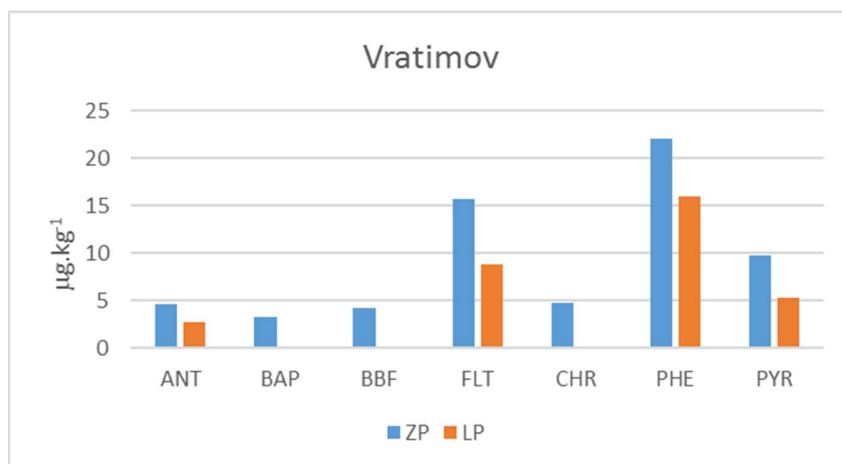
Graf 18: Suma 15 PAU v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní a zimní periodě 2017 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)



Nejvyšší obsahy, a tedy i nejvyšší podíly na celkové sumě mají v obou periodách PHE, FLT a PYR. ANT byl v obou periodách zjištěn jen na stanovišti Vratimov, na nezatížených stanovištích jen v letní periodě. Z ostatních PAU byly nad hranicí meze stanovitelnosti jen BaA, BbF a CHR v zimní periodě na stanovišti Vratimov (graf 19).

Graf 19: Zjištěné obsahy vybraných PAU (nad hranicí meze stanovitelnosti) v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní a zimní periodě 2017 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)





Obsahy všech PAU v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích jsou podrobněji uvedeny v tabulce 18.

5. Závěry

V roce 2017 byly sledovány obsahy vybraných anorganických prvků (14) a organických polutantů (16 EPA PAU) v travní hmotě jílku (stanoviště Lípa, Přerov n. L., Jaroměřice n. R., Opava) a v jehličí borovice černé (stanoviště Závašín, Opava, Plzeň, Vratimov).

Jílek

- Orientační hodnoty obsahů prvků pro maximální limity pozadí zpracované v AGES (2017) byly překročeny u As ve všech vzorcích jílku mnohokvětého na všech stanovištích. Orientační hodnoty obsahů prvků pro maximální limity pozadí u Al, Pb, V a S byly překročeny jen v některých měsících a na některých stanovištích. Obsahy ostatních prvků orientační hodnoty pro maximální limity pozadí nepřekročily.
- Podle zjištěných průměrných obsahů anorganických polutantů se jako relativně nejčistší stanoviště jeví Lípa.
- Nejvyšší průměrné měsíční hodnoty anorganických polutantů za vegetační období 2017 byly zjištěny v různých měsících sledování, nejčtenější byly v červnu (Al, As, Hg, Mo, Ni, Zn) a říjnu (Cr, Cu, S).
- Arzén měl téměř shodný průběh zjištěných hodnot na všech stanovištích s maximem v letních měsících a s nízkými hodnotami na konci vegetačního období s výjimkou stanoviště Lípa, kde nejvyšší hodnota arzenu byla na počátku sledování.
- Hodnoty Al na stanovištích měly odlišný průběh a rozdílný rozsah. Výrazně vyšší hodnota Al byla zjištěna na stanovišti Přerov n. L. v červnu, kdy zde byly rovněž zjištěny výrazně vyšší hodnoty i u Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn a S v porovnání s ostatními stanovišti.
- Shodný průběh hodnot s Al mělo Fe na všech stanovištích a Cr s výjimkou stanoviště Opava.
- Změny obsahu Cu a Ni byly během sledovaného vegetačního období na stanovištích obdobné.
- Maximální hodnoty S byly na stanovištích Lípa, Opava a Jaroměřice n. R. v říjnu, což nejspíše ovlivnila začínající topná sezóna. Na stanovišti Přerov n. L. bylo maximum v červnu, druhé maximum bylo zjištěno v říjnu.
- Změny obsahu Zn během sledovaného vegetačního období měly velice obdobný průběh jako změny hodnot Cu a Ni.
- Při porovnání zjištěné sumy 12 PAU s orientační hodnotou pro maximální limity pozadí převzatou z literatury bylo zjištěno, že ve všech vzorcích jílku byla tato hodnota překročena.
- Průměrný obsah celkové sumy 15 PAU v jílku byl nejvyšší na stanovišti Opava, nejnižší hodnoty celkové sumy PAU byly zaznamenány na stanovišti Přerov n. L.
- Nejvyšší hodnoty zachytu 15 PAU byly na všech stanovištích v posledním měsíci sledování říjnu. Nejnížší hodnoty zachytu byly na všech stanovištích v červnu, na stanovišti Přerov n. L. byly shodně nízké hodnoty i v červenci a srpnu.
- Na všech stanovištích tvořil v hmotě jílku z celkové sumy PAU nejvyšší podíl PHE, FLT, PYR a NAP - s výjimkou stanoviště Přerov n. L. Hodnoty ostatních individuálních uhlovodíků byly v průběhu vegetačního období na všech stanovištích pod hranicí meze stanovitelnosti.

Borovice

- Průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé z imisně zatížených stanovišť byly vyšší než průměrné obsahy ze stanovišť imisně nezatížených téměř u všech anorganických polutantů s výjimkou Cu, Ni a Mo, u Hg byly shodné.
- Průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice nezatížených stanovišť za letní periodu byly nižší než za zimní periodu s výjimkou As, Cu, Mo, Mn a Ni. Na zatížených stanovištích byly rovněž průměrné obsahy nižší za letní periodu s výjimkou As a S.
- Na stanovišti Závašín byly v obou periodách výrazně vyšší hodnoty Hg, Mo, Ni a výrazně nižší hodnoty Al, As a Fe. Na stanovišti Vratimov byly výrazně vyšší hodnoty Fe, Mn a Zn v obou periodách, v zimní periodě pak Pb.
- Obsah Pb v jehličí borovice černé v zimní periodě je dlouhodobě vyšší na stanovištích Vratimov a Opava. Na stanovišti Závašín a Plzeň byl pod hranicí meze stanovitelnosti.
- Zjištěné hodnoty Fe byly nejvyšší na stanovišti Vratimov v letní i zimní periodě, v zimní periodě jsou vyšší dlouhodoběji.
- Hodnoty Ni v jehličí byly na stanovišti Závašín v obou periodách výrazně vyšší oproti ostatním stanovištím, vyšší hodnoty Ni zde byly zjištěny i v minulých letech sledování.
- Vyšší hodnoty sumy PAU v jehličí borovice černé byly na stanovištích Závašín, Opava a Vratimov vyšší v zimní periodě, na stanovišti Plzeň byly hodnoty sumy PAU za zimní a letní periodu srovnatelné.
- Nejvyšší hodnota obsahu PAU v jehličí v zimní periodě byla zjištěna na stanovišti Vratimov, nejnižší hodnota na stanovišti Plzeň.
- V letní periodě byla suma PAU nejvyšší na stanovišti Vratimov, nejnižší na stanovišti Plzeň.
- Nejvyšší podíl z celkové sumy PAU v jehličí tvořil PHE, FLT a PYR v obou periodách na všech stanovištích.
- Výsledky slouží pro vymezení pozadových hodnot sledovaných polutantů a pro monitoring vývoje obsahů jednotlivých polutantů v závislosti na stanovišti a průběhu vegetačního období roku.

6. Literatura

- AGES (2017): Aktives und passives Biomonitoring [online] [cit. 2.1. 2019], AGES Orientierungswerte für maximale Hintergrundgehalte (OmH), Stand: 1. April 2017 <https://www.ages.at/en/topics/residues-and-contaminants/biomonitoring/>
- Pavlíček, V., Ust'ak, S., Chvátal, V., Královec, J., Klementová, L., Hauptman, I., Honzík, R., 2000: Ověření metody aktivního biomonitoringu. Závěrečná zpráva vývojového úkolu (1997 – 1999). ÚKZÚZ Brno, VÚRV Praha – Ruzyně
- Klementová, L., 2017: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2016, ÚKZÚZ Brno
- Klementová, L., 2016: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2015, ÚKZÚZ Brno
- Klementová, L., 2015: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2014, ÚKZÚZ Brno
- Klementová, L., 2014: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2013, ÚKZÚZ Brno
- Klementová, L., 2013: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2012, ÚKZÚZ Brno

Tabulková příloha

- Tabulka 15: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku – 2017
- Tabulka 16: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v čerstvé hmotě jílku (16 EPA PAU) – 2017
- Tabulka 17: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé 2017 (ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)
- Tabulka 18: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé 2017 (16 EPA PAU, ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)
- Tabulka 19: Výsledky rozboru substrátu použitého v roce 2017

Tabulka 15: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku – 2017**Al**

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	34,4	156	79,6	67,1	84,1
VI	30,1	269	81,0	56,1	109
VII	31,5	176	56,4	56,4	80,1
VIII	48,6	107	145	102	100
IX	23,5	71	81,6	46,8	55,8
X	39,8	141	85,5	75,5	85,4
průměr	34,6	153	88,2	67,3	85,8

As

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	4,07	1,88	2,94	3,68	3,14
VI	3,62	3,54	4,19	5,78	4,28
VII	2,5	4,27	4,42	4,83	4,01
VIII	2,88	4,08	3,45	3,74	3,54
IX	1,18	2,49	2,04	2,1	1,95
X	1,17	2,19	1,01	1,21	1,40
průměr	2,57	3,08	3,01	3,56	3,05

Cd

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	0,06	0,08	0,07	0,06	0,07
VI	0,06	0,12	0,09	0,07	0,08
VII	0,06	0,09	0,08	0,07	0,08
VIII	0,05	0,07	0,09	0,05	0,07
IX	0,08	0,07	0,09	0,08	0,08
X	0,10	0,07	0,07	0,05	0,07
průměr	0,07	0,08	0,08	0,06	0,07

Cr

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	0,16	0,41	0,26	0,32	0,29
VI	0,17	0,56	0,28	0,30	0,33
VII	0,20	0,35	0,25	0,23	0,26
VIII	0,21	0,31	0,25	0,31	0,27
IX	0,16	0,26	0,31	0,28	0,25
X	0,32	0,38	0,37	0,36	0,36
průměr	0,20	0,38	0,29	0,30	0,29

Cu

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	2,41	3,76	2,84	3,88	3,22
VI	2,88	4,87	3,25	3,85	3,71
VII	4,76	3,45	2,51	4,32	3,76
VIII	4,05	3,47	3,30	4,39	3,80
IX	2,90	3,96	4,63	3,44	3,73
X	3,56	4,82	5,85	4,50	4,68
průměr	3,43	4,05	3,73	4,06	3,82

Tabulka 15: pokračování

Fe	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
	V	55,0	137	111	99,0	100
	VI	65,6	163	119	81,9	108
	VII	79,1	120	90,0	93,9	95,8
	VIII	89,7	122	128	126	116
	IX	49,8	102	123	77,7	88,1
	X	76,8	122	140	101	110
	průměr	69,3	128	118	96,5	103

Hg	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
	V	0,009	0,015	0,009	0,008	0,010
	VI	0,010	0,014	0,012	0,015	0,013
	VII	0,008	0,013	0,015	0,009	0,011
	VIII	0,007	0,013	0,009	0,008	0,009
	IX	0,009	0,013	0,010	0,010	0,010
	X	0,013	0,013	0,011	0,009	0,011
	průměr	0,009	0,013	0,011	0,010	0,011

Mn	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
	V	134	125	138	137	133
	VI	103	188	153	145	147
	VII	104	167	143	199	153
	VIII	120	159	128	152	140
	IX	54,3	187	141	154	134
	X	53,4	193	155	150	138
	průměr	94,6	170	143	156	141

Mo	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
	V	0,38	0,15	0,17	0,26	0,24
	VI	0,25	0,28	0,18	0,37	0,27
	VII	0,22	0,23	0,20	0,31	0,24
	VIII	0,25	0,18	0,18	0,22	0,21
	IX	< 0,05	0,30	0,19	0,26	0,19
	X	0,16	0,28	0,15	0,30	0,22
	průměr	0,21	0,24	0,18	0,29	0,23

Ni	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
	V	0,47	0,90	0,56	0,72	0,66
	VI	0,58	1,27	0,85	0,72	0,85
	VII	0,77	0,86	0,68	0,97	0,82
	VIII	0,79	0,82	0,79	0,85	0,81
	IX	0,50	0,83	0,78	0,71	0,70
	X	1,00	0,80	0,86	0,65	0,83
	průměr	0,68	0,91	0,75	0,77	0,78

Tabulka 15: pokračování

Pb

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	< 0,50	1,56	0,64	< 0,50	0,67
VI	< 0,50	0,51	0,25	< 0,50	0,32
VII	< 0,50	1,28	0,76	< 0,50	0,64
VIII	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,25
IX	< 0,50	1,12	0,87	0,51	0,69
X	0,83	0,62	0,60	< 0,50	0,57
průměr	0,35	0,89	0,56	0,29	0,52

S

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	2 078	2 753	2 225	1 573	2 157
VI	3 015	4 947	2 971	1 733	3 167
VII	4 161	4 137	2 963	3 630	3 723
VIII	3 505	4 036	3 744	3 189	3 619
IX	4 643	3 159	4 783	3 325	3 978
X	5 420	4 247	5 742	4 056	4 866
průměr	3 804	3 880	3 738	2 918	3 585

V

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	0,07	0,21	0,15	0,14	0,14
VI	0,06	0,16	0,15	0,14	0,13
VII	0,05	0,18	0,12	0,11	0,12
VIII	0,08	0,17	0,20	0,18	0,16
IX	< 0,50	0,15	0,14	0,09	0,10
X	0,08	0,13	0,13	0,08	0,11
průměr	0,06	0,17	0,15	0,12	0,12

Zn

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	12,2	25,0	18,7	23,7	19,9
VI	19,6	53,2	24,2	33,0	32,5
VII	31,1	33,5	19,0	37,5	30,3
VIII	31,8	33,0	23,3	31,1	29,8
IX	13,8	29,5	37,3	23,0	25,9
X	16,3	28,8	31,5	25,3	25,4
průměr	20,8	33,8	25,7	28,9	27,3

Tabulka 16: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v čerstvé hmotě jílku (16 EPA PAU) – 2017

ANA	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
	V	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	VI	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	VII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	VIII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	IX	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	X	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00

ANT	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
	V	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	VI	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	VII	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	VIII	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	IX	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	X	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	průměr	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00

ANY	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
	V	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	VI	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	VII	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	VIII	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	IX	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	X	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	průměr	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0

BAA	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
	V	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	VI	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	VII	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	VIII	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	IX	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	X	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	průměr	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00

BAP	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
	V	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	VI	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	VII	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	VIII	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	IX	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	X	<3,00	<3,00	3,04	<3,00	1,89
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00

Tabulka 16: pokračování

BBF

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
VI	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
VII	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
VIII	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
IX	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
X	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00

BKF

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
VI	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
VII	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
VIII	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
IX	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
X	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
průměr	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00

BPE

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
VI	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
VII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
VIII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
IX	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
X	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00

DBA

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
VI	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
VII	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
VIII	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
IX	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
X	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00

FLT

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	3,18	4,824	3,90	3,98	3,97
VI	<2,00	<2,00	3,32	2,54	1,96
VII	2,63	<2,00	4,00	2,80	2,61
VIII	2,58	<2,00	4,16	3,73	2,87
IX	4,71	5,697	7,70	9,03	6,78
X	6,04	7,728	13,2	15,2	10,5
průměr	3,36	3,5415	6,04	6,22	4,79



Tabulka 16: pokračování

FLU

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
VI	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
VII	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
VIII	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
IX	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
X	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
průměr	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00

CHR

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
VI	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
VII	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
VIII	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
IX	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
X	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
průměr	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00

IPY

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
VI	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
VII	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
VIII	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
IX	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
X	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
průměr	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0

NAP

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	5,30	<5,00	5,48	6,46	4,93
VI	7,99	<5,00	6,07	<5,00	4,76
VII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
VIII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
IX	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
X	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
průměr	3,88	<5,00	3,59	3,16	3,28

PHE

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	7,50	7,37	7,13	5,93	6,98
VI	<4,00	<4,00	5,43	4,81	3,56
VII	4,94	<4,00	5,57	5,39	4,48
VIII	4,95	<4,00	6,49	<4,00	3,86
IX	5,46	8,29	7,65	9,62	7,76
X	5,64	6,40	9,06	10,5	7,89
průměr	5,08	4,68	6,89	6,37	5,75

Tabulka 16: pokračování**PYR**

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	<2,00	3,88	2,67	2,99	2,64
VI	<2,00	<2,00	2,46	<2,00	1,37
VII	<2,00	<2,00	2,93	2,10	1,76
VIII	2,04	<2,00	2,90	2,76	2,18
IX	3,34	3,06	3,45	4,87	3,68
X	2,99	3,74	5,72	7,43	4,97
průměr	1,90	2,28	3,35	3,52	2,76



Tabulka 17: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice 2017 (ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)

	mg.kg ⁻¹	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
Al	ZP	30,6	86,7	58,6	102	94,2	98,1
	LP	25,7	57,2	41,4	82,1	69,2	75,6
	průměr	28,1	71,9	50,0	92,1	81,7	86,9
As	ZP	0,33	0,58	0,5	0,87	0,56	0,72
	LP	0,25	0,97	0,6	0,97	0,56	0,77
	průměr	0,29	0,775	0,5325	0,92	0,56	0,74
Cd	ZP	<0,050	<0,050	<0,050	0,07	0,09	0,08
	LP	<0,050	<0,050	<0,050	0,07	0,09	0,08
	průměr	<0,050	<0,050	<0,050	0,065	0,093	0,08
Cr	ZP	0,19	0,26	0,23	0,31	0,45	0,38
	LP	0,12	0,14	0,13	0,18	0,25	0,22
	průměr	0,16	0,20	0,18	0,24	0,35	0,30
Cu	ZP	2,97	2,08	2,5	2,31	2,78	2,54
	LP	3,30	3,29	3,3	1,87	3,12	2,49
	průměr	3,13	2,69	2,91	2,09	2,95	2,52
Fe	ZP	34,2	74,8	54,5	80,2	152	116
	LP	27,0	38,3	32,7	45,6	88,6	67,1
	průměr	30,6	56,6	43,6	62,9	120	91,6
Hg	ZP	0,019	0,011	0,015	0,014	0,014	0,014
	LP	0,016	0,008	0,012	0,011	0,012	0,011
	průměr	0,017	0,009	0,013	0,012	0,013	0,013
Mn	ZP	119	61,4	90,0	149	376	263
	LP	98,3	124	111	93,6	203	148
	průměr	108	92,8	101	121	290	205
Mo	ZP	0,37	0,22	0,29	0,10	0,18	0,14
	LP	0,43	0,19	0,31	0,08	0,11	0,10
	průměr	0,40	0,20	0,30	0,09	0,15	0,12
Ni	ZP	0,81	0,36	0,58	0,34	0,47	0,41
	LP	1,46	1,04	1,25	0,32	0,42	0,37
	průměr	1,13	0,70	0,91	0,33	0,45	0,39
Pb	ZP	<0,5	0,51	0,38	<0,5	1,12	0,68
	LP	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	průměr	<0,5	0,38	0,31	<0,5	0,68	0,47
S	ZP	1018	991	1005	1024	1518	1271
	LP	965	963	964	1503	1492	1498
	průměr	992	977	984	1264	1505	1384
V	ZP	0,05	0,11	0,1	0,12	0,16	0,14
	LP	<0,050	<0,050	<0,050	0,06	0,10	0,08
	průměr	0,04	0,07	0,05	0,09	0,13	0,11
Zn	ZP	30,3	27,8	29,0	24,3	39,6	31,9
	LP	27,1	28,2	27,7	22,2	37,0	29,6
	průměr	28,7	28,0	28,4	23,3	38,3	30,8



Tabulka 18: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé v roce 2017 (16 EPA PAU, ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)

	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
ANA	ZP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	LP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	ZP	4,48	3,76	4,12	<2,00	4,56	2,78
	LP	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	2,69	1,85
	průměr	2,74	2,38	2,56	<2,00	3,63	2,31
ANY	ZP	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	LP	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	průměr	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BAA	ZP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	LP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	průměr	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
BAP	ZP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	3,27	2,39
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	2,39	1,94
BBF	ZP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	4,12	2,81
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	7,44	<3,00	4,47
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	4,47	2,81	3,64
BKF	ZP	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	LP	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	průměr	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
BPE	ZP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	LP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	ZP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	ZP	8,07	11,7	9,89	4,51	15,7	10,1
	LP	4,22	3,88	4,05	4,33	8,77	6,55
	průměr	6,15	7,79	6,97	4,42	12,24	8,33
FLU	ZP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	LP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	průměr	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
CHR	ZP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	4,78	3,39
	LP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	průměr	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	3,39	2,7
IPY	ZP	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
	LP	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
	průměr	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0



Tabulka 18: pokračování

	mg.kg ⁻¹	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
NAP	ZP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	LP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
PHE	ZP	16,6	16,4	16,5	5,39	22,1	13,7
	LP	7,79	6,10	6,95	5,39	16,0	10,7
	průměr	12,2	11,3	11,7	5,39	19,1	12,2
PYR	ZP	5,38	7,87	6,63	2,91	9,75	6,33
	LP	3,26	2,77	3,02	3,07	5,24	4,16
	průměr	4,32	5,32	4,82	2,99	7,50	5,24
	Σ PAU ZP	58,6	63,7	61,2	37,8	83,4	60,6
	Σ PAU LP	40,3	37,7	39,0	37,8	56,7	47,3
	průměr	49,5	50,7	50,1	37,8	70,1	53,9

Tabulka č. 19: Výsledky rozboru použitého substrátu v roce 2017– rok rozboru 2016

Al mg.kg ⁻¹ v sušině	As mg.kg ⁻¹ v sušině	Be mg.kg ⁻¹ v sušině	Cd mg.kg ⁻¹ v sušině	Co mg.kg ⁻¹ v sušině	Cr mg.kg ⁻¹ v sušině
15300	18,9	5,24	1,12	3,25	20,4

Cu mg.kg ⁻¹ v sušině	Fe mg.kg ⁻¹ v sušině	Hg mg.kg ⁻¹ v sušině	Mn mg.kg ⁻¹ v sušině	Mo mg.kg ⁻¹ v sušině	Ni mg.kg ⁻¹ v sušině
35,4	6180	0,129	87,9	1,45	18,4

Pb mg.kg ⁻¹ v sušině	V mg.kg ⁻¹ v sušině	Zn mg.kg ⁻¹ v sušině
10,3	27,4	46,5

P celk. v suš. mg.kg ⁻¹	K celk. v suš. mg.l ⁻¹	Mg celk. v suš. mg.l ⁻¹	N (t) v sušině %
921	548	838	1,6

C:N	pH/H ₂ O	vodivost mS.cm ⁻¹	suš./pv %	org./s %	vlhkost v %
23,0	4,3	0,13	43,4	73,0	56,6

suš./sv %	ANA µg.kg ⁻¹ v sušině	ANT µg.kg ⁻¹ v sušině	ANY µg.kg ⁻¹ v sušině	BaA µg.kg ⁻¹ v sušině	BaP µg.kg ⁻¹ v sušině
90,5	5,94	33,8	<20,0	14,1	9,18

BbF µg.kg ⁻¹ v sušině	BkF µg.kg ⁻¹ v sušině	BPE µg.kg ⁻¹ v sušině	DBA µg.kg ⁻¹ v sušině	FLT µg.kg ⁻¹ v sušině	FLU µg.kg ⁻¹ v sušině
8,18	9,25	39,1	28,5	28,1	16,6

CHR µg.kg ⁻¹ v sušině	IPY µg.kg ⁻¹ v sušině	NAP µg.kg ⁻¹ v sušině	PHE µg.kg ⁻¹ v sušině	PYR µg.kg ⁻¹ v sušině	Σ PAU (16)
32,5	35,1	114	60,9	15,7	461