

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
PEDAGOGICKÁ FAKULTA
KATEDRA APLIKOVANÉ CHEMIE

**Optimalizace a aplikace spektrofotometrického stanovení
jodu v půdách**
(diplomová práce)

Jakub Hřivnáč

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Švehla, Csc.

České Budějovice, duben 2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub HŘIVNÁČ**

Studijní program: **M7504 Učitelství pro střední školy**

Studijní obory: **Učitelství biologie**

Učitelství chemie

Název tématu: **Optimalizace a aplikace spektrofotometrického stanovení jódu v půdách.**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce bude jednak sestavení literární rešerše o metodách stanovení a výskytu jódu v půdě, získání vlastních vzorků a dat obsahu jodu v půdě z jižních Čech.

Metodika:

A/ Sestavení literární rešerše o metodách stanovení a výskytu jódu v půdě.

B/ Optimalizace spektrofotometrického stanovení jodu, získání a zpracování vlastních vzorků půd z vybraných lokalit. Statistická analýza získaných dat.

C/ Zhodnocení obsahu jodu v půdě zvolené oblasti na základě získaných dat.

Rozsah grafických prací: podle potřeby výsledků
Rozsah pracovní zprávy: 50
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- Steinberg S.M., Kimble G.M., et al., 2008: Abiotic reaction of iodate with sphagnum peat and other natural organic matter., J. Radioanal. Nucl. Chem. Vol. 277, Iss. 1, 185-191.
- Endo S., Tomita J., et al., 2008: Iodine-129 measurements in soil samples from Dolon village near the Semipalatinsk nuclear test site., JI Radiat. Environ. Biophys., Vol. 47, Iss. 3, 359-365.
- Gilfedder B.S., Althoff F., et al., 2007: A thermo extraction-UV/Vis spectrophotometric method for total iodine quantification in soils and sediments., Anal. Bioanal. Chem., Vol. 389, Iss. 7-8, 2323-2329.
- Mani D., Rao T.G., et al., 2007: Rapid determination of iodine in soils using inductively coupled plasma mass spectrometry., Curr. Sci. 10, Vol. 93, Iss. 9, 1219-1221.
- Wu D.S., Deng H.W., et al., 2007: Catalytic spectrophotometric determination of iodine in coal by pyrohydrolysis decomposition., Anal. Chim. Acta, Vol. 601, Iss. 2, 183-188.
- Straume T., Anspaugh L.R., et al., 2006: Measurement of I-129 and Cs-137 in soils from Belarus and reconstruction of I-131 deposition from the Chernobyl accident. JI Health Phys., Vol. 91, Iss. 1, 7-19.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Švehla, CSc.
Katedra aplikované chemie a učitelství chemie
Konzultant diplomové práce: prof. RNDr. Ing. Vlasta Kroupová, CSc.
Katedra anatomie a fyziologie hospodářských zvířat

Datum zadání diplomové práce: 28. listopadu 2008
Termín odevzdání diplomové práce: 25. dubna 2011



doc. PhDr. Alena Hošpesová, Ph.D.
děkanka



prof. Ing. Martin Křížek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 28. listopadu 2008

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledky obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

27. 4. 2012

.....

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce panu Ing. Jaroslavu Švehlovi, CSc. za odbornou pomoc a odbornou konzultaci při zpracování práce. Dále pak panu prof. Ing. Janu Trávníčkovi, CSc. za poskytnutá data a v neposlední řadě slečně Marii Dupalové za pomoc při překladech.

Také bych touto cestou chtěl poděkovat svým rodičům za podporu při studiu na Pedagogické fakultě Jihočeské univerzity.

Tato práce byla součástí výzkumného projektu Mze NAZV č. QH92040 – „Geobiochemický transport jodu z půdy do rostliny v marginálních (LFA) oblastech.“

ABSTRAKT

Práce se zabývá obsahem jodu v půdách, rovněž získáním a zpracováním vlastních vzorků půd ze čtyř vybraných odběrových ploch nacházejících se v okolí osady Arnoštov na Prachaticku v podhůří Šumavy. Byly zde odebírány vzorky lesní půdy, louky, pastviny a úhoru v letech 2009 až 2011.

Obsah jodu v půdách byl stanoven pomocí spektrofotometrické metody, jež byla optimalizována pro půdní vzorky. Koncentrace jodu v lyzimetrických vodách byla stanovena metodou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Výsledky byly porovnávány mezi sebou v rámci jednotlivých odběrových ploch, a také mezi jednotlivými plochami navzájem. Následně byly obsahy jodu v půdách porovnávány s koncentracemi jodu v lyzimetrických vodách.

Bylo zjištěno, že největší obsah jodu v půdě byl naměřen ve vzorku z plochy 1(louka) z části B z hloubky 16 – 30 cm a to 8,67 mg I na kg půdy v červnu roku 2009. Nejnižší hodnota pak činila 1,42 mg I na kg půdy, z odběrové plochy č. 4 (les), z horizontu L s datem odběru červen 2010.

Srovnáním obsahů jodu v půdách s koncentracemi jodu v lyzimetrických vodách se došlo k závěru, že koncentrace jodu v lyzimetrických vodách nezávisí na koncentracích jodu v půdách, a dokonce ani nereprezentuje absolutní obsah jodu v půdě, jak bylo zjištěno srovnáním vlastních výsledků z Arnoštova s převzatými daty z Agrovýzkumu Rapotín v Jeseníkách.

Klíčová slova: jod, půda, spektrofotometrické stanovení, lyzimetrické vody, hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

SUMMARY

This work deals with the content of iodine in soils, furthermore with obtaining and processing samples from four selected sampling areas, all of which are in the proximity of the Arnoštov settlement in district Prachatice in the foothills of Šumava. The soils samples were obtained from forest, meadow, pasture and fallow soil in 2009 to 2011.

The iodine content in the soils was determined by using the spectrophotometric method, which had been optimized for the soil samples. Iodine concentration in lysimeter water was determined by using method inductively coupled plasma – mass spectrometry. The results obtained from each sampling areas were compared with each other and with the results from other areas. Consequently, the iodine concentration results in the soils were compared with the iodine concentration in lysimeter waters.

It has been found out, that the highest iodine content in soils was measured in a sample obtained from Area 1 (meadow), part B in a depth of 16 – 30 cm in June of 2009, namely a content of 8,67 mg of I per kg of soil. The lowest content of 1,42 mg of I per kg of soil was found in the area 4 (forest), sample obtained in June of 2010, in the L horizon.

By comparing iodine content with iodine concentrations in lysimeter waters, it was concluded that the concentration of iodine in lysimeter waters does not depend on iodine concentrations in soils and that it does not even represent the absolute iodine content in soil, as was determined by comparing the results from Arnoštov with data acquired from Agrovýzkum Rapotín in Jeseníky.

Key words: iodine, soil, spectrophotometric determination, lysimeter waters, inductively coupled plasma mass spectrometry

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	11
2.1. Základní charakteristika jodu.....	11
2.1.1. Jod.....	11
2.1.2. Jod ve vztahu k půdě.....	12
2.2. Základní charakteristika půd.....	15
2.2.1. Definice půdy.....	15
2.2.2. Složení půd.....	15
2.3. Základní informace o jodu v půdě	15
2.4. Sloučeniny jodu v půdě.....	21
2.4.1. Jodidy	21
2.4.2. Jodičnany	21
2.4.3. Jod a organické látky.....	21
2.5. Cyklus jodu a půda.....	21
2.6. Metody stanovení jodu v různých materiálech	25
2.7. Způsoby měření jodu v půdě.....	27
2.7.1. Spektrofotometrické stanovení	27
2.7.2. Neutronová aktivační analýza (NAA).....	27
2.7.3. Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP – MS)	28
3. MATERIÁL A METODIKA	30
3.1. Charakteristika a popis lokality.....	30
3.1.1. Odběrová plocha č. 1 (louka).....	32
3.1.2. Odběrová plocha č. 2 (pastvina).....	33
3.1.3. Odběrová plocha č. 3 (úhor).....	34
3.1.4. Odběrová plocha č. 4 (les)	36

3.2. Materiál	42
3.3. Metodika	42
3.3.1. Příprava vzorku pro analýzu	42
3.3.2. Příprava kalibračních roztoků pro spektrofotometrické stanovení	42
3.3.3. Laboratorní metody	43
3.3.3.1. Spektrofotometrické stanovení.....	43
3.3.4. Lyzimetry	44
3.3.5. Použité chemikálie	45
4. VÝSLEDKY A DISKUZE	47
4.1. Výsledky obsahu jodu v půdě na ploše 1 (plocha sečená - louka).....	47
4.1.1. Dílčí výsledky obsahů jodu v půdě na ploše 1	47
4.1.2. Popisná charakteristika výsledků obsahů jodu v půdách na ploše 1 (= kosená louka)	50
4.2. Výsledky obsahu jodu v půdě na ploše 2 (plocha sečená, spásána = pastvina)	51
4.2.1. Dílčí výsledky obsahů jodu v půdě na ploše 2.....	51
4.2.2. Popisná charakteristika výsledků obsahů jodu v půdě na ploše 2 (pastvina).....	53
4.3. Výsledky obsahu jodu v půdě na ploše 3 (plocha ladem, úhor).....	55
4.3.1. Dílčí výsledky obsahů jodu v půdě na ploše 3	55
4.3.2. Popisná charakteristika výsledků obsahů jodu v půdě na ploše 3.....	58
4. 4. Výsledky obsahu jodu v půdě na ploše 4 (les).....	59
4.4.1. Dílčí výsledky obsahů jodu v půdě na ploše 4.....	59
4.4.2. Popisná charakteristika výsledků obsahů jodu v půdě na ploše 4 (les)....	61
4.5. Porovnání obsahu jodu v půdách mezi jednotlivými plochami	64
4.6. Výsledky hodnot koncentrací jodu v lyzimetrických vodách	69
4.7. Srovnání hodnot obsahů jodu v půdách s koncentracemi jodu v lyzimetrických vodách	73

4.7.1. Arnoštov	73
4.7.2. Rapotín	81
5. ZÁVĚR	83
6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A DALŠÍCH ZDROJŮ INFORMACÍ	86
7. PŘÍLOHY	95
7.1. Seznam příloh.....	95

1. ÚVOD

Koncentrace jodu v půdách se zjišťuje z důvodu jeho transportu z půdy přes rostliny do dalších článků potravinového řetězce. Příjem jodu lidskou populací je ze 74 % zastoupen podílem potravy. V potravním řetězci je půda, jako zdroj jodu, zdrojem prvotním.

Hovoří se o tom, že téměř miliarda lidí naší planety trpí nemocemi z nedostatku jodu v potravě. Přítomnost jodu jako esenciálního prvku je nezbytná pro správné fungování metabolických a regulačních procesů v organismu člověka a zvířat. Jod je součástí thyroïdních hormonů produkovaných štítnou žlázou. Při jeho nedostatečném příjmu dojde k metabolickým poruchám, majícím podle jejich intenzity dalekosáhlé následky. Důsledkem jodového deficitu je velký počet všeobecně známých onemocnění a symptomů, včetně strumy, poruch vývoje plodu, poškození mozku a v extrémním případě následného kretenismu.

Jod se v půdě vyskytuje v různých chemických formách, jako jsou jodidy, jodičnany, jod vázaný na organické látky a další.

Obsahy jodu v půdách na území ČR se běžně pohybují v rozmezí 0,2 – 6,5 mg jodu na kilogram půdy (FLEMING, 1980).

Cílem práce byla optimalizace a aktualizace spektrofotometrického stanovení jodu v půdách a získání vlastních vzorků a dat o obsahu jodu v půdách z jižních Čech.

Pro zjištění koncentrace jodu v půdách byly vybrány čtyři odběrové plochy v okolí osady Arnoštov na Prachaticku.

Dále se v práci pojednává o srovnání obsahů jodu v půdách s koncentracemi jodu v lyzimetrických vodách.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1. Základní charakteristika jodu

2.1.1. Jod

Jod patří mezi prvky, vyskytující se v životním prostředí ve velmi nízkých koncentracích. V přírodě se vyskytuje pouze ve sloučeninách. Za rok objevu je považován letopočet 1811 a objevitelem tohoto prvku byl francouzský chemik Bernard Courtois (REMY, 1961).

Elementární jod je tmavě fialová až černá látka, jež za atmosférického tlaku přechází přímo do plynné fáze, sublimuje. Páry jodu mají fialovou barvu a jsou typické charakteristickým dráždivým zápachem. Ve vodě se jod rozpouští velmi slabě, lépe je už rozpustný v ethanolu nebo nepolárních rozpouštědlech jako je sirouhlík CS₂, benzen C₆H₆ nebo tetrachlormethan CCl₄ (COTTON, WILKINSON, 1973).

Jod sehrává důležitou a nezastupitelnou roli při tvorbě hormonů štítné žlázy, která řídí v každé buňce našeho těla přeměnu základních živin na dostatečné množství energie pro její růst, existenci a funkci. Štítná žláza je tedy také jedním z hlavních činitelů nutných pro normální vývoj mozku (<http://www.celostnimedicina.cz/jod-v-otazkach-a-odpovedich.html>).

Koncentrace jodu v lidském těle je pod kontrolou homeostázy. Ve štítné žláze je jod přeměňován na hormon štítné žlázy, nejdříve na thyroxin, který je potom zvláště buněčně uložen ve štítné žláze. Po stádiu uskladnění bude hormon distribuován cílovým buňkám v různých orgánech a přeměněn na trijodtyronin, který je použit při regulačních procesech na genové úrovni. Trijodtyronin je specifickým receptorem vázán na DNA, a jod je tak ve vzdálenosti několika nm od DNA. Pokud je trijodtyronin vázán na DNA, a současně dojde k radioaktivnímu rozpadu ¹²⁹I, velká část energie uvolněná rozpadem bude uložena do DNA, s rizikem vážného poškození DNA a možností neopravitelných následků (JOHANSON, 2000).

Jod byl první prvek, který byl v roce 1846 uznán jako nepostradatelný (= esenciální) pro lidské zdraví (FUGE, 1996). Jeho nedostatek způsobuje strumu (vole), která byla první endemickou chorobou, která je připisovaná životnímu prostředí. Struma byla známa už ve starověké Číně asi už 2700 let před naším

letopočtem, kdy Číňané pochopili, že mořské řasy poskytují látku k jejímu léčení. Jod je základní složka hormonu štítné žlázy tyroxinu, který je důležitý především pro růst a vývoj. Struma byla rozpoznána jako důsledek nedostatku jódu v oblastech daleko od moře a v Alpách či Himalájích. Dnes je její výskyt znám po celém světě, nejčastěji se vyskytuje ve vysokých horách, uprostřed kontinentů a v oblastech s velkým množstvím dešťových srážek (KELLY, SNEDDON, 1960). Lék na strumu je jednoduchý – přidání jódu do soli, což bylo poprvé užito ve Švýcarsku ve 20. letech 20. století. Doporučená střední hodnota příjmu jodu je 100 až 150 mikrogramů denně, při dědičných sklonech k strumě to je pak 200 - 300 mikrogramů jodu denně. Nicméně, je těžké trvat na odhadovaném minimálním množství základního příjmu jodu a zohlednit přitom vliv dědičných dispozic na příjem jodu kvůli nedostatečnému výzkumu (WHO, 1996; OLIVER, 1997).

2.1.2. Jod ve vztahu k půdě

Přímořská půda jako například ve Walesu (Velká Británie) může obsahovat 14,7 miligramů jodu na kilogram půdy, zatímco půda v Missouri (střední USA) obsahuje jen asi 1,26 miligramů jodu na kilogram půdy. Nejvíce jodu v půdě a tedy i v rostlinách, pochází v zásadě z nánosů z moře a ze vzduchu. Průměrný obsah jodu v britské půdě je 9,2 mikrogramu na kilogram sušiny půdy, množství jodu v půdě úměrně klesá se zvyšující se vzdáleností od moře a liší se podle původu půdního materiálu (WHITEHEAD, 1984). Koncentrace jodu v půdě je velmi proměnlivá, např. písčité půdy obsahují méně jodu než jílovité. Uvolňování jodu se intenzivněji projevuje v půdě s menší koncentrací organické hmoty a v jílu. Hydratované oxidy železa a oxidy hliníku mohou vázat jod, tato jejich schopnost, je ovlivněna pH. Koncentrace jodu také souvisí s organickou hmotou obsaženou v půdě. Whitehead (1973) zjistil korelační koeficient 0,59 mezi jodem a organickou hmotou. Jod si zachovává neutralitu vůči zásadité půdě, leč lidé žijící na vápenité hornině – v Británii zvláště na karbonovém vápenci – měli větší sklony ke strumě než lidé žijící v jiných oblastech. To bylo evidentní v některých vesnicích v Somerset, které porovnal Thornton a Webb (1979). Ve vesnicích, kde půda obsahovala 2,9 mikrogramů jodu, byl výskyt strumy 56 % (MEDICAL RESEARCH COUNCIL, 1936). Zatímco ve vesnicích s obsahem 8,2 mikrogramů jodu byl výskyt strumy

pouze 3 %. Vysoké pH a velký obsah vápníku snižují biologickou dostupnost jodu a snižují jeho příjem rostlinami (OLIVER, 1997).

Edmunds a Smedley (1996) tvrdili, že příjem jodu u lidí tvoří z 20 % jod z vody a z 80 % z jídla. Z tohoto důvodu jod obsažený v půdě je důležitý, protože přísun jodu potravou tvoří podstatnou část. V Rumunsku objevili strumu na kyselé půdě tvořenou ze slepenců - pískovce a vápenatého jílu – zatímco se neobjevila na skoro neutrální černoze. (RAUTA et al., 1986). Zhang (1987) zaznamenal, že nedostatek jodu v pahorkatině a horách v Jilinské provincii v severovýchodní Číně způsobil vznik strumy a kretenismu v této oblasti. Thilly et al. (1972) studoval ostrov Idgwi u jezera Kivi v Kongu a zjistil, že struma byla běžnou tam, kde půda byla utvářena na žule, na severu ostrova, zatímco na jihozápadě, kde půda byla tvořena z čediče, se struma nevyskytovala vůbec. Zdá se, že v půdě v Bangladéši je nedostatek jodu z důvodů povodní (WHO, 1996), což ovlivňuje oxidačně-redukční potenciál (OLIVER, 1997).

Ačkoli je endemická struma nemoc spojována s nedostatkem jodu, Stewart a Pharoah (1996) tvrdí, že to je jen špička ledovce. Dalšími důsledky nedostatku jodu jsou narození mrtvých dětí, potraty, vrozené vady, endemický kretenismus, zhoršené duševní funkce a snížené hodnoty hormonů štítné žlázy. Z těchto chorob je nejhorší endemický kretenismus (Pharoah, 1985), který je způsoben nejvýraznějším nedostatkem jodu. Děti s touto chorobou se při narození jeví jako normální, ale ve věku asi šesti měsíců se u nich projeví psychická a duševní retardace. Tato choroba se projeví, pokud je příjem jodu nižší než 25 mikrogramů za den. Postihuje asi 10 % obyvatel v částech Číny, Indie a Indonésie. Struma se objeví, pokud příjem jodu tvoří 50 % normálního příjmu a pokud příjem jodu tvoří 25 % normálního příjmu, pak je ovlivněn rozvoj mozku (WHO, 1996). Nedostatek jodu u novorozenců ohrožuje jejich rozvoj mozku, což má za následek nižší IQ a dospělí pravděpodobně trpí ne úplně optimální funkcí mozku a apatií. Fuge (1996) tvrdí, že na celém světě strumou trpí asi 200 miliónů lidí a že dalších 20 miliónů lidí trpí poškozením mozku v důsledku nedostatku jodu v plodovém (zárodečném) vývoji a v dětství. Plant et. al. (1996) ale spočítal, že 800 miliónů lidí v rozvojových zemích je pravděpodobně postiženo strumou nebo kretenismem. Problém je větší v rozvojových zemích než ve vyspělých zemích, protože zde lidé získávají potravu z rozmanitějších zdrojů. WHO

(1996) se domnívá, že nedostatek jodu a patologické důsledky jsou vážně podceněny. Tvrdí, že 1600 miliónů lidí ve 118 zemích jsou v nebezpečí nedostatku jodu, dalších 656 miliónů lidí trpí strumou, 43 miliónů lidí trpí duševními poruchami a 11,2 miliónů lidí trpí zjevným kretenismem. Tato populace je v nebezpečí ohrožení životů, v podmínkách s nedostatkem jodu, například v oblastech ohrožených vysokými dešťovými srážkami nebo odstraněnými ledovci a záplavami (OLIVER, 1997).

Vztah mezi jodem a strumou je komplikovanější než se původně předpokládalo. Například, Rauta a Carstea (1983) porovnali půdu ve svých kontrolovaných oblastech s půdou v oblastech s endemickou strumou a zjistili, že tato půda kromě jodu postrádá také bór, měď, kobalt a fosfor, a že nedostatky těchto prvků mohou také způsobovat strumu. Fuge (1987) se také domnívá, že další stopové prvky jsou implicitní. WHO (1996) tvrdí, že vlivy nedostatku jodu jsou zhoršeny tam, kde půda obsahuje málo selenu. Látková výměna jodu a selenu spolu souvisí s přeměnou tyroxinu na 3,5,3 - trijodothylin (ARTHUR, BECKETT, 1989). Ze studie Vanderpase et al. (1990) v Zairu je jasné, že reakce na nedostatek jodu, je zdůrazněna tam, kde lidé trpí současně nedostatkem jodu a selenu. Společné působení selenu a jodu při předcházení abnormální výměně hormonů štítné žlázy je podobné synergickým vlivům selenu a vitamínu E (ARTHUR, BECKETT, 1989; OLIVER, 1997).

Další faktor, který je zkoumán při nedostatku jodu, je přítomnost chemických látek způsobujících strumu (odvozených z cyanogenních glykosidů) v některých druzích zeleniny a základních potravinách v rozvojových zemích. Potravin, které obsahují tyto látky způsobující strumu, jsou maniok, kukuřice, brukev, řepka, fazol měsíční, bambusové výhonky, sladké brambory a jáhly (HETZEL, MABERLY, 1987; WHO 1996). Tyto potraviny mohou bránit příjmu jodu a zasahovat do vytváření hormonů štítné žlázy. Matovinovic (1983) tvrdí, že vlivy způsobující strumu, způsobují strumu i v oblastech, kde je půda bohatá na jod, zatímco Stewart a Pharoah (1996) si myslí, že látky způsobující strumu jsou problémem pouze tam, kde strava obsahuje málo jodu. Zdá se, že strava obsahující málo jodu a hodně faktorů způsobujících strumu je zodpovědná za rozšíření strumy a myxoendematismus

endemického kretenismu v některých rozvojových zemích (WHO, 1996; OLIVER, 1997).

2.2. Základní charakteristika půd

2.2.1. Definice půdy

Existuje mnoho definic půdy, ale v mé práci zmíním jen některé mnou vybrané. Půda může být definována jako přírodní útvar umožňující růst rostlin. Jiná definice říká, že půda je dynamický přírodní útvar tvořený minerálním a organickým materiálem a živými organismy, ve kterém rostou rostliny. Půda byla také definována jako přírodní útvar, který vzniká a vyvíjí se z povrchových zvětralin zemské kůry a zbytků organismů působením půdotvorných faktorů a je schopný zajišťovat životní podmínky organismům v něm žijícím. Jako půda se také označuje svrchní část litosféry, do které zasahují půdotvorné procesy. Podle jiného konceptu je půda pórovitá a jemně strukturované médium organominerálního složení a původu (ŠIMEK, 2005).

2.2.2. Složení půd

Je všeobecně známo, že půda je třífázový systém, skládá se tedy jak z pevné či kapalně, tak i z plynné fáze. Kapalnou fází tvoří voda, plynnou vzduch. Pevnou složku tvoří minerální podíl a organické látky (ŠIMEK, 2005).

Z našeho hlediska je důležitý minerální podíl. K minerálnímu složení půd patří úlomky hornin, křemičitany, jílové materiály, oxidy a hydroxidy, uhličitany, fosforečnany (fosfáty), chloridy, sulfidy, sírany a mnohé jiné soli, mezi které patří pro nás důležité jodidy a jodičnany jakožto zdroje jodu v půdě (ŠIMEK, 2005).

2.3. Základní informace o jodu v půdě

Ke vstupu jodu do půdy dochází převážně prostřednictvím převodu z atmosféry, v menší míře pak z odumřelých těl živočichů a rostlin či zvětráváním matečného materiálu půdy. Některé přísady jodu pocházejí z hnojiv a dalších biocidních látek, obsahujících jod. Dle tvrzení Whiteheada neexistuje prakticky žádný význam jodu související se zvětráváním materiálů půdy. Obsah jodu v půdě odráží rovnováhu mezi přírůstkem, který proběhl, a mezi schopností půdy udržet jod

i přes odpařování a vyluhování. Ke ztrátám jodu může dojít buďto vertikální přenosem dolů do hlubších vrstev půdy nebo uvolněním jodu do atmosféry (JOHANSON, 2000).

V následující tabulce jsou uvedeny hladiny jodu v různých půdách z Velké Británie.

Kategorie materiálu	Interval	Průměrná hodnota
	mg·kg ⁻¹ suš. půdy	
Kyselé a vyvěřelé horniny	4,4 – 15,7	10,4
Břidlice a podobné materiály	4,4 – 27,6	9,8
Písek, pískovec	1,7 – 5,4	3,7
Křída, vápenec	7,9 – 21,8	13,0
Hlína	2,1 – 8,9	5,2
Řeky, říční terasy a naplaveniny	0,5 – 7,1	3,8
Mořské naplaveniny a ústí řek	8,8 – 36,9	19,6
Rašelina	18,7 – 98,2	46,8

Tabulka č. 1: Obsah jodu v půdách Velké Británie. (0 – 15 cm) z 8 kategorií materiálů (WHITEHEAD, 1984).

Z hodnot uvedených v tabulce je zřejmé, že rozdíly koncentrací jodu v půdách jsou poměrně velké a to od 0,5 mg·kg⁻¹ suš. půdy do 98,2 mg·kg⁻¹ suš. půdy. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v půdách bohatých na organickou složku. Co se týče půdních profilů, nejvyšší hodnoty jodu se nacházejí ve vzorcích z horních vrstev, prokazujících značné množství organických složek. Nejvyšší hladiny jodu se často nacházejí v rašelinných půdách. Existují hypotézy, že jod reaguje s tyrozinem, thioly a polyfenoly v organické části půdy. Jako průkazné se ukázaly poměrně značné rozdíly v distribuci jodu, jež je závislá na typu půdy (JOHANSON, 2000).

Dále přikládám tabulku s obsahem jodu v půdách na určitých místech světa.

Země nebo stát	Rozsah (mg·kg ⁻¹ suš. půdy)
Argentina	0,14 – 2,8
Británie	0,06 – 37
Československo	0,2 – 6,5
Francie	1,6 – 16
Německo	0,19 – 28
Irsko	0,7 – 83
Japonsko	0,49 – 63
Nový Zéland	0 – 70
Jižní Afrika	0,19 – 7,5
Španělsko	0,4 – 52
USA (Texas)	1,7 - 11

Tabulka č. 2: Obsah jodu v půdách na různých místech světa (FLEMING, 1980).

Nejvyšší hodnoty jodu jsou v půdních profilech často nalézány ve vyšších vrstvách, kde je i koncentrace organických složek nejvyšší. Nejvyšší hladina jodu je často v rašelině. Bylo naznačeno, že jod v organických částech půdy reaguje s thyrosinem, thioly a polyfenoly. Distribuce jodu v půdním profilu se tedy velmi liší podle typu půdy. Důvodem může být distribuce vazných molekul, ale také fakt, že jod může mít různé hodnoty oxidace, závisující např. na pH a oxidačně redukčním potenciálu (Eh) (JOHANSON, 2000).

V podzolové půdě se bude jod shromažďovat v organickém materiálu a v horizontu B, kde se jod spojuje s oxidy hliníku a železa. V rašelině jsou hladiny jodu nejvyšší v organických vrstvách a podstatně nižší ve spodní minerální půdě.

Jedním z komplikujících faktorů je, že objemová hmotnost rašeliny má zhruba 20 % objemové hmotnosti minerální půdy. Chemické látky, které se zdají být neefektivnější při vázání jodu, jsou tedy organické látky a oxidy železa a hliníku. Půda má ve srovnání se spodní matečnou horninou téměř vždy vyšší koncentraci jodu. Podle Fleminga (1980) má půda vytvořená ze sedimentů nižší koncentraci jodu než půda vytvořená na skalním podloží. Koncentrace jodu v matečné hornině byla $0,521 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v odpovídající půdě $9,339 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. V sedimentárních horninách byla koncentrace jodu $1,545 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v odpovídající půdě $3,85 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Toto zřejmě odporuje navržené hypotéze, že právě sedimentární horniny jsou zdrojem jodu. V posudku z roku 1980 Fleming uvádí, že atmosférické srážky byly již zkoumány a o jejich přínosu již není pochyb. Na korelaci mezi koncentrací jodu v půdě a vzdáleností od moře bylo již dříve upozorněno jako na důkaz role moře v rovnováze jodu. Nicméně existuje mnoho výjimek z tohoto pravidla, které často závisí na rozdílech ve schopnosti půdy vázat jod. U písčité půdy se očekává, že udrží menší množství jodu v porovnání s rašelinou a tento fenomén může vysvětlovat, proč se v některých případech nižší koncentrace jodu nalézají poměrně blízko u moře. Jod může být z půdy do atmosféry přenesen chemickými i biologickými procesy. Chemické procesy často produkují elementární jod, nebo jodovodík a biologické procesy často produkují organický jod, například methyl-jodid. Rozdíly mohou být velké, například Whitehead (1981) ukázal, že jodid přidaný do písčité půdy už po 30 dnech z půdy zmizel, zatímco v jiné půdě nebyla zaznamenána žádná ztráta. Nejvyšší hodnoty úbytku jodu jsou pozorovány v půdách s pH menším než 5 a podílem organické složky menším než 3 %. K uvolňování organického jodu z vlhkých půd může dojít, jelikož tam dochází k biologickým procesům. Methyl-jodid je jen velmi málo rozpustný ve vodě a není skoro vůbec vázán na komponenty půdy. Bylo zaznamenáno také uvolňování jodu z podzolových půd (OOSTERWELD, 1976; REINIGER, 1977; JOHANSON, 2000).

Důležitým typem vazby v půdě jsou elektrostatické vazby. Koloidní frakce půdy obsahují jílu, organický materiál a nesou poměrně velké množství záporných nábojů, mohli bychom tedy předpokládat, že negativně nabití ionty by neměly být vázány obzvláště silně. Stále jsou zde buď nespecifické vazby, nebo specifické vazby železa a hliníku k volným hydratovaným oxidům, či k volnému povrchu hliníku nebo silikátů, kde atomy kyslíku nejsou plně koordinovány s hliníkem nebo oxidem

křemičitým. Specifické vazby negativně nabitých iontů, jako jsou jodidy nebo jodičnany, nastávají, pokud dokáží vytvořit silné vazby s hliníkem, železem (III) a dalšími kationty v hydroxooxidech a křemičitanu hlinitém v půdě. Přítomnost oxidů železa (III) může vázat jodid při pH menším než 5,5 u oxidů hliníku při pH větším než 5,5. Jodidy a jodičnany se také mohou samozřejmě vázat na organické složky v půdě. Jod může spontánně reagovat s thioley a polyfenoly, které jsou oba v organické půdě poměrně běžné. Po zahřívání půdy dochází k drastické redukci sorpce jodu půdou, což indikuje, že se na sorpci podílejí biologické procesy. Také biologický materiál z kompostu významně váže jod, což je závislé na pH, stejně jako u půdy. Nicméně, mnohé z těchto vazeb jsou vratné, takže je možné získat jod desorpcí z půdy s následujícím zvětšením příjmu rostlinami. Zdá se, že se desorpce zvyšuje společně s pH a je závislá na několika aniontech a také ukazuje variace mezi různými typy půdy. To bude pravděpodobně znamenat, že pro získání relevantních parametrů k použití v modelování je nutné používat parametry specifické pro konkrétní místo. Migrace jodu v půdním profilu je velmi variabilní podle půdního typu. V půdě je často pomalý transport směrem hlouběji. To bylo pozorováno například poblíž továren, přepracovávajících jaderné palivo, kde byl uvolněn radioizotop ^{129}I , který je emitován při štěpení uranu v atomových reaktorech a při spalování vyhořelého paliva a má poločas rozpadu $15,6 \cdot 10^6$ let. Poměr $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ je citlivým ukazatelem migrace v půdě. Brauer a Strebin (1982) zjistili, že poměr se od povrchu z 10^{-5} k vrstvě 10 cm hluboko změnil na 10^{-8} . V periodě 8 let se udály jen malé změny. Kantelo et al. (1982) pozoroval zadržování ^{129}I v povrchové půdě blízko továrny Savannah River, přepracovávající jaderné palivo. Byl nalezen také v povrchové vrstvě půdy blízko k přepracovávajícímu závodu Karlsruhe (SCHÜTTELKOPF, PIMPL, 1982). Zdá se tedy, že nejúčinněji jod zadržují půdy v horních vrstvách, možná v prokořeněné vrstvě půdy (JOHANSON, 2000).

K příjmu jodu rostlinami z atmosféry může dojít buďto kořeny nebo jinými částmi rostliny. Přímé zachycení atmosférického jodu na listech nebo přímý příjem přes průduchy se zdá být celkem efektivní. Zpočátku vypadá tento způsob jako spíše marginální, ale jelikož se jod na půdu váže a také se z ní uvolňuje, může mít toto zachycování určitý význam. O rostlinách se uvažuje, jako by jod nepotřebovaly, ale bylo prokázáno, že během růstu například semene ječmene se jod převádí na diiodotyrosin, což je sloučenina blízka trijodtyroninu, aktivnějšímu hormonu štítné

žlázy. Fakt, že rostlina může pojmout plynný jod převážně průduchy, znamená, že povětrnostní podmínky příjem jodu ovlivňují. Když jsou průduchy otevřené, je příjem jodu vyšší, než když jsou uzavřené. Výpočty prokázaly, že 60 % příjmu elementárního jodu přichází průduchy a zbylých 40 % sorpcí z vnější části rostlin. Jiné plynné sloučeniny obsahující jod, jako methyljodid, jsou přijímány méně. Příjem ovlivňuje také typ vegetace. Jetel, například, pojme více jodu než tráva (JOHANSON, 2000).

I když jod není nezbytným prvkem pro rostliny, je kořeny rostlin přijímán poměrně efektivně. Experimenty s použitím vodních kultur ukazují, že příjem jodu je lineárně závislý na koncentracích jodu ve vodním médiu přinejmenším v rozsahu 10^{-3} až 10^{-4} mol·l⁻¹ jodidu. Při vyšších koncentracích má jodid inhibiční účinky na růst kořenů. Byla zaznamenána poměrně široká variace příjmu kořeny, která je pravděpodobně závislá na typu půdy. Tichomirov (1980) ukázal, že příjem ¹²⁵I ovesnými rostlinami ukázal výrazné rozdíly, závislé na půdě nejvyšší v šedozemí a nejnižší v černozemi. Také ukázal, že příjem klesá po dobu 10 dnů od uložení. Tento jev byl také ukázán Schüttelkopfem a Pimplem (1982). Ukázali, že ¹²⁹I v mléku se snížil s faktorem 100, poté co se snížily emise ¹²⁹I ze závoda na přepracovávání jaderného paliva u Karlsruhe. Příjem jodu kořeny v půdách s vysokým obsahem organické složky se zdá být poměrně nízký, zatímco v písčiny nebo jiných lehkých půdách bude poměrně vysoký. Koncentrační poměr - Bq na kg rostlinného materiálu děleno Bq na kg půdy se různil od 0,001 – 1,5, s nejčastějšími poměry mezi 0,01 a 0,1. Bude tedy nutný výzkum na specifickém místě, po určení místa úložiště. Jod je nezbytným prvkem pro všechny savce a lidská populace potřebuje příjem 150 – 100 µg jodu za den. U krav se doporučuje denní příjem 0,5 mg jodu. Mléko a jiné mléčné produkty jsou nejdůležitějším zdrojem jodu, přinejmenším v blízkosti moře (JOHANSON, 2000).

Oktay et al. (2000) studoval jod, stejně jako některé jiné radionuklidy v sedimentech řeky Mississippi a ukázal, že značná množství antropogenního ¹²⁹I jsou uložena v těchto sedimentech. Blízký vztah mezi poměry ¹²⁹I/¹²⁷I a ^{240,239}Pu a ¹³⁷Cs silně naznačuje, že důsledkem zvýšených koncentrací jsou testy jaderných zbraní v oblasti řeky Mississippi (JOHANSON, 2000). Nejnovější výsledky z havárie atomových reaktorů ve Fukushima ukazují, že 76 % radionuklidů z havárie

bylo zachyceno 5 cm hlubokou povrchovou vrstvou půdy. Vyluhovací pokusy ukázaly, že více než 40 % jodu bylo zabudováno do huminových látek v půdě (TANAKA, 2012).

2.4. Sloučeniny jodu v půdě

Jod v půdě se nachází v různých chemických formách, jako jsou jodidy, jodičnany a jod vázaný na organické látky.

2.4.1. Jodidy

Jodidy jsou běžnou formou jodu v půdách. Častějším je však jodid jako příměs oxidu křemičitého nežli samostatný jodid jako minerál, i když, lze nalézt jodidy mědi, stříbra a rtuti. Jodid může být obsažen v seskvioxidech, v případě, kdy hodnota pH je nižší než 6. Rovněž může být vázán na jílu nebo různé organické hmoty v půdě s pH nižším než 6,9. Při vyšších hodnotách pH se zdá být jodid vyměněn za OH⁻ (<http://www.graystonelabs.com/home.html>).

2.4.2. Jodičnany

Tyto sloučeniny lze nalézt v kombinaci s mědí a vápníkem, obvykle v neutrálních nebo bazických půdách (<http://www.graystonelabs.com/home.html>).

2.4.3. Jod a organické látky

Velká část jodu uvolněného do půdy byla zachována v důsledku reakce s organickou hmotou. Organické látky vážou jod v půdě. Transformace jodu z anorganické podoby na organickou je klíčovým procesem při ukládání jodu v půdě. Jakmile je vázán v rašelině, zůstává stabilní tisíce let (<http://www.graystonelabs.com/home.html>).

2.5. Cyklus jodu a půda

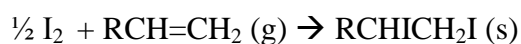
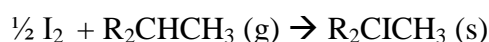
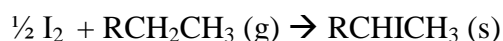
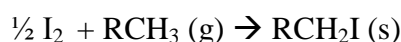
Průměrného množství jodu v zemské kůře se přibližně odhaduje na 0,15 mg·kg⁻¹ I₂ (<http://www.graystonelabs.com/home.html>).

Jod v prostředí se v mnoha ohledech chová jako kyslík, jelikož oba prvky chtějí zaplnit vnější elektronové vrstvy pro dosažení konfigurace ušlechtilého plynu, neustále se tak snaží najít elektronového dárce. Obě formy jsou dvouatomové molekuly, které jsou pohyblivé v atmosféře. Jod zde podléhá sublimaci za

normálních teplot, tudíž není schopen být plynný při nízkých teplotách vysoko v atmosféře (<http://www.graystonelabs.com/home.html>).

Jedním z hlavních zdrojů elektronů v životním prostředí jsou uhlovodíky. Na rozdíl od kyslíku, jemuž chybí zdroje zapálení a nemůže tak oxidovat nasycené uhlovodíky, jod je oxidovat může a mění tak uhlovodíky na halogenderiváty (<http://www.graystonelabs.com/home.html>).

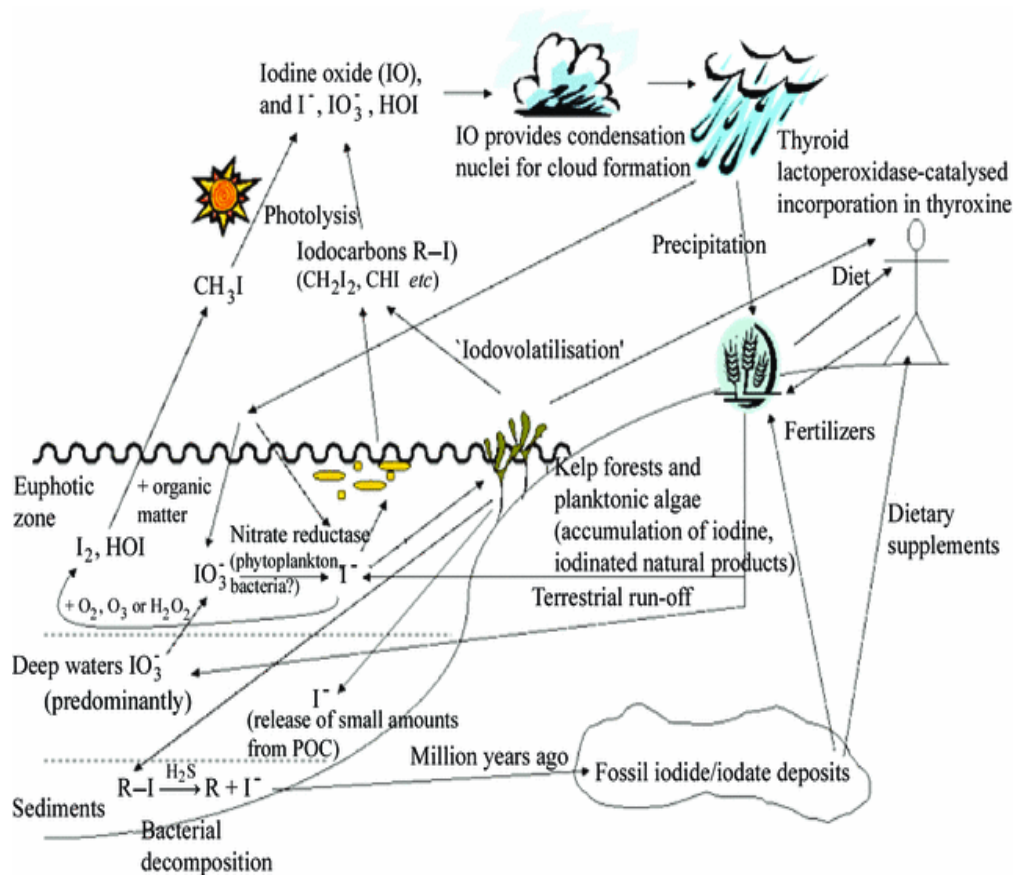
Hlavními reakcemi tohoto typu jsou:



Jakmile se jod začlení do molekuly uhlovodíku, nová molekula je mnohem méně těkavá a takto se jod dostává z atmosféry do půdy deštěm. Jak je tedy zřejmé, hlavním zdrojem jodu v půdě je jod z atmosféry, pocházející z mořské vody (<http://www.graystonelabs.com/home.html>).

Důležitým zdrojem jodu je tedy moře. V oblastech přilehlých k moři bude vliv moře zvláště silný, a vzdálenost od moře bude tedy také hrát roli. Očekávané snížení obsahu jodu od moře směrem do vnitrozemí není ale vždy stejnoměrné a tlumivý účinek mohou mít jiné faktory jako například atmosférická cirkulace (DISSANAYAKE, CHANDRAJITH, 2009).

Intenzivní vyplavování prvků z hornin a hojná formace lateritu (= typ půdy), způsobené vysokými srážkami hraje zásadní roli v geochemickém cyklu jodu v tropech. Vyplavování jodu v tropickém prostředí také výrazně ovlivňuje přítomnost kyselých půd, organické hmoty a rapidní rychlost toku podzemní vody. Nejvýznamnějším rysem geochemického cyklu jodu je, že hojnost a pohyblivost jodu jsou nejvíce zřetelné na povrchu. Tyto povrchové fenomény, včetně interakcí mezi půdou a atmosférou jsou extrémně důležité (DISSANAYAKE, CHANDRAJITH, 2009).

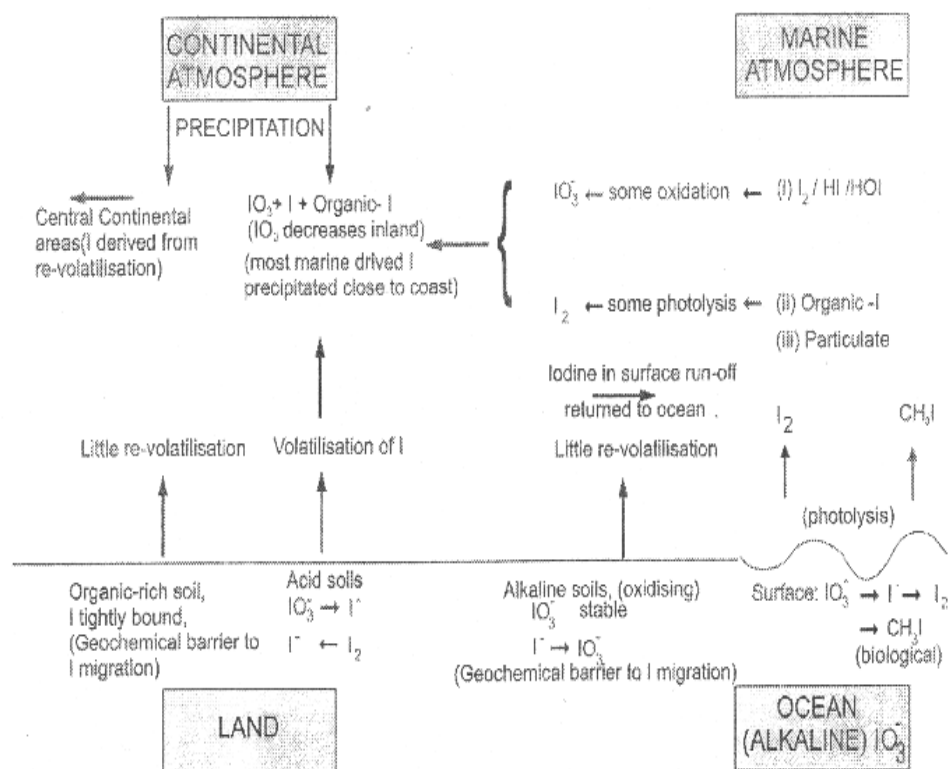


Obrázek č. 1: Biogeochemický cyklus jodu (<http://journals.iucr.org>).

Radioaktivní jod 129 byl v minulosti vypouštěn do životního prostředí z testů nukleárních zbraní a operacemi nukleárních zařízení, jako jsou například továrny na opětovné přepracování vyhořelých paliv. Vysoká pohyblivost jodu v prostředí se tedy stává kritickým faktorem při hospodaření s radioaktivní vodou (DISSANAYAKE, CHANDRAJITH, 2009).

Moře, které je důležitým zdrojem jodu v geochemickém cyklu, má průměrnou koncentraci jodu asi $58 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Jodičnany jsou nejstabilnější formou jodu v mořské vodě. V povrchových vodách se působením biologických účinků redukuje na jodidy. Mořské řasy a fytoplankton vypouštějí organické plyny, které obsahují jod (CH_3I , CH_2I_2 , atd.) a ty se dále dostávají do atmosféry, kde díky slunečnímu světlu procházejí dalšími chemickými změnami. Jod v atmosféře poté migruje do vnitrozemí, kde je působením klimatických a topografických podmínek uložen. Obrázek č. 2 ilustruje zjednodušený model, který ukazuje část cyklu jodu, včetně

přesunu od mořského k vnitrozemskému prostředí (DISSANAYAKE, CHANDRAJITH, 2009).

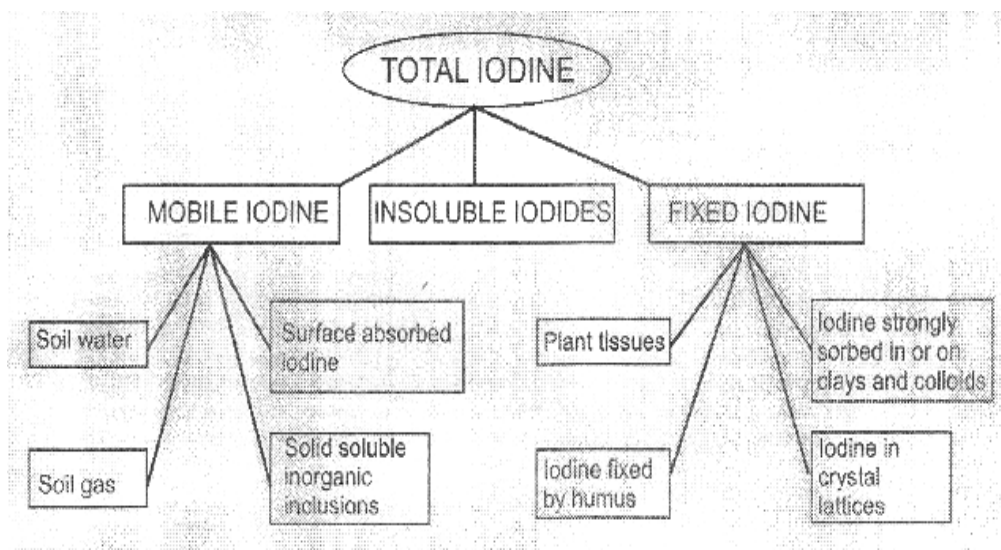


Obrázek č. 2: Transport jodu z moře k vnitrozemskému prostředí (FUGE 1996).

Z magmatických a metamorfovaných hornin mají metasedimentární ruly, svory a granulity obsah jodu pouze 12 až 25 mg.kg^{-1} a to už ztratily 75 až 95 % svého obsahu jodu při teplotách, které nastaly při jejich přeměnách. Granity, granodiority, tonality a basalty mají ještě menší obsah jodu a obsahují od 4 do 9 mg.kg^{-1} jodu a jsou nezávislé na třídě magmatických hornin (DISSANAYAKE, CHANDRAJITH, 2009).

Z pohledu lékařské geologie je obsah jodu v půdách nejdůležitější, rozhodující je množství půdy a její schopnost udržení si obsahu jodu. Existují dva faktory, které se při studii geochemických cest jodu musí zohlednit. Jak je ukázáno na obrázku č. 3 Fuge a Johnson (1986) mluvili o třech hlavních formách jodu v půdě a to jmenovitě o mobilním jodu, nerozpustných jodidech a o fixovaném jodu.

Vlastnost půdy, která fixuje jod, byla nazvána termínem „Jodový fixační potenciál“ (IFP) (DISSANAYAKE, CHANDRAJITH, 2009).



Obrázek č. 3: Navržené formy jodu v půdách (FUGE, JOHNSON, 1986).

2.6. Metody stanovení jodu v různých materiálech

Z metod pro stanovení jodu jsou v poslední době nejčastěji používány postupy založené na použití techniky ICP-MS a dále spektrofotometrické stanovení jodu podle Sandella a Kolthoffa (RADLINGER, 1998; FECHER et al., 1998; GÉLINAS et al., 1998; NIEDOBOVÁ, 2006).

Spektrofotometrické stanovení jodu je velmi citlivá technika, založená na katalytickém účinku jodidu na oxidačně redukční reakci ceričitých iontů s arsenitanovými ionty. Vzorek je třeba upravit tak, aby obsahoval jod ve formě jodidu, což vyžaduje totální mineralizaci (RADLINGER, 1998). Nevýhodou stanovení je používání toxických činidel, jako jsou např. arsenitan nebo brucin. Uvedená metodika je přesto stále v praxi používána (NIEDOBOVÁ, 2006).

Zcela odlišná je situace při stanovení metodou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Tato technika umožňuje stanovení jodu v jakémkoli mocenství a navíc je možno některé kapalné vzorky (sérum, moč) měřit přímo po naředění anebo použít solubilizaci s tetramethylamoniumhydroxidem (TMAH) (NAOZUKA et al., 2003; KNAPP et al., 1998; MACHÁT, 2002). Ve spojení se separačními metodami (GC, HPLC, SPE atd.) je možné provádět speciace jodu, tedy

určení a kvantifikaci jednotlivých forem jodu ve vzorcích (JOPKE et al., 1996; SANCHEZ et al., 1999). Z dalších metod jsou to separační metody, zejména HPLC - stanovení jodu ve vodách, biologických materiálech (FIEDLEROVÁ, 1998; LEITERER et al., 2001) a GC - analýza mléka, ústřice (SCHWEHR et al., 2003). V případě plynové chromatografie je zapotřebí jod derivatizovat na těkavý produkt např. 2 - jodopentan - 3 - on (RADLINGER et al., 1998). Metoda GC-MS byla použita pro stanovení methyljodidu v systému půda-rostlina (GU et al., 1997). Dříve používanou metodou byla neutronová aktivační analýza. Tato metoda byla používána při stanovení v biologických, nutričních a environmentálních vzorcích (GU et al., 1997; MURAMATSU et al., 1995; RAO et al., 1991; HOU et al., 1997a; HOU et al., 1997b; GÉLINAS et al., 1998). ICP-OES metoda pro stanovení jodu je citována v publikacích pouze zřídka a to zejména pro horší meze detekce a také z důvodu, že čáry jodu leží v UV oblasti spektra a stanovení je tak náročnější na spotřebu argonu a také ne všechny ICP-OES spektrometry mohou měřit v UV oblasti spektra (HOU et al., 1998; SOUZA et al., 2002). V obou publikacích se však nejednalo o stanovení přirozených obsahů jodu ve vzorcích, ale tyto vzorky byly obohaceny přídavkem jodidu draselného. S použitím generování jodu do plazmatu se meze detekce významně zlepšily, ovšem metoda byla pouze použita pro vzorky vod, kde nebylo zapotřebí vzorek upravovat (NIEDOBOVÁ, 2006).

Při stanovení jodu ve vodách pomocí ICP – MS byl použit k analýze přístroj ICP-MS model PQExCell, výrobce: VG-Elemental, GB. Byla použita metoda externí kalibrace v rozsahu 0 - 50 $\mu\text{g dm}^{-3}$ ($n = 4$), která poskytuje ideální lineární závislost v celé škále koncentrací. Opakovaně měřený kalibrační standard poskytoval hodnoty s chybami v rozmezí do 10 %. Před vlastní analýzou byl přístroj vždy promýván 0,5% NH_3 , dokud nedošlo k poklesu signálu ^{127}I pod 10 % hodnoty nejnižšího kalibračního standardu. V průběhu měření byl peristaltickou pumpou přisáván interní standard ($100 \mu\text{g dm}^{-3}$ Sb-121 v 0,5% NH_3) zajišťující stabilitu signálu. Důležitým faktem je, že nebylo použito TMAH (ŠEDA et. al., 2011).

2.7. Způsoby měření jodu v půdě

2.7.1. Spektrofotometrické stanovení

Jak již bylo citováno, co se týče spektrofotometrického stanovení, jedná se o velmi citlivou techniku, založenou na katalytickém účinku jodidu na oxidačně redukční reakci ceričitých iontů s arsenitanovými ionty. Z toho plyne, že je vzorek potřeba upravit tak, aby obsahoval jod ve formě jodidu, což vyžaduje totální mineralizaci (Radlinger, G. 1998). Další nevýhodou stanovení je používání toxických činidel, jako jsou např. arsenitan nebo brucin. Tato metoda je v praxi stále hojně používána (NIEDOBOVÁ, 2006).

Ke spektrofotometrickému stanovení jodu se též hojně využívá metoda, která je založená na reakci ceričitých a arsenitanových iontů, a která se nazývá Sandell-Kolthoffova reakce $2 \text{Ce}^{4+} + (\text{AsO}_3)^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Ce}^{3+} + (\text{AsO}_4)^{3-} + 2 \text{H}^+$. Tato metoda využívá k nepřímému stanovení katalyticky účinného jodidu spektrofotometrické měření poklesu intenzity žlutého zbarvení v důsledku koncentračního poklesu ceričitých iontů. Reakce se po určité době zastaví přidáním činidla (v postupu dle Bednáře brucinu), které zredukuje nezreagované ceričité ionty za vzniku spektrofotometricky měřitelného červeně zbarveného komplexu (FIALA et al., 2010).

Vlastnímu stanovení jodu předchází alkalická mineralizace pevného vzorku s hydroxidem draselným, síranem zinečnatým a několika krystalky chlorečnanu draselného.

Vzhledem k poměrně nízkému obsahu jodu v půdě se jako nejvhodnější jeví kinetické spektrofotometrické stanovení jodu založené na redoxní reakci iontů $\text{Ce}^{4+}/\text{AsO}_2^-$. Využívá se zde katalytického vlivu jodidů na Sandell-Kolthoffovu reakci, jak již bylo řečeno. Průběh reakce odpovídá monomolekulární reakci a je funkcí koncentrace jodu v roztoku, což umožňuje stanovení jodu z měření úbytku iontů Ce^{4+} a tato aplikace byla modifikována (BROTÁNEK, 2000).

2.7.2. Neutronová aktivační analýza (NAA)

Jedná se o analytickou metodu sloužící k měření hlavních i stopových prvků a to i stopových prvků v půdních vzorcích. Půdní vzorky jsou sušeny při 50 až 60°C a poté přesívány přes síto o velikosti ok 2 mm. Proseté půdní vzorky se dále skrz na

skrz smíchají a rozmělní v achátové třecí misce. Takto připravený vzorek se ozáří gama paprsky. Tyto vzorky jsou chlazeny. Tímto způsobem bylo detekováno 30 prvků, jako například stříbro, kadmium, cer, chlor, kobalt a další. Co se týče jodu, po ozáření, koncentrace tohoto prvku v půdním vzorku se určuje radiochemickou analýzou. K půdnímu vzorku (200mg) se přidá roztok, který zde hraje roli nosiče jodu. Půdní vzorek se tedy spojí s KOH a KNO₃ v niklovém kelímku. K ozáření dochází po dobu 2 minut v TRIGA II. Přibližně 30 ml vody se přidá do kelímku a zahřeje se to. Dále se přidá do vzorku pár krystalků NaClO, poté je supernatant odstředěn v centrifuze. Supernatant se okyselí pomocí HCl a přidá se k němu K₂SO₃, KBr a PdCl₂. Vzniklá sraženina PdI₂ se oddělí přes filtr ze skleněných vláken. Po ozáření γ - zářením o velikosti 443 keV, množství ¹²⁸I bylo spočteno na Ge detektoru spojeného s multikanálovým analyzátozem. Po ochlazení, které trvá 1 den, se sraženina znovu ozáří během 10 sekund a chemický výtěžek jodu se zaznamená (TSUKADA et al., 2004).

2.7.3. Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP – MS)

Pro účely stanovení obsahu jodu v půdě byla zavedena metoda stanovení jodu s využitím ICP – MS.

ICP – MS dominuje v analýzách jodu zejména pro svou citlivost, rychlost analýzy a relativně nízkou náročnost přípravy vzorků. ICP – MS spektrometr má dostatečnou citlivost pro měření nízkých koncentrací jodu v TMAH extraktech půdy, kde obsahy bývají v jednotkách mg·kg⁻¹. Analýzy iontů vzniklých v plazmatu je prováděna na základě poměru hmotnosti a náboje iontu (STRÍŽOVÁ, 2011).

Pro stanovení jodu v půdních vzorcích pomocí ICP – MS se upravily podmínky a činidla, oproti těm, které se používaly při stanoveních jodu pomocí ICP – MS v rostlinných vzorcích či jiných biologických materiálech. Desetiprocentní roztok TMAH byl připraven z dvacetipětiprocentního roztoku TMAH. K 100 mg půdy (standard) se přidá 5 ml 10% TMAH. Extrakce probíhá v sušárně či v peci při teplotě 80 °C po dobu šesti hodin. Po chlazení na pokojovou teplotu se roztok zředí vodou a jedním mililitrem 250 ppb antimonu, který se zde přidává jako vnitřní standard. Množství dosáhlo 25 ml. Konečný roztok obsahující 2 % TMAH a 10 ppb

antimonu se centrifuguje při 3000 otáčkách po dobu 20 minut a dále se filtruje přes filtrační papír, aby se získal čistý roztok. (DEVLEENA et. al., 2006).

Jiný postup uvádí Tsukada (2004).

Přibližně 200 mg půdního vzorku se smíchá s V_2O_5 v keramické lodičce v křemenné spalovací trubici. Konec křemenné trubice byl spojen se zásobníkem obsahující 10 ml 3% roztoku TMAH s Na_2SO_3 . Zvlhčený proud kyslíku projde v připojené jímcce (lapači) během jejího zahřívání na $1000^\circ C$ po dobu 15 minut. Nakonec, sekce trubice s dolním proudem je zahřívána 3 minuty, během níž dojde ke kompletnímu odebrání jodu, který je uložen blízko spojení pastí. Cesium je zde použito jako vnitřní standard a koncentrace jodu se zaznamená (TSUKADA et al., 2004).

3. MATERIÁL A METODIKA

3.1. Charakteristika a popis lokality

V okolí osady Arnoštov u obce Křišťanov na Prachaticku se nachází 4 odběrová místa (plochy), kde byly 8. 6. 2009, 22. 9. 2009, 21. 5. 2010, 24. 6. 2010 a 24. 9. 2010 odebrány vzorky půd.

Arnoštov (německy *Ernstbrunn*) je osada v okrese Prachatice, 7 km JV od Volar. Nachází se v Želnavské hornatině v nadmořské výšce 828 m. n. m. na řece Blanici na soutoku v místě, kde se do ní vlévá Puchěřský potok. Leží v CHKO Šumava, na okraji vojenského prostoru Boletice (POSPÍŠILOVÁ, 2010).

Želnavská hornatina je geomorfologický podcelek v severovýchodní části Šumavy. Rozprostírá se na ploše 179 km² a má průměrnou nadmořskou výšku 921 m. n. m. (Demek a kol. 1987). Na západě a na jihu sousedí s Vltavickou brázdou, na severu s Prachatickou hornatinou a na východě s Českokrumlovskou vrchovinou. Hornatina je plochá. Jedná se o homogenní vrásno-zlomový horský masív, se zbytky zarovnaného povrchu ve vrcholových partiích a s příkrými okrajovými svahy (na východě zlomový svah). Vyskytují se zde četné skalní útvary periglaciálního zvětrávání a odnosu žul. Želnavská hornatina je v severní části tvořena granulity moldanubika. V jižní části se nacházejí porfyrovité žuly moldanubického plutonu. Hornatina se člení na dva geomorfologické okrsky a to na Knížecí hornatinu a na Křišťanovskou vrchovinu (POSPÍŠILOVÁ, 2010).



Obrázek č. 4: Osada Arnoštov – pohled z dálky na odběrovou plochu 1 a 2 (foto: J. Švehla).



Obrázek č. 5: Okolí osady Arnoštov – pohled na Puchěřský potok v blízkosti odběrové plochy č. 3 (foto: J. Švehla).



Obrázek č. 6: Okolí osady Arnoštov – pohled na Puchěřský potok z odběrové plochy č. 3 (foto: J. Švehla).

3.1.1. Odběrová plocha č. 1 (louka)

Odběrová plocha č. 1 se nachází přímo v části obce Arnoštov na parcele chalupy s č. p. 43 s GPS souřadnicemi: N 48°53,655', E 13°59,778' v nadmořské výšce 828 m n. m. Jedná se o dolní část svahu s trvalým travním porostem pravidelně sečeným.

Stratigrafie půdního profilu: Ad - Am - Bv - BC - C

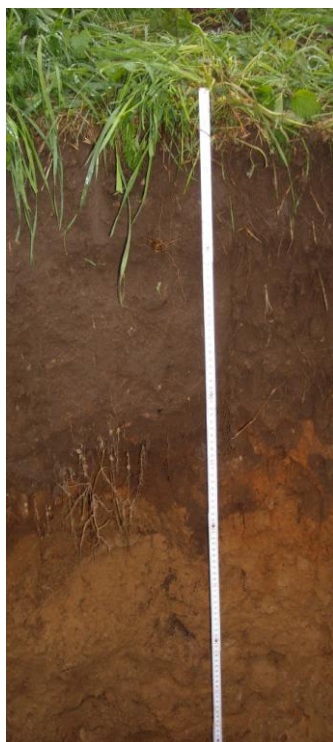
Ad (0 – 20 cm) – drnový horizont, práškovitá struktura, hlinitý, silně prokořeněn, četné chody červů a žížal, bez karbonátů, slabá příměs skeletu.

Am (20 – 50 cm) – melanický humusový horizont, zrnitá struktura, hlinitý, vlhký, silně prokořeněn, střední příměs skeletu, četné chody červů a dešťovky, bez karbonátů, přechod podle barvy a obsahu skeletu.

Bv (50 - 75 cm) – kambický horizont, vlhký, písčitohlinitý, nevýrazná polyedrická struktura, méně prokořeněn, vyšší obsah skeletu a skelet je větší, přechod podle barvy a struktury.

BC (více než 75 cm) – přechod do substrátu, vlhký, písčité, struktura elementární, silně skeletovitý.

C – zvětralina porfyrovité žuly moldanubického plutonu.



Obrázek č. 7: Půdní sonda 1 - kambizem modální (foto: Ľubica Pospíšilová).

Sonda 1/ Horizont	C _{ox} %	Humus %	Karbonáty %	Vodivost mS·cm ⁻¹	pH/H ₂ O	pH/KCl
Ad (0 - 20 cm)	5,0	8,62	0	0,12	5,26	4,2
Am (20 - 50 cm)	3,0	5,20	0	0,13	4,80	4,0
Bv (50 - 75 cm)	1,8	3,10	0	0,04	5,80	4,1
BC (> 75 cm)	0,45	0,80	0	0,03	5,50	4,0

Tabulka č. 3: Základní chemické vlastnosti v profilu kambizemě modální (Plocha 1). (Rozbor půdního profilu a chemický rozbor půd provedla RNDr. Lubica Pospíšilová, CSc., Mendelova univerzita v Brně, Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin).

3.1.2. Odběrová plocha č. 2 (pastvina)

Odběrová plocha č. 2 se nachází přímo v části obce Arnoštov cca 10 metrů východně od odběrové plochy č. 1 s GPS souřadnicemi: N 48°53,653', E 13°59,787' v nadmořské výšce 828 m n. m. Jedná se o spodní část svahu s trvalým travním porostem, který je spásán hovězím dobyt看em.

Stratigrafie půdního profilu: Ad – Am – Bv - BC – C

Ad (0 – 25 cm) – drnový horizont, prášková struktura, vlhký, písčitohlinitý, silně prokořeněn, četné chody červů a žížal, bez karbonátů, ojedinělý skelet, přechod podle utužení.

Am (25 – 50 cm) – melanický humusový horizont, zrnitá struktura, písčitohlinitý, vlhký, méně prokořeněn, střední příměs karbonátů, přechod podle barvy a obsahu skeletu.

Bv (50 - 100 cm) – kambický horizont, vlhký, hlinitopísčité, elementární struktura, ojedinělé kořeny, vysoký obsah skeletu.

BC (více než 100 cm) – přechod do substrátu, vlhký, písčité, struktura elementární, silně skeletovitý.

C – zvětralina porfyrovité žuly moldanubického plutonu.



Obrázek č. 8: Půdní sonda 2 - kambizem modální (foto: Ľubica Pospíšilová).

Sonda 2	C _{ox}	Humus	Karbonáty	Vodivost	pH/H ₂ O	pH/KCl
Horizont	%	%	%	mS·cm ⁻¹		
Ad (0 - 20 cm)	3,5	6,0	0	0,01	5,8	4,3
Am (20 - 50 cm)	3,0	5,2	0	0,02	5,7	4,3
Bv (50 - 75 cm)	1,0	1,72	0	0,01	5,0	4,0

Tabulka č. 4: Základní chemické vlastnosti v profilu kambizemě modální (Plocha 2). (Rozbor půdního profilu a chemický rozbor půd provedla RNDr. Ľubica Pospíšilová, CSc., Mendelova univerzita v Brně, Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin).

3.1.3. Odběrová plocha č. 3 (úhor)

Odběrová plocha č. 3 se nachází na katastrálním území části obce Arnoštov cca 160 metrů severně od odběrové plochy č. 1 a č. 2 s GPS souřadnicemi: N 48°53, 711', EO 13°59, 879' v nadmořské výšce 828 m n. m. Jedná se o úpatí svahu s trvalým travním porostem, který leží ladem (ani sečen ani spásán).

Stratigrafie půdního profilu: Ad – Am – Bv - BC – C

Ad (0 – 20 cm) – drnový horizont, prášková struktura, vlhký, písčitohlinitý, silně prokořeněn, četné chody červů a žížal, bez karbonátů, ojedinělý skelet, přechod podle utužení.

Am (20 – 50 cm) – melanický humusový horizont, prášková struktura, hlinitopísčité, vlhký, méně prokořeněn, střední příměs skeletu, bez karbonátů, přechod podle barvy a obsahu skeletu.

Bv (50 - 75 cm) – kambický horizont, vlhký, hlinitopísčité, elementární struktura, ojedinělé kořeny, vysoký obsah skeletu a skelet je větší, přechod podle barvy a obsahu skeletu.

BC (více než 75 cm) – přechod do substrátu, vlhký, písčité, struktura elementární, silně skeletovitý.

C – zvětralina porfyrovité žuly moldanubického plutonu.



Obrázek č. 9: Půdní sonda 3 - kambizem modální (foto: Ľubica Pospíšilová).

Sonda 3/ Horizont	C _{ox} %	Humus %	Karbonáty %	Vodivost mS·cm ⁻¹	pH/H ₂ O	pH/KCl
Ad (0 - 20 cm)	3,0	5,2	0	0,10	5,3	4,2
Am (20 - 50 cm)	2,5	4,3	0	0,08	5,4	4,2
Bv (50 - 75 cm)	1,8	3,1	0	0,03	5,0	4,1
BC (> 75 cm)	0,9	1,6	0	0,01	4,6	4,0

Tabulka č. 5: Základní chemické vlastnosti v profilu kambizemě modální (Plocha 3). (Rozbor půdního profilu a chemický rozbor půd provedla RNDr. Ľubica Pospíšilová, CSc., Mendelova univerzita v Brně, Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin).



Obrázek č. 10: Fotomapa s odběrovými plochami č. 1, 2 a 3 (zdroj: www.mapy.cz).

Legenda:

- A – Odběrová plocha č. 1 (louka)
- B – Odběrová plocha č. 2 (pastvina)
- C – Odběrová plocha č. 3 (úhor)

3.1.4. Odběrová plocha č. 4 (les)

Odběrová plocha č. 4 se nachází ve smrkovém lese poblíž silnice spojující Arnoštov s Křišťanovem s GPS souřadnicemi: N 48°54,229', E 13°59,761' v nadmořské výšce 828 m n. m. Jedná se o mírný svah ve smrkovém lese.

Stratigrafie půdního profilu: LFH – Ah – Bv - BC – C

LFH (0 – 5 cm) – nadložní humusový horizont, tvoří ho tři horizonty – opadanka (L) asi 1,5 cm, drť (F) asi 2 cm a (H) asi 1,5 cm, má nevýraznou a nevyvinutou strukturu, vlhký, hlinitý, silně prokořeněn, četné chody červů a žížal, bez karbonátů, ojedinělý skelet, bez karbonátů, přechod podle utužení.

Ah (5 – 20 cm) – humusový lesní horizont, zrnitá struktura, hlinitý, vlhký, silně prokořeněn, vysoká příměs drobného skeletu, bez karbonátů, přechod podle barvy a obsahu skeletu.

Bv (50 - 75 cm) – kambický horizont, vlhký, písčitohlinitý, elementární struktura, ojedinělé kořeny, vysoký obsah skeletu, přechod podle barvy a obsahu skeletu.

BC (více než 75 cm) – přechod do substrátu, vlhký, písčítý, struktura elementární, silně skeletovitý.

C – zvětralina porfyrovité žuly moldanubického plutonu.

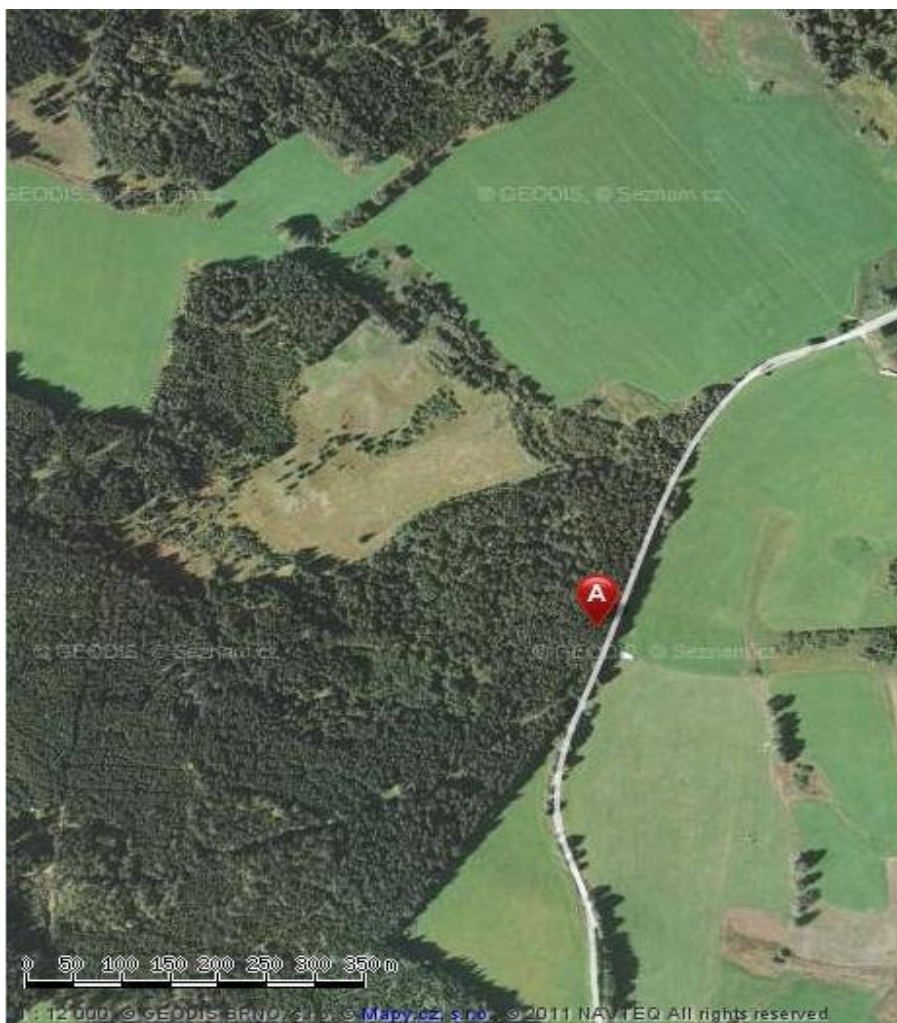


Obrázek č. 11: Půdní sonda 4 - kambizem modální (foto: Ľubica Pospíšilová).

Sonda 4/ Horizont	C _{ox} %	Humus %	Karbonáty %	Vodivost mS·cm ⁻¹	pH/H ₂ O	pH/KCl
LFH (0 - 20 cm)	8,0	13,8	0	0,17	3,8	2,8
Ah (20 - 50 cm)	5,0	8,62	0	0,15	3,8	3,0
Bv (50 - 75 cm)	2,0	3,45	0	0,06	4,5	3,6
BC (> 75 cm)	0,3	0,52	0	0,06	5,7	4,7

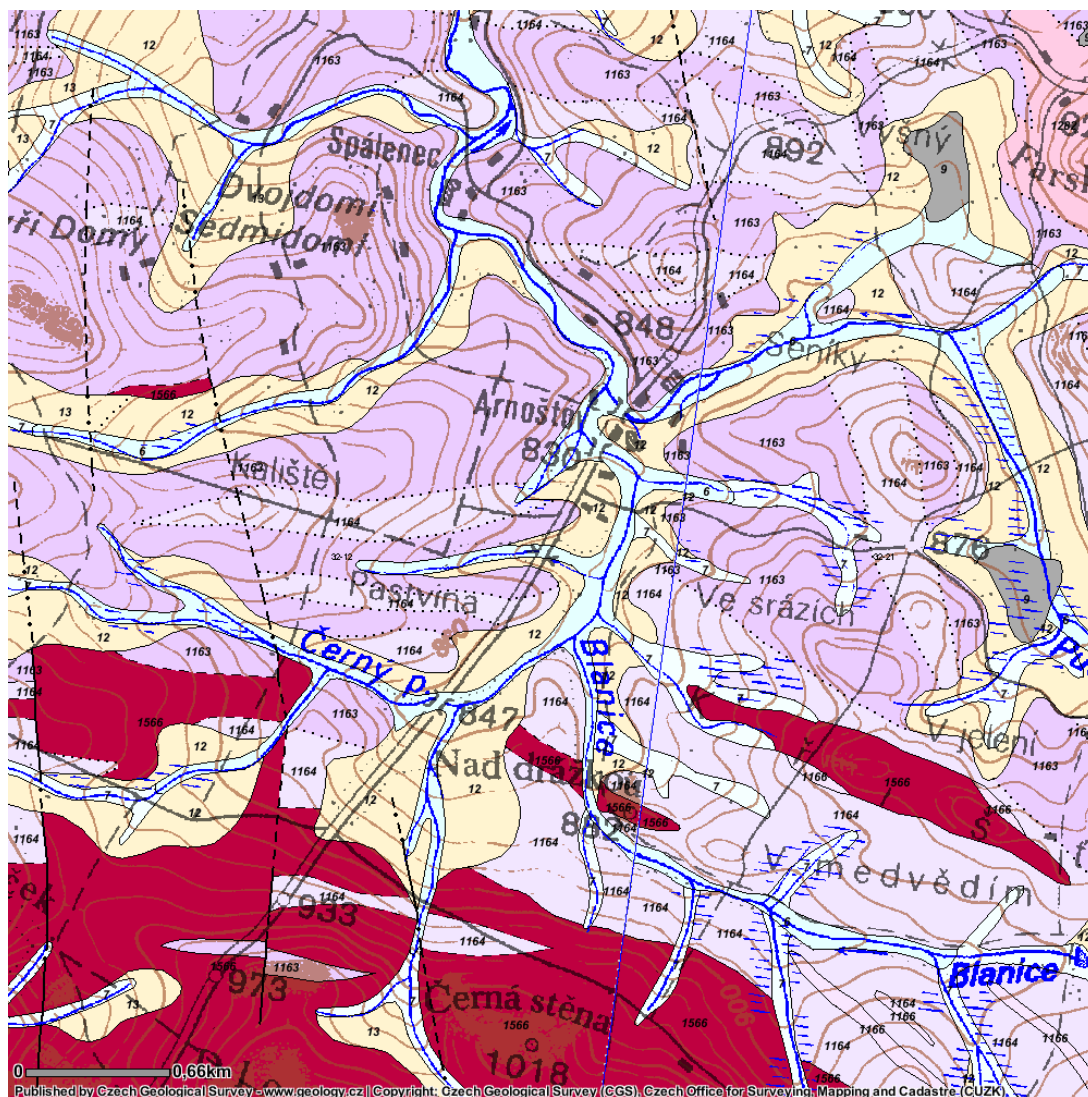
Tabulka č. 6: Základní chemické vlastnosti v profilu kambizemě modální (Plocha 4).

(Rozbor půdního profilu a chemický rozbor půd provedla RNDr. Ľubica Pospíšilová, CSc., Mendelova univerzita v Brně, Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin).



Obrázek č. 12: Fotomapa s odběrovou plochou č. 4 (Zdroj: www.mapy.cz).

Legenda: A – Odběrová plocha č. 4 (les)



Obrázek č. 13: Geologická mapa lokality Arnoštov a okolí (Zdroj: www.geology.cz).

Legenda:

LEGENDA:

nivní sediment [ID: 6]

Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: holocén, Horniny: hlína, písek, štěrk, Typ hornin: sediment nezpevněný, Zrnitost: hlína, písek, štěrk, Oblast: kvartér

smíšený sediment [ID: 7]

Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: holocén, Horniny: sediment smíšený, Typ hornin: sediment nezpevněný, Zrnitost: jemnozrná převážně, Oblast: kvartér

slatina, rašelina, hnílokal [ID: 9]

Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: holocén, Horniny: slatina, rašelina, hnílokal, Typ hornin: sediment nezpevněný, Barva: převážně tmavě hnědá

píščito-hlinitý až hlinito-píščitý sediment [ID: 12]

Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Horniny: píščito-hlinitý až hlinito-píščitý sediment, Typ hornin: sediment nezpevněný, Mineralogické složení: pestré, Zrnitost: píščito-hlinitá až hlinito-píščitá, Barva: různá, Oblast: kvartér

melanokratiní granit až granodiorit [ID: 1566]

Eratém: paleozoikum, Útvar: karbon, Horniny: granit melanokratiní, granodiorit, Typ hornin: magmatit hlubinný, Mineralogické složení: biotit, amfibol, Zrnitost: středně zrnitá

metasomatická ortorula [ID: 1282]

Eratém: paleozoikum až proterozoikum, Horniny: ortorula, Typ hornin: metamorfít, Mineralogické složení: granát biotit, Oblast: moldanubická oblast (moldanubikum)

granulit [ID: 1163]

Eratém: paleozoikum až proterozoikum, Skupina: gföhlská skupina, Horniny: granulit, Typ hornin: metamorfít, Mineralogické složení: granát biotit, Barva: leukokratiní, Oblast: moldanubická oblast (moldanubikum)

granulit [ID: 1166]

Eratém: paleozoikum až proterozoikum, Skupina: gföhlská skupina, Horniny: granulit, Typ hornin: metamorfít, Mineralogické složení: pyroxen až hornblend, Oblast: moldanubická oblast (moldanubikum)

Legenda linií:

——— 2 , hranice zjištěná	----- 23 , zlom předpokládaný s tekt.brekcií	----- 28 , přesmyk předpokládaný
----- 3 , hranice pravděpodobná	——— 32 , zlom zakrytý	----- 29 , přesmyk předpokládaný s mylonit.
----- 4 , přechod litologický	——— 37 , zlom zakrytý se sklonem	——— 38 , přesmyk zakrytý
——— 5 , hranice sesuvných území	——— 36 , zlom zakrytý se sm. úklonou	——— 39 , přesmyk zakrytý s mylonit.
——— 12 , zlom zjištěný	——— 34 , zlom zakrytý s mylonit.	——— 42 , mylonitizovaná zóna
——— 17 , zlom zjištěný se sklonem	——— 35 , zlom zakrytý s pokl. krou	——— 43 , pásmo drcení
——— 16 , zlom zjištěný se sm. úklonou	——— 33 , zlom zakrytý s tekt. brekcií	——— 184 , zóna fytonitizace
——— 14 , zlom zjištěný s mylonit.	——— 21 , zlom násunový zjištěný	——— 44 , tektonika speciální
——— 15 , zlom zjištěný s pokl. krou	----- 31 , zlom násunový předpokládaný	----- 8 , žily žilné horniny - linie
——— 13 , zlom zjištěný s tekt. brekcií	——— 41 , zlom násunový zakrytý	----- 9 , žily žilné horniny - body
----- 22 , zlom předpokládaný	——— 20 , příkrov zjištěný	----- 153 , hranice prostoru těžebny
----- 27 , zlom předpokládaný se sklonem	----- 30 , příkrov předpokládaný	----- 60 , mapový list 1 : 50 000
----- 26 , zlom předpokládaný se sm. úklonou	——— 40 , příkrov zakrytý	——— 59 , státní hranice ČR
----- 24 , zlom předpokládaný s mylonit.	——— 18 , přesmyk zjištěný	——— 61 , linie formální
----- 25 , zlom předpokládaný s pokl. krou	——— 19 , přesmyk zjištěný s mylonit.	——— 82 , hranice k. metan. ostrá

3.2. MATERIÁL

Půdní vzorky z odběrových ploch se dělily podle hloubky odběru do 15 cm a do 30 cm. Vždy z každé plochy byly odebírány vzorky ze čtyř částí a to z každého rohu pomyslného čtverce o velikosti cca 1 m x 1 m (= odběrová plocha). Odběrové plochy byly celkem čtyři, jak je výše popsáno. Z každé plochy bylo tedy odebráno při každém odběru 8 vzorků, celkem tedy 32 vzorků z celkového počtu ploch. Všechny odebrané vzorky byly uloženy do sáčků s přesným popisem dané odběrové plochy a s datem odběru. V laboratoři byly následně ponechány volně schnout na vzduchu, aby byly připraveny k homogenizaci.

3.3. METODIKA

3.3.1. Příprava vzorku pro analýzu

Dobře vysušený vzorek se nejprve pomocí třecí misky s tloučkem rozdrtil na jemné části, odstranil se cizorodý materiál, poté se vzorek prošel přes plastové síto z materiálu polyethylen o velikosti ok 2 mm. Tímto se upravený vzorek zbavil větších částic (kamínky, větvičky, kořeny apod.). Takto upravený vzorek byl tímto procesem zhomogenizován a připraven tak pro analýzu.

3.3.2. Příprava kalibračních roztoků pro spektrofotometrické stanovení

Kalibrační roztoky se připravily odpipetováním příslušného objemu pracovního roztoku B (0,25 ml pracovního roztoku A se odpipetuje do 100 ml odměrné baňky a doplní deionizovanou vodou po rysku) přímo do silnostěnných zkumavek a doplnily se deionizovanou vodou do 1 ml. Pipetované objemy a výsledné koncentrace jsou uvedeny v tabulce č. 7.

koncentrace jodu	prac. roztok B	deion. voda
µg I/l	µl	µl
0	0	1000
10	40	960
20	80	920
50	200	800
100	400	600
150	600	400

Tabulka č. 7: Kalibrační řada pro stanovení jodu v půdách.

3.3.3. Laboratorní metody

3.3.3.1. Spektrofotometrické stanovení

Jedná se o metodu založenou na Sandell-Kolthoffově reakci a o Bednářovu variantu s alkalickou mineralizací a brucinen. Stanovuje se jod celkový.

Celý analytický proces trval 3 dny.

První den se do jedné silnostěnné zkumavky odměřil 1 ml kalibračního roztoku, do druhé zkumavky 1 ml vzorku vody a do třetí se navážilo 0,025 – 0,035 g zhomogenizovaného vzorku půdy. Poté se k němu přidal 1 ml 10% roztoku síranu zinečnatého, dále se přidal 1 ml 4M roztoku hydroxidu draselného. Vzorek se následně protřepal a přidalo se k němu několik krystalků chlorečnanu draselného. Takto připravený vzorek se nechal přes noc sušit v sušárně značky HS 62A při teplotě 115 °C.

Druhý den docházelo k žihání v elektrické muflové peci LM212 a to podle přesných kroků. Nejprve pomalu do 500 °C. Při teplotě 500 °C se žihalo po dobu 30 minut, dále následovalo pomalé žihání až k teplotě 600 °C, při této teplotě se žihání drželo po dobu 60 minut. Poté se vzorek vytáhl z muflové pece a nechal se chladit při laboratorní teplotě.

Třetí den se vzorek suspendoval v 6 ml vody pomocí tyčinky. Dále se nechal odstředit na 10 minut při 3000 otáčkách v centrifuze MLW T 52.1. Z čirého

supernatantu se odměřily dvakrát 2 ml mineralizátu do tenkostěnných zkumavek. Do každé z těchto zkumavek se přidaly 2 ml tzv. kyselé směsi (NaCl + voda + metaarsenitan + hydroxid draselný + zř. kys. sírová + voda). Poté se vzorek důkladně protřepal. Dále se nechal vzorek temperovat po dobu 10 minut při teplotě 4°C v ledové lázni. Po vyjmutí vzorku z ledové lázně se k němu přidaly 2 ml roztoku síranu amonno-cerického. Vzorek se opět protřepal a nechal opět temperovat při 40 °C po dobu 20 minut na vodní lázni VL – 32. Poté došlo na desetiminutové chlazení vzorku v ledové lázni. Dále se vzorek převrstvil 0,5 ml roztoku brucinu. Opět se vzorek důkladně protřepal a nechal temperovat při 105 °C 15 minut v sušárně. Dále následovalo volné chlazení při laboratorní teplotě cca po dobu 30 minut. Ihned po zchlazení se změřila absorbance při 430 nm na spektrofotometru značky SPECOL 11, jak kalibračního roztoku, tak i vzorků.

Vzhledem k tomu, že se jedná o nepřímou metodu stanovení, nemá závislost absorbance na koncentraci lineární průběh, ale exponenciální. Lineární kalibrační křivka se sestojí ze závislosti rozdílu logaritmů absorbancí slepého vzorku a kalibračního roztoku na koncentraci jodu v kalibračních roztocích (tj. $\log(A_0/A_i)$ je $f(c_i)$, kde A_i je absorbance kalibračního roztoku, A_0 je absorbance slepého vzorku a c_i je koncentrace jodu v kalibračním roztoku). Z takto získané kalibrační křivky se odečte obsah jodu ve vzorcích. Po přepočtu na navážku vzorku se výsledky vyjadřují v mg/kg resp. $\mu\text{g/g}$ (FIALA et al., 2009).

3.3.4. Lyzimetry

Lyzimetry představují moderní vysoce sofistikovaný nástroj na sledování přírodních zákonitostí a vztahů v systému půda – voda - rostlina – atmosféra (www.ekotechnika.cz/lyzimetry).

Lyzimetry umožňují přesné stanovení hydrologické bilance půdního profilu včetně aktuální evapotranspirace, studium kontaminace půdy různými chemikáliemi, pocházejícími z průmyslové a zemědělské výroby, studium vlivu rostlinného krytu a různých půdních typů na hydrologickou bilanci půdního profilu a celého povodí, dále pak modelování a prognózy stavu půdy při globálních klimatických změnách v neposlední řadě též lyzimetry poskytují důležitá vstupní data pro kalibraci matematických modelů, optimalizaci závlahových dávek a agrochemikálií (www.ekotechnika.cz/lyzimetry).

V našem případě jsme lyzimetry instalovali z důvodu zjišťování koncentrací jodu v lyzimetrických vodách a pro následující srovnání s obsahy jodu v půdách.

Lyzimetry na odběrových plochách v okolí osady Arnoštov na Prachaticku byly námi instalovány na jaře roku 2010.

3.3.5. Použité chemikálie

Při spektrofotometrickém stanovení jodu v půdě se používaly následující chemikálie a roztoky:

Hydroxid draselný (KOH), 4M: 22,44 ± 0,05 g KOH se rozpustí v 50 ml deionizované vody, převede do 100 ml odměrné baňky a po vytemperování doplní deionizovanou vodou po rysku.

Hydroxid draselný (KOH), 7%

Síran zinečnatý (ZnSO₄), 10%: 10 g ZnSO₄ se rozpustí v deionizované vodě, převede se do 100 ml odměrné baňky a doplní se deionizovanou vodou po rysku.

Chlorečnan draselný (KClO₃)

Síran ceričito-amonný dihydrát (NH₄)₄Ce(SO₄)₂·2H₂O

Arsenitan sodný (NaAsO₂), extra čistý

Brucin, 99%, bezvodý

Chlorid sodný (NaCl)

Směsný arsenitanový roztok (250 ml): 14,61 g NaCl se rozpustí v cca 50 ml deionizované vody, 1,63 g arsenitanu se rozpustí ve 5 ml 7% KOH. V 250 ml odměrné baňce se připraví zředěná kyselina sírová tak, že se 30 ml H₂SO₄ smísí se 100 ml deionizované vody. Připravený roztok NaCl a arsenitanu sodného se přidá ke zředěné H₂SO₄ a doplní deionizovanou vodou po rysku. Roztok je použitelný cca 10 dnů.

Rožtok síranu ceričito-amonného (250ml): 0,79 g síranu ceričito-amonného se rozpustí v cca 100 ml deion. vody, přidá se 20 ml koncentrované H₂SO₄ a směs se doplní deionizovanou vodou do 250 ml. Rožtok je použitelný cca 10 dnů.

Jodid draselný (KI)

Roztok brucinu: 500 ± 5 mg brucinu se v odměrné baňce 50 ml suspenduje v deionizované vodě, přidá se 0,6 ml kyseliny octové a po rozpuštění se roztok doplní deionizovanou vodou po rysku.

Zásobní roztok jodu ($c = 1 \text{ g.l}^{-1}$): $130,8 \pm 5$ mg jodidu draselného se rozpustí ve 40 ml deionizované vody, převede do 100 ml odměrné baňky a doplní deionizovanou vodou po rysku.

Pracovní roztok A ($c = 0,1 \text{ g.l}^{-1}$): připraví se desetinasobným zředěním zásobního roztoku jodu.

Pracovní roztok B ($c = 0,25 \text{ mg.l}^{-1}$; $0,25 \text{ } \mu\text{g.ml}^{-1}$): 0,25 ml pracovního roztoku A se odpipetuje do 100 ml odměrné baňky a doplní deionizovanou vodou po rysku.

4. VÝSLEDKY A DISKUZE

Během let 2009 a 2010 bylo provedeno celkem 5 odběrů pro studium obsahu jodu v půdě a to v termínech 8. 6. 2009, 22. 9. 2009, 21. 5. 2010, 24. 6. 2010 a 24. 9. 2010. Vždy z plochy 1, 2 a 3 po 8 vzorcích z každé plochy, ze dvou hloubek a čtyř rohů pomyslného čtverce o velikosti 1 m². Na ploše 4 (les) se vzorky neodebíraly pravidelně a počet vzorků z této plochy byl rovněž nepravidelný, většinou činil cca 6 vzorků, vždy podle půdních horizontů.

4.1. Výsledky obsahu jodu v půdě na ploše 1 (plocha sečená - louka)

4.1.1. Dílčí výsledky obsahů jodu v půdě na ploše 1

Na odběrové ploše 1 byly naměřeny hodnoty, které shrnují následující tabulky.

V červnu 2009 byly na odběrové ploše 1 naměřeny hodnoty obsahů jodu v půdě, které ukazuje tabulka č. 8. Lze z ní vypočítat, že v převážné většině jsou vyšší hodnoty obsahů jodu naměřeny v hlubším horizontu a to v rozmezí 16 – 30 cm.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	Obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
1	PL. 1 A (0-15)	0,220	neř.	148,1	0,0342	4,33
2	PL. 1 A (16-30)	0,258	řed. 1:2	268,6	0,0394	6,82
3	PL. 1 B (0-15)	0,221	řed. 1:2	295,4	0,0349	8,46
4	PL. 1 B (16-30)	0,254	řed. 1:2	271,4	0,0313	8,67
5	PL. 1 C (0-15)	0,245	neř.	139,0	0,0292	4,76
6	PL. 1 C (16-30)	0,292	řed. 1:2	245,0	0,0311	7,88
7	PL. 1 D (0-15)	0,274	neř.	128,7	0,0297	4,33
8	PL. 1 D (16-30)	0,222	neř.	147,3	0,0350	4,21

Tabulka č. 8: Obsahy jodu v půdě z plochy 1 ze dne 8. 6. 2009.

Při odběrech v září roku 2009 se zdají hodnoty obsahu jodu (viz tabulka č. 9) na ploše 1 nižší oproti hodnotám z jara. Rovněž lze usoudit, že hodnoty z hlubšího odběru jsou o něco vyšší v případě části plochy 1. A a 1. B.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
44	PL. 1 A (0-15)	0,246	neř.	105,8	0,0298	3,55
45	PL. 1 A (16-30)	0,189	neř.	143,3	0,0319	4,49
46	PL. 1 B (0-15)	0,218	neř.	132,6	0,0311	4,26
47	PL. 1 B (16-30)	0,190	neř.	143,0	0,0280	5,11
48	PL. 1 C (0-15)	0,216	neř.	133,0	0,0307	4,33
49	PL. 1 C (16-30)	0,242	neř.	124,0	0,0323	3,84
50	PL. 1 D (0-15)	0,220	neř.	131,9	0,0291	4,53
51	PL. 1 D (16-30)	0,250	neř.	121,2	0,0327	3,71

Tabulka č. 9: Obsahy jodu v půdě z plochy 1 ze dne 22. 9. 2009.

Následující tabulka ukazuje hodnoty naměřené v květnu 2010. Opět se setkáváme se situací, že ve třech ze čtyř případů je hodnota obsahu jodu v půdě vyšší v případě hlubšího odběru. Hodnoty jsou však nižší než na jaře předchozího roku.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
93	PL. 1 A (0-15)	0,208	neř.	101,7	0,0227	4,48
94	PL. 1 A (16-30)	0,119	neř.	136,4	0,0283	4,82
95	PL. 1 B (0-15)	0,126	neř.	133,5	0,0311	4,29
96	PL. 1 B (16-30)	0,099	neř.	144,9	0,0349	4,15
97	PL. 1 C (0-15)	0,177	neř.	113,2	0,0251	4,51
98	PL. 1 C (16-30)	0,177	neř.	113,2	0,0229	4,94
99	PL. 1 D (0-15)	0,140	neř.	127,7	0,0289	4,42
100	PL. 1 D (16-30)	0,137	neř.	128,9	0,0255	5,05

Tabulka č. 10: Obsahy jodu v půdě z plochy 1 ze dne 21. 5. 2010.

Tabulka č. 11 ukazuje hodnoty obsahů z června roku 2010. Z hodnot můžeme usuzovat mírný nárůst obsahů jodu v porovnání s předchozím měsícem.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
141	PL. 1 A (0-15)	0,090	neř.	118,9	0,023	5,17
142	PL. 1 A (16-30)	0,067	neř.	131,0	0,0277	4,73
143	PL. 1 B (0-15)	0,069	neř.	129,9	0,0251	5,17
144	PL. 1 B (16-30)	0,052	neř.	139,2	0,0253	5,50
145	PL. 1 C (0-15)	0,060	neř.	134,8	0,0295	4,57
146	PL. 1 C (16-30)	0,053	neř.	138,7	0,0297	4,67
147	PL. 1 D (0-15)	0,086	neř.	120,9	0,0225	5,37
148	PL. 1 D (16-30)	0,048	neř.	141,5	0,0262	5,40

Tabulka č. 11: Obsahy jodu v půdě z plochy 1 ze dne 24. 6. 2010.

Poslední tabulka této podkapitoly shrnuje hodnoty obsahů jodu v půdě, které byly odebrány v září roku 2010.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
170	PL. 1 A(0-15)	0,120	neř.	138,0	0,0243	5,68
171	PL. 1 A(16-30)	0,155	neř.	120,8	0,0255	4,74
172	PL. 1 B (0-15)	0,216	neř.	93,6	0,0208	4,50
173	PL. 1 B (16-30)	0,194	neř.	103,0	0,0251	4,10
174	PL. 1 C (0-15)	0,208	neř.	96,9	0,0244	3,97
175	PL. 1 C (16-30)	0,199	neř.	100,8	0,0246	4,10
176	PL. 1 D (0-15)	0,152	neř.	122,2	0,0218	5,61
177	PL. 1 D (16-30)	0,132	neř.	132,0	0,0233	5,67

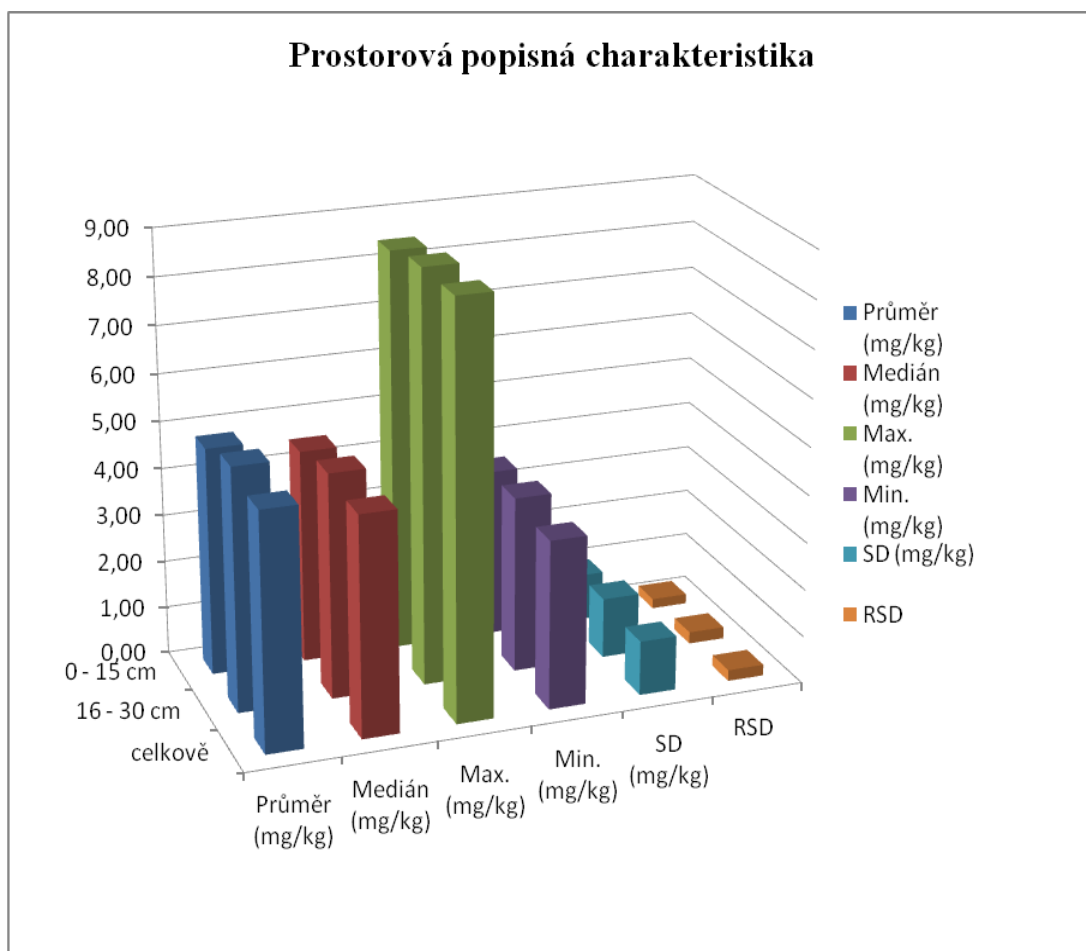
Tabulka č. 12: Obsahy jodu v půdě z plochy 1 ze dne 24. 9. 2010.

4.1.2. Popisná charakteristika výsledků obsahů jodu v půdách na ploše 1 (= kosená louka)

Následující údaje shrnují všechny hodnoty obsahů jodu z odběrové plochy 1. Jak lze vypočítat z tabulky č. 13 je zde průměrná hodnota všech obsahů a dále průměrné hodnoty všech obsahů dílčích hloubek odběrů s příslušnými statistickými hodnotami. Průměrná hodnota obsahu jodu v půdách plochy 1 činí $4,97 \pm 1,15$ mg I na kg suš. půdy. Zajímavostí je nejvyšší hodnota 8,67 mg I na kg suš. půdy.

Horizont	Průměr (mg·kg ⁻¹)	Medián (mg·kg ⁻¹)	Max. (mg·kg ⁻¹)	Min. (mg·kg ⁻¹)	SD (mg·kg ⁻¹)	RSD (%)
0 - 15 cm	4,81	4,51	8,46	3,55	0,99	20,49
16 - 30 cm	5,13	4,74	8,67	3,71	1,27	24,70
celkově	4,97	4,62	8,67	3,55	1,15	23,06

Tabulka č. 13: Celková popisná charakteristika obsahů jodu v půdě z plochy 1 za rok 2009 – 2010.



Graf č. 1: Prostorová popisná charakteristika hodnot z plochy 1 (=louka).

4.2. Výsledky obsahu jodu v půdě na ploše 2 (plocha sečená, spásána = pastvina)

4.2.1. Dílčí výsledky obsahů jodu v půdě na ploše 2

Stejně jako na předchozí ploše i na odběrové ploše č. 2 byly odebrány vzorky půd v pěti termínech. Jedná se o plochu, která je pravidelně jednou do roka sečená jinak je pastvinou pro skot, který je přikrmován též jodovanými doplňky krmiva.

Tabulka č. 14 ukazuje hodnoty obsahu jodu z června 2009. Ze zjištěných hodnot nelze usuzovat, zda je více jodu ve vyšším či nižším horizontu. Poněkud vyšší hodnoty byly naměřeny pouze v části plochy 2. A.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
10	PL. 2 A (0-15)	0,246	řed. 1:2	278,0	0,0326	8,53
11	PL. 2 A (16-30)	0,251	řed. 1:2	273,6	0,0334	8,19
12	PL. 2 B (0-15)	0,246	neř.	139,0	0,0311	4,47
13	PL. 2 B (16-30)	0,240	neř.	140,8	0,0349	4,03
14	PL. 2 C (0-15)	0,272	neř.	129,4	0,0326	3,97
15	PL. 2 C (16-30)	0,230	neř.	144,4	0,0326	4,43
16	PL. 2 D (0-15)	0,362	neř.	99,8	0,0321	3,11
17	PL. 2 D (16-30)	0,283	neř.	125,6	0,0316	3,97

Tabulka č. 14: Obsahy jodu v půdě z plochy 2 ze dne 8. 6. 2009.

Následující hodnoty byly zjištěny ze vzorků, které byly odebrány v září roku 2009. Hodnoty jsou víceméně vyrovnané.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
52	PL. 2 A (0-15)	0,252	neř.	120,5	0,0313	3,85
53	PL. 2 A (16-30)	0,270	neř.	114,4	0,0319	3,59
54	PL. 2 B (0-15)	0,251	neř.	120,9	0,0333	3,63
55	PL. 2 B (16-30)	0,242	neř.	124,0	0,0308	4,03
56	PL. 2 C (0-15)	0,235	neř.	126,4	0,0289	3,37
57	PL. 2 C (16-30)	0,320	neř.	98,2	0,0300	3,27
58	PL. 2 D (0-15)	0,306	neř.	102,6	0,0285	3,60
59	PL. 2 D (16-30)	0,311	neř.	101,0	0,0272	3,71

Tabulka č. 15: Obsahy jodu v půdě z plochy 2 ze dne 22. 9. 2009.

Tabulka č. 16. poukazuje na obsah jodu v půdních vzorcích, které byly odebrány v květnu následujícího roku. Hodnoty po 8 měsících od předchozího měření vypadají obdobně a rozdíly mezi jednotlivými hloubkami měření nejsou patrné.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
101	PL. 2 A (0-15)	0,224	neř.	96,0	0,0256	3,75
102	PL. 2 A (16-30)	0,176	neř.	113,6	0,0349	3,26
103	PL. 2 B (0-15)	0,178	neř.	112,8	0,0314	3,59
104	PL. 2 B (16-30)	0,147	neř.	124,9	0,0278	4,49
105	PL. 2 C (0-15)	0,158	neř.	120,5	0,0275	4,38
106	PL. 2 C (16-30)	0,193	neř.	107,2	0,0268	4,00
107	PL. 2 D (0-15)	0,176	neř.	113,6	0,0247	4,60
108	PL. 2 D (16-30)	0,197	neř.	105,7	0,0258	4,10

Tabulka č. 16: Obsahy jodu v půdě z plochy 2 ze dne 21. 5. 2010.

Následující hodnoty charakterizují obsah jodu ze vzorků odebraných o měsíc později, a to v červnu 2010. Z těchto hodnot můžeme vyzorovat opačný trend nežli u předchozích hodnot. Ve třech ze čtyř případů jsou vyšší hodnoty v horizontu od 0 do 15 cm. A dále také celkově jsou hodnoty vyšší oproti předchozímu měsíci. Možná lze příčinu přisuzovat pasoucímu se dobytku na této ploše, jejichž exkrementy mohou způsobovat dočasný zvýšený obsah jodu ve vyšších vrstvách této plochy.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
149	PL. 2 A (0-15)	0,063	neř.	133,2	0,0236	5,64
150	PL. 2 A (16-30)	0,064	neř.	132,6	0,0242	5,48
151	PL. 2 B (0-15)	0,061	neř.	134,3	0,0255	5,27
152	PL. 2 B (16-30)	0,063	neř.	133,2	0,0272	4,90
153	PL. 2 C (0-15)	0,080	neř.	124,1	0,024	5,17
154	PL. 2 C (16-30)	0,045	neř.	143,2	0,0251	5,71
155	PL. 2 D (0-15)	0,083	neř.	122,5	0,0231	5,30
156	PL. 2 D (16-30)	0,093	neř.	117,3	0,0297	3,95

Tabulka č. 17: Obsahy jodu v půdě z plochy 2 ze dne 24. 6. 2010.

Poslední tabulka s hodnotami z odběrové plochy č. 2 (= pastvina) je ze září 2010. Můžeme zde pozorovat určitý pokles hodnot obsahů jodu v půdách, což je možná spojeno s určitou sezónností či s pastvou dobytka na této ploše, jelikož tento trend, ubývání obsahů jodu z jara na podzim, můžeme pozorovat i v hodnotách z předchozího roku.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
178	PL. 2 A (0-15)	0,157	neř.	119,8	0,024	4,99
179	PL. 2 A (16-30)	0,132	neř.	132,0	0,0255	5,18
180	PL. 2 B (0-15)	0,220	neř.	91,9	0,0223	4,12
181	PL. 2 B (16-30)	0,246	neř.	81,5	0,0271	3,01
182	PL. 2 C (0-15)	0,199	neř.	100,8	0,0228	4,42
183	PL. 2 C (16-30)	0,176	neř.	111,0	0,0243	4,57
184	PL. 2 D (0-15)	0,246	neř.	81,5	0,0207	3,94
185	PL. 2 D (16-30)	0,261	neř.	75,8	0,0215	3,53

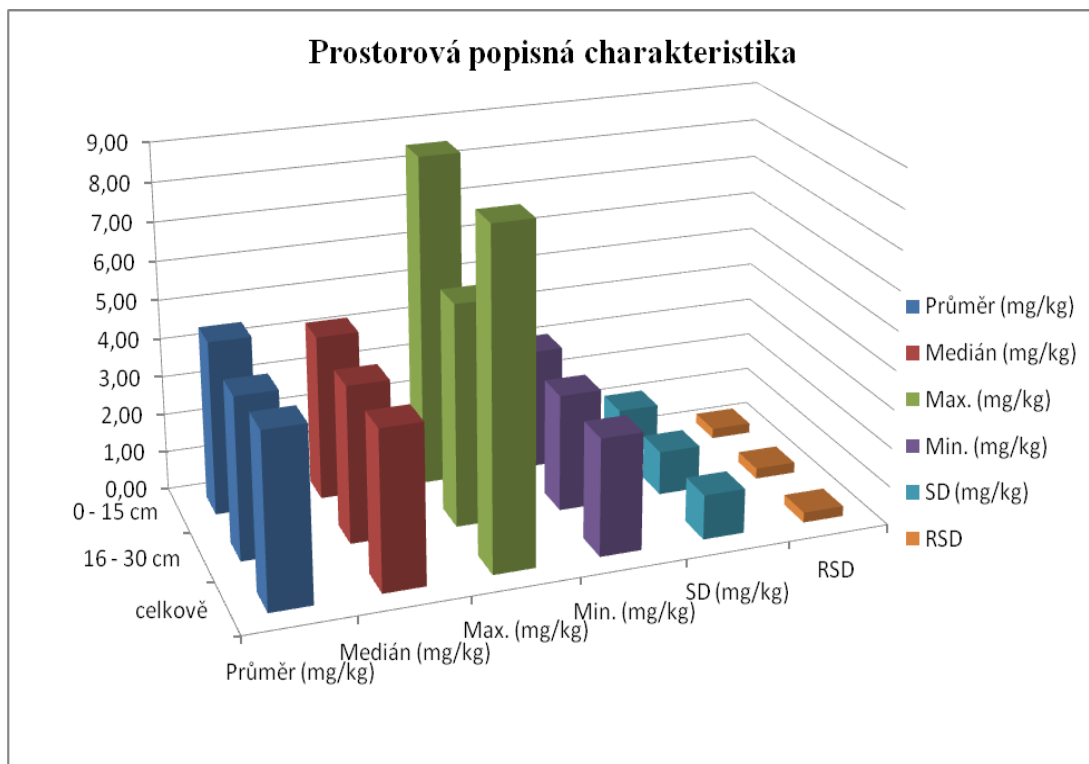
Tabulka č. 18: Obsahy jodu v půdě z plochy 2 ze dne 24. 9. 2010.

4.2.2. Popisná charakteristika výsledků obsahů jodu v půdě na ploše 2 (pastvina)

Následující tabulka a graf shrnují všechny hodnoty obsahu jodu z odběrové plochy 2 s příslušnými statistickými hodnotami. Průměrnou hodnotou obsahu jodu v půdě je $4,43 \pm 1,14$ mg I na kg suš. půdy, což je obdobné číslo jako u plochy 1. Nejvyšší naměřenou hodnotou obsahu na odběrové ploše 2 je 8,53 mg I na kg suš. půdy, což je opět podobná hodnota jako u předchozí plochy.

Horizont	Průměr ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Medián ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Max. ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Min. ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	SD ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	RSD (%)
0 - 15 cm	4,49	4,25	8,53	3,11	1,16	25,79
16 - 30 cm	4,16	4,03	5,71	3,01	1,13	27,11
celkově	4,43	4,07	8,53	3,01	1,14	25,83

Tabulka č. 19: Celková popisná charakteristika obsahů jodu v půdě z plochy 2.



Graf č. 2: Prostorová popisná charakteristika hodnot z plochy 2 (= pastvina).

4.3. Výsledky obsahu jodu v půdě na ploše 3 (plocha ladem, úhor)

4.3.1. Dílčí výsledky obsahů jodu v půdě na ploše 3

Na odběrové ploše č. 3 byly odebrány vzorky ve stejných termínech jako u předchozích ploch. Jedná se o plochu, která není sečená ani spásána hovězím dobyt看em.

Následující tabulka shrnuje hodnoty naměřené ve vzorcích odebraných v červnu 2009. U všech částí této odběrové plochy můžeme vyzorovat nepatrně větší hodnoty obsahů jodu v hlubším horizontu od 16 do 30 cm.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
18	PL. 3 A (0-15)	0,329	neř.	110,3	0,0299	3,69
19	PL. 3 A (16-30)	0,310	neř.	116,5	0,0293	3,97
20	PL. 3 B (0-15)	0,355	neř.	102,0	0,0301	3,39
21	PL. 3 B (16-30)	0,230	neř.	144,4	0,0319	4,53
22	PL. 3 C (0-15)	0,329	neř.	110,3	0,0307	3,59
23	PL. 3 C (16-30)	0,318	neř.	113,8	0,0304	3,74
24	PL. 3 D (0-15)	0,319	neř.	113,5	0,0290	3,91
25	PL. 3 D (16-30)	0,260	neř.	133,6	0,0317	4,21

Tabulka č. 20: Obsahy jodu v půdě z plochy 3 ze dne 8. 6. 2009.

Tabulka č. 21 ukazuje hodnoty obsahů jodu ze září roku 2009. Z celkového pohledu se hodnoty mohou zdát o trochu nižší než na jaře, i když v případě části plochy A a B u hlubšího odběru je tomu opačně.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
52	PL. 2 A (0-15)	0,252	neř.	120,5	0,0313	3,85
53	PL. 2 A (16-30)	0,270	neř.	114,4	0,0319	3,59
54	PL. 2 B (0-15)	0,251	neř.	120,9	0,0333	3,63
55	PL. 2 B (16-30)	0,242	neř.	124,0	0,0308	4,03
56	PL. 2 C (0-15)	0,235	neř.	126,4	0,0289	3,37
57	PL. 2 C (16-30)	0,320	neř.	98,2	0,0300	3,27
58	PL. 2 D (0-15)	0,306	neř.	102,6	0,0285	3,60
59	PL. 2 D (16-30)	0,311	neř.	101,0	0,0272	3,71

Tabulka č. 21: Obsahy jodu v půdě z plochy 3 ze dne 22. 9. 2009.

Hodnoty z jara následujícího roku se zdají být obdobné jako v předchozím roce a nelze na nich pozorovat větší změny.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
109	PL. 3 A (0-15)	0,180	neř.	112,0	0,029	3,86
110	PL. 3 A (16-30)	0,162	neř.	93,2	0,0245	3,80
111	PL. 3 B (0-15)	0,218	neř.	70,3	0,0207	3,40
112	PL. 3 B (16-30)	0,176	neř.	87,2	0,0249	3,50
113	PL. 3 C (0-15)	0,173	neř.	88,4	0,0218	4,10
114	PL. 3 C (16-30)	0,166	neř.	91,5	0,0266	3,44
115	PL. 3 D (0-15)	0,171	neř.	89,3	0,0215	4,15
116	PL. 3 D (16-30)	0,204	neř.	75,7	0,0204	3,71

Tabulka č. 22: Obsahy jodu v půdě z plochy 3 ze dne 21. 5. 2010.

Naměřené obsahy z následujícího měsíce – června téhož roku lze chápat jako o něco vyšší.

labor.číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
157	PL. 3 A (0-15)	0,097	neř.	115,3	0,0266	4,33
158	PL. 3 A (16-30)	0,097	neř.	115,3	0,024	4,80
159	PL. 3 B (0-15)	0,093	neř.	117,3	0,0273	4,30
160	PL. 3 B (16-30)	0,098	neř.	114,8	0,0271	4,24
161	PL. 3 C (0-15)	0,103	neř.	112,3	0,0252	4,46
162	PL. 3 C (16-30)	0,083	neř.	122,5	0,0297	4,12
163	PL. 3 D (0-15)	0,073	neř.	127,8	0,029	4,41
164	PL. 3 D (16-30)	0,102	neř.	112,8	0,0236	4,78

Tabulka č. 23: Obsahy jodu v půdě z plochy 3 ze dne 24. 6. 2010.

Vzorky odebrané v září roku 2010 obsahovaly méně jodu než ty v předchozích měsících, a proto můžeme usuzovat o určité sezónnosti výskytu jodu v půdách na dané ploše.

labor.číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
186	PL. 3 A (0-15)	0,333	neř.	51,4	0,0215	2,39
187	PL. 3 A (16-30)	0,288	neř.	66,1	0,0208	3,18
188	PL. 3 B (0-15)	0,286	neř.	66,8	0,0214	3,12
189	PL. 3 B (16-30)	0,328	neř.	53,0	0,0231	2,29
190	PL. 3 C (0-15)	0,283	neř.	67,8	0,0239	2,84
191	PL. 3 C (16-30)	0,335	neř.	50,8	0,0203	2,50
192	PL. 3 D (0-15)	0,259	neř.	76,5	0,0248	3,08
193	PL. 3 D (16-30)	0,180	neř.	109,2	0,0273	4,00

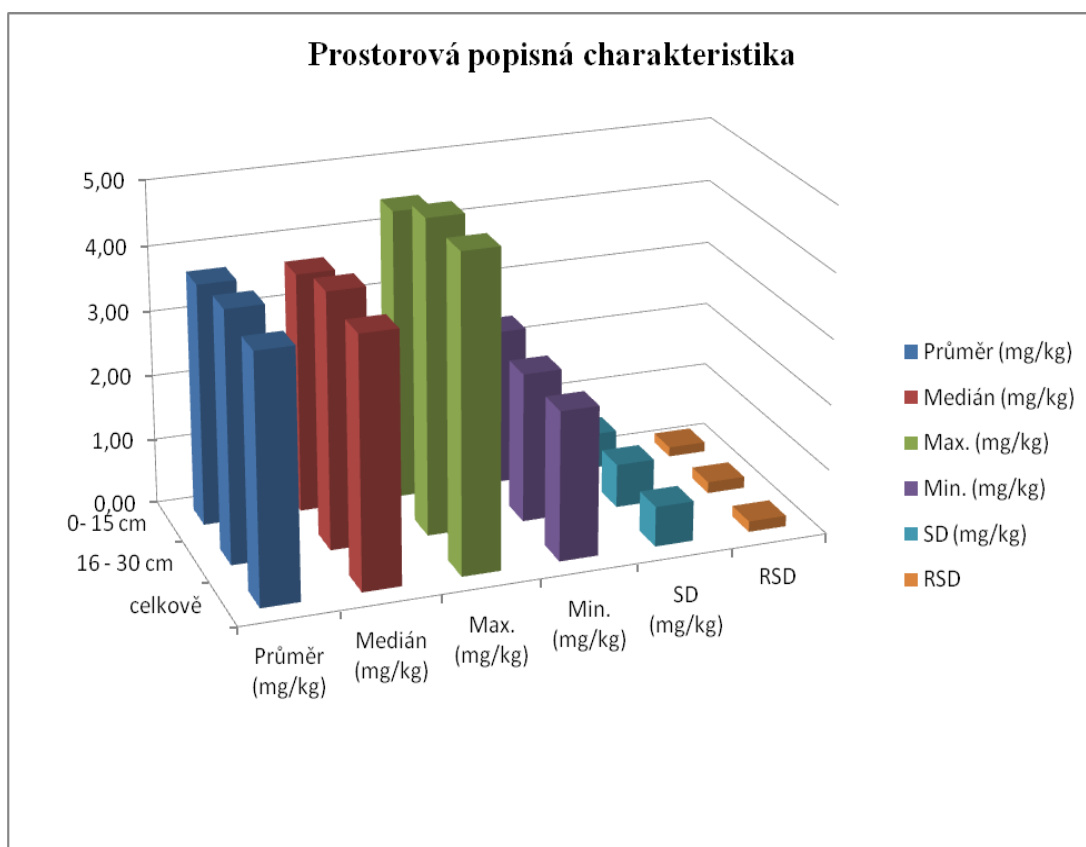
Tabulka 24: Obsahy jodu v půdě z plochy 3 ze dne 24. 9. 2010.

4.3.2. Popisná charakteristika výsledků obsahů jodu v půdě na ploše 3

Následující tabulka a graf shrnují všechny hodnoty obsahů jodu z odběrové plochy 3 s příslušnými statistickými hodnotami, přičemž zajímavostí je zde nejnižší hodnota, a to 2,29 mg I na kg půdy, která je nejnižší z těchto ploch v blízkosti osady Arnoštov.

Horizont	Průměr (mg·kg ⁻¹)	Medián (mg·kg ⁻¹)	Max. (mg·kg ⁻¹)	Min. (mg·kg ⁻¹)	SD (mg·kg ⁻¹)	RSD (%)
0- 15 cm	3,70	3,68	4,46	2,39	0,54	0,1472
16 - 30 cm	3,85	3,93	4,83	2,29	0,67	0,1733
celkově	3,78	3,83	4,83	2,29	0,61	0,1623

Tabulka č. 25: Celková popisná charakteristika obsahů jodu v půdě z plochy 3.



Graf č. 3: Prostorová popisná charakteristika hodnot z plochy 3.

4.4. Výsledky obsahu jodu v půdě na ploše 4 (les)

Na ploše 4 byly vzorky odebírány nepravidelně a ne podle přesných kritérií jako u předchozích odběrových ploch. Vzorky se neodebíraly z hloubky 0 – 15 cm a 16 – 30 cm, ale podle horizontů L, F, H, A1, A2 a A3. V některých případech byly vzorky odebírány podle předchozích jmenovaných horizontů, jindy jen v rámci některých či vůbec. Z lesní plochy byly odebírány vzorky ve čtyřech termínech pro rok 2009 a 2010 a to 8. 6. 2009, 21. 5. 2010, 24. 6. 2010 a 24. 9. 2010. Dále ještě ve dvou termínech v roce 2011, tato data nám posloužila pro porovnání časového průběhu obsahu jodu v povrchových humusových horizontech (L, F, H) lesní půdy u Arnoštova od roku 2009 do roku 2011 včetně.

4.4.1. Dílčí výsledky obsahů jodu v půdě na ploše 4

Tabulka č. 26 poukazuje na hodnoty obsahů jodu v půdách lesní plochy. Stojí za povšimnutí, že nejmenší hodnota je v horizontu L – opadanka, kdežto největší hodnota je naměřena v horizontu H – horizont povrchového humusu. Celkově hodnoty obsahů jsou v těchto lesních půdách nižší nežli na předchozích plochách, které se nenacházejí v lese.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
27	PL. 4 (L)	0,556	neř.	48,3	0,0305	1,58
28	PL. 4 les (F)	0,464	neř.	70,7	0,0311	2,27
29	PL. 4 les (H)	0,304	neř.	118,5	0,0282	4,20
30	PL. 4 les (A1)	0,395	neř.	89,9	0,0322	2,79
31	PL. 4 les (A2)	0,416	neř.	83,8	0,0305	2,74
32	PL. 4 les (A3)	0,356	neř.	101,7	0,0350	2,91

Tabulka č. 26: Obsahy jodu v půdě z plochy 4 ze dne 8. 6. 2009.

Při odebírání vzorků půd v květnu roku 2010, byly odebrány jen tři vzorky z kopané sondy. Horizont L, F, H byl odebrán jako jeden vzorek – tzv. povrchový humus, který obsahoval největší obsah jodu. Rovněž byl odebrán (pouze jedenkrát za všechny odběry) také horizont Bv – tzv. metamorfický horizont, v němž byly naměřeny jedny z nejnižších hodnot.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
117	PL. 4 L, F, H (0-5)	0,179	neř.	85,9	0,0224	3,83
118	PL. 4 Ah (5-20)	0,223	neř.	68,4	0,0243	2,81
119	PL. 4 Bv (40-50)	0,317	neř.	38,0	0,026	1,46

Tabulka č. 27: Obsahy jodu v půdě z plochy 4 ze dne 21. 5. 2010.

Při odběrech v červnu 2010 byly naměřeny nejnižší hodnoty opět u opadanky L a nejvyšší v horizontu H, stejně jako u vzorků z podzimu předchozího roku.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
165	PL. 4 les (A1)	0,153	neř.	88,8	0,0227	3,91
166	PL. 4 les (A2)	0,13	neř.	99,2	0,0255	3,89
167	PL. 4 les (L)	0,285	neř.	40,6	0,0285	1,42
168	PL. 4 les (F)	0,157	neř.	87	0,0288	3,02
169	PL. 4 les (H)	0,108	neř.	109,8	0,0249	4,41

Tabulka č. 28: Obsahy jodu v půdě z plochy 4 ze dne 24. 6. 2010.

Při posledních odběrech z lesní plochy v září 2010 byly ze vzorků naměřeny celkově vyšší hodnoty, s tím, že své prvenství měl opět horizont H, ovšem i v opadance L byly tentokrát naměřeny relativně vysoké hodnoty.

labor. číslo dle KVD	místo odběru	absorbance	ředění	výsledek ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	navážka (g)	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
194	PL. 4 les (L)	0,212	neř.	95,2	0,0224	4,25
195	PL. 4 les (F)	0,187	neř.	106,1	0,0219	4,84
196	PL. 4 les (H)	0,169	neř.	114,2	0,0232	4,92
197	PL. 4 les (A)	0,285	neř.	67,1	0,0266	2,43
198	PL. 4 les (A2)	0,263	neř.	75,0	0,0228	3,29
199	PL. 4 les (A3)	0,234	neř.	86,2	0,0234	3,68

Tabulka č. 29: Obsahy jodu v půdě z plochy 4 ze dne 24. 9. 2010.

Celkově z lesní plochy lze usuzovat, že nejvyšší hodnoty byly naměřeny opakovaně a pravidelně ve vzorcích půd z horizontu H tzv. humifikačního horizontu povrchového humusu. Tento fakt lze vysvětlit tím, že jod je v půdách ve větší míře vázán na organické složky, které se vyskytují v největším množství právě v humusové vrstvě. Naopak nejméně je ho v horizontu L tzv. opadance a ještě méně u podložního horizontu Bv z hloubky 40 – 50 cm. Nárůst obsahu jodu v opadu lze

vysledovat porovnáním obsahů z roku 2009 a 2010 a je velmi markantní u L – horizontu z 1,58 mg·kg⁻¹ sušiny v červnu roku 2009 na 4,25 mg·kg⁻¹ sušiny v září roku 2010, což lze možná vysvětlit spadem jodu po explozi sopky Eyjafjallajökull na Islandu.

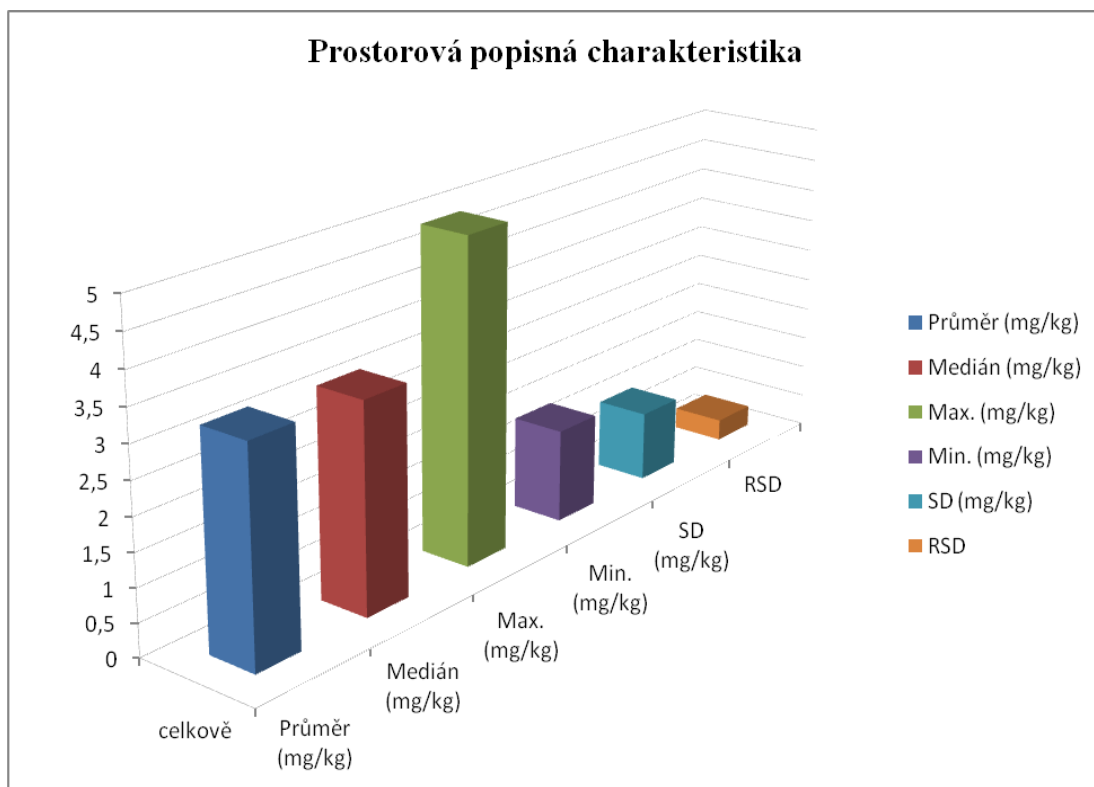
4.4.2. Popisná charakteristika výsledků obsahů jodu v půdě na ploše 4 (les)

Díky nepravidelnosti odebrání vzorků z různých horizontů na lesní ploše je v rámci této podkapitoly vytvořena jen jednoduchá popisná charakteristika výsledků obsahů jodu.

Horizont	Průměr (mg·kg ⁻¹)	Medián (mg·kg ⁻¹)	Max. (mg·kg ⁻¹)	Min. (mg·kg ⁻¹)	SD (mg·kg ⁻¹)	RSD (%)
celkově	3,23	3,16	4,92	1,42	1,06	0,3295

Tabulka č. 30: Celková popisná charakteristika obsahů jodu v půdě z plochy 4.

Maximální hodnota z této plochy činí 4,92 mg I na kg půdy. Nejnižší hodnotou je 1,42 mg I na kg půdy, která je zároveň absolutně nejnižší hodnotou naměřenou fotometrickou metodou při stanovování jodu v půdních vzorcích a to z půdy z podloží (40 – 50 cm).



Graf č. 4: Prostorová popisná charakteristika hodnot z plochy 4.

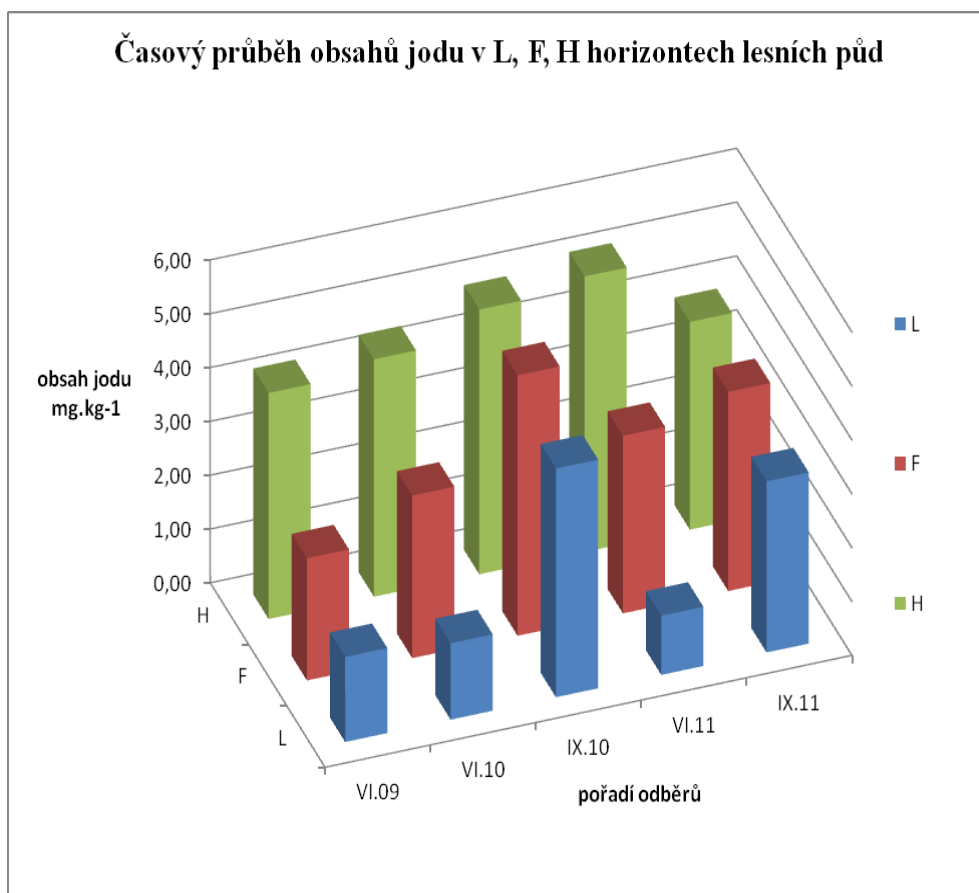
Následující graf poukazuje na časový průběh obsahu jodu v povrchových humusových horizontech (L, F, H) lesní půdy (odběrové plochy 4) u Arnoštova od roku 2009 do roku 2011 včetně. Pro tento účel zde máme také naměřené hodnoty z června a září roku 2011, které jsou shrnuty v tabulce č. 31 a 32.

labor.číslo dle KVD	místo odběru	obsah I (mg·kg ⁻¹)
240	PL. 4 (L)	1,10
241	PL. 4 les (F1)	2,37
242	PL. 4 les (F2)	4,22
243	PL. 4 les (H)	5,12
244	PL. 4 les (A1)	2,39
245	PL. 4 les (A2)	4,12

Tabulka č. 31: Hodnoty obsahů jodu na ploše 4 (les) z června 2011.

labor.číslo dle KVD	místo odběru	obsah I ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
1171/25	PL. 4 (L)	3,18
1171/26	PL. 4 les (F1)	2,80
1171/27	PL. 4 les (F2)	4,64
1171/28	PL. 4 les (H)	3,86
1171/29	PL. 4 les (A1)	5,26
1171/30	PL. 4 les (A2)	2,97

Tabulka č. 32: Hodnoty obsahů jodu na ploše 4 (les) ze září 2011.



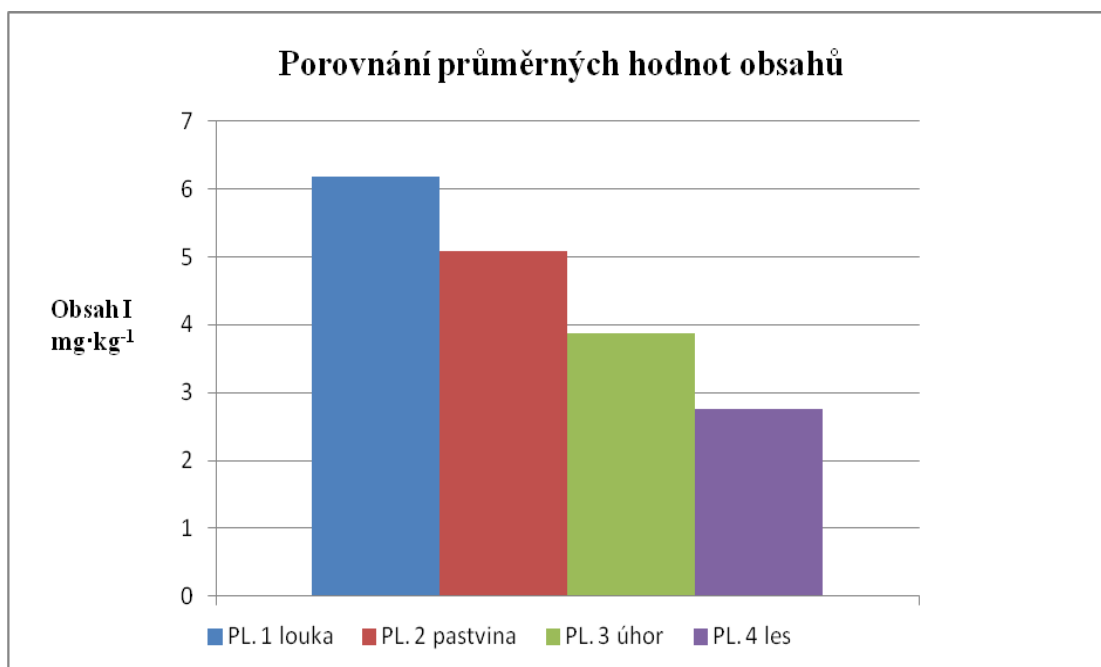
Graf č. 5: Časový průběh obsahu jodu v povrchových (L, F, H) humusových horizontech lesní půdy (PL. 4) od roku 2009 do roku 2011.

Z dat znázorněných v předchozím grafu č. 5 je zřejmý nárůst obsahu jodu ve všech povrchových vrstvách lesní půdy ze smrkového lesa od Arnoštova, který je nejvýraznější (až několikanásobný) v horizontech L a F. V roce 2011, který byl doplněn z výsledků KVD JU, došlo k poklesu obsahu jodu v půdě. Toto lze zřejmě také vysvětlit spadem jodu po explozi výše zmiňované sopky na Islandu.

4.5. Porovnání obsahu jodu v půdách mezi jednotlivými plochami

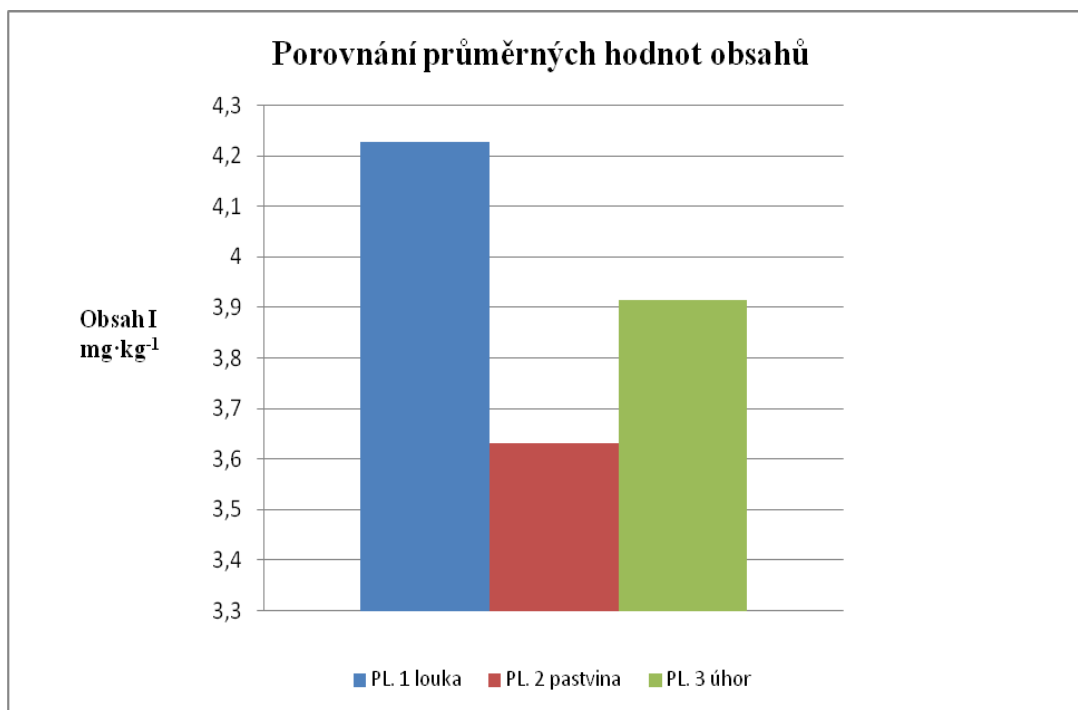
Následující grafy znázorňují průměrné hodnoty obsahů jodu v půdě z jednotlivých ploch bez rozdělení odběrových hloubek za období 2009 - 2010, tj. průměrná hodnota zahrnuje jak hodnoty z odběrů do 15 cm, tak i vzorky odebrané z hloubky do 30 cm.

Graf č. 6 znázorňuje průměrné hodnoty obsahů jodu v půdě jednotlivých odběrových ploch z června 2009. Jak lze vyčíst z grafu, nejvyšší průměrné hodnoty byly naměřeny ve vzorcích odebraných z plochy 1 – louky. Nejmenší hodnoty pak v lesních půdách.



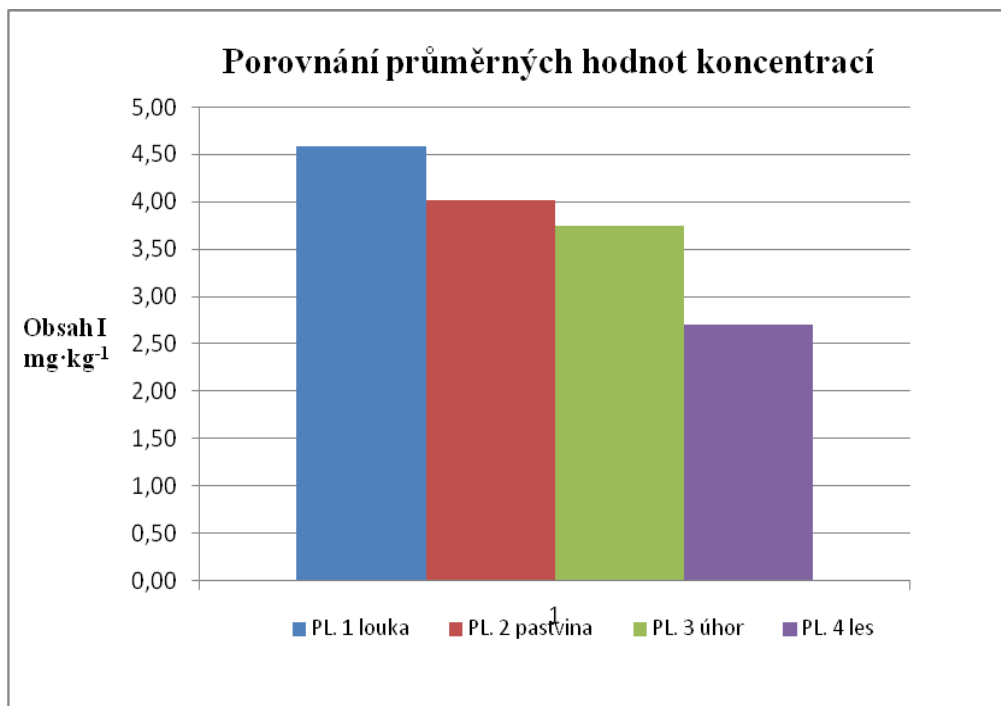
Graf č. 6: Porovnání průměrných hodnot obsahů jodu v půdě mezi jednotlivými odběrovými plochami naměřené dne 8. 6. 2009.

Z grafu č. 7 je patrné, že nejvyšší hodnoty obsahů jodu byly naměřeny opět na ploše 1. Nejnižší na odběrové ploše 2 – pastvině, v tomto případě byly hodnoty viditelně nižší nežli na jaře téhož roku. Hodnoty z lesní půdy pro tento datum nemáme k dispozici.



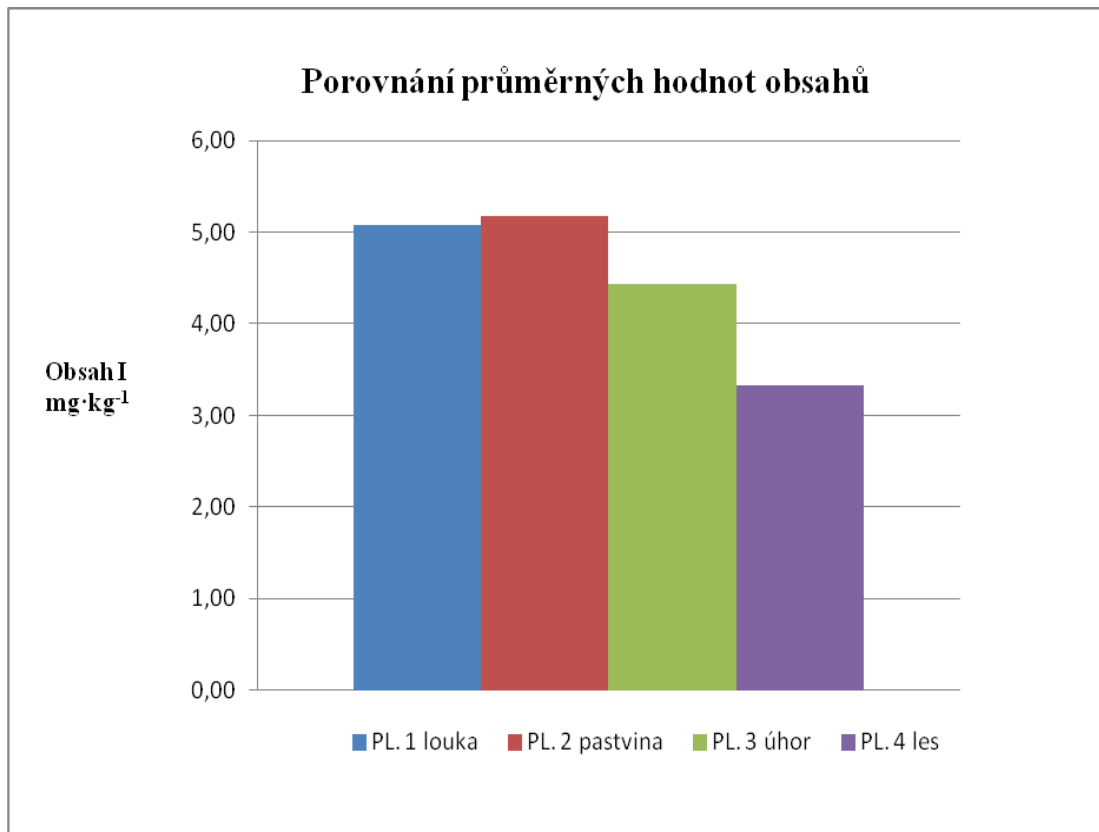
Graf č. 7: Porovnání průměrných hodnot obsahů jodu v půdě mezi jednotlivými odběrovými plochami naměřené dne 22. 9. 2009.

Následující graf ukazuje průměrné hodnoty obsahů jodu v půdě mezi jednotlivými odběrovými plochami z května roku 2010. Opět můžeme vyčíst z grafu, že nejvyšší hodnoty byly naměřeny v půdách louky – plochy 1, stejně jako u nejnižších hodnot z lesních půd – odběrová plocha 4.



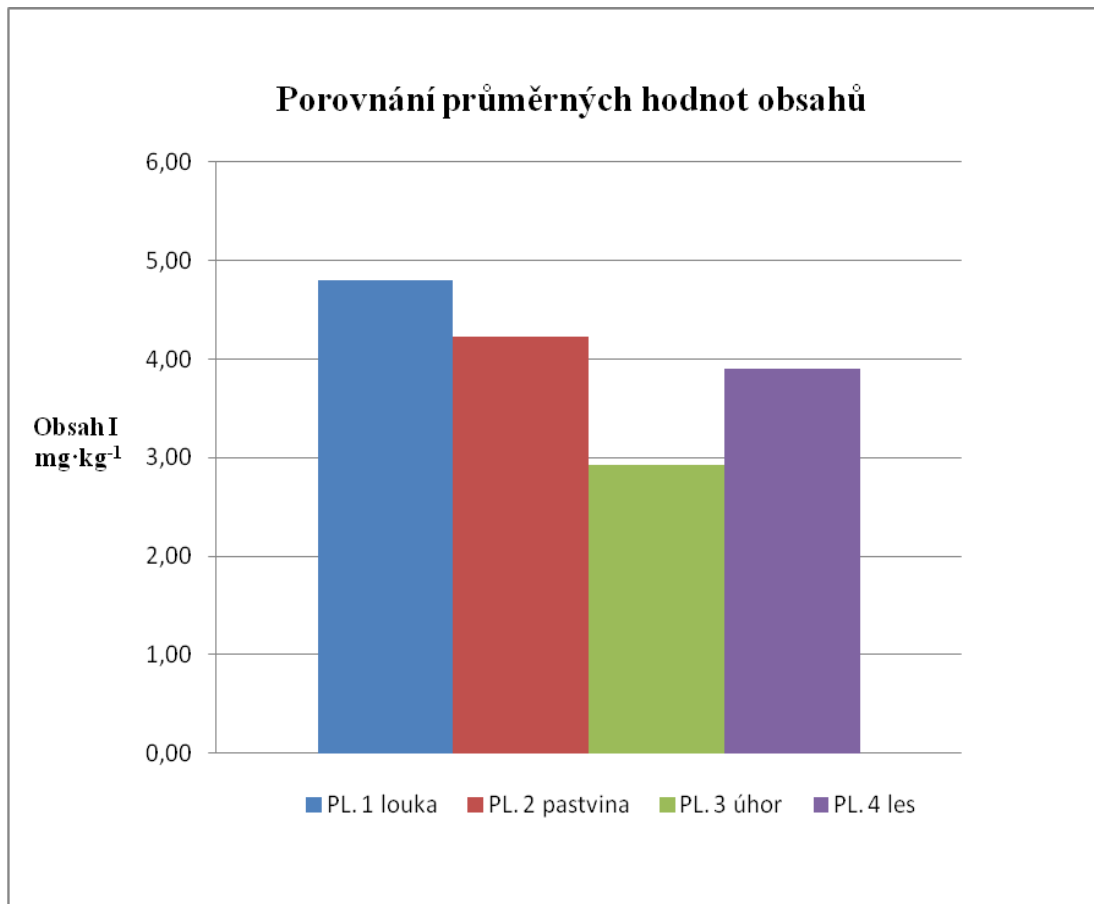
Graf č. 8: Porovnání průměrných hodnot obsahů jodu v půdě mezi jednotlivými odběrovými plochami naměřené dne 21. 5. 2010.

Z grafu č. 9 je patrné, že nejvyšší hodnoty byly naměřeny na pastvině – odběrová plocha 2, i když nijak výrazně vyšší oproti ploše 1. Rovněž vidíme značný nárůst obsahu jodu na této ploše oproti květnu téhož roku. Nejnížší hodnoty byly opět naměřeny ze vzorků lesních půd.



Graf č. 9: Porovnání průměrných hodnot obsahů jodu v půdě mezi jednotlivými odběrovými plochami naměřené dne 24. 6. 2010.

V posledním grafu této kapitoly jsou znázorněny hodnoty naměřené v září roku 2010. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny, stejně jako ve většině případech, na odběrové ploše 1 – louce. Nejnižší hodnoty pak nikoli v lesních půdách, ale na ploše 3 – plocha ladem.



Graf č. 10: Porovnání průměrných hodnot obsahů jodu v půdě mezi jednotlivými odběrovými plochami naměřené dne 24. 9. 2010.

Narozdíl od předchozích odběrů byl na ploše 4 (les) pozorován i v průměrných hodnotách markantní nárůst obsahu jodu zřejmě způsobený spadem po výbuchu islandské sopky. Velká listová plocha jehlic smrku na lesním pozemku patrně způsobuje i vyšší koncentrace jódu v podkorunových srážkách a stabilní humusový půdní horizont způsobuje i pevnější vazbu jódu na něj.

4.6. Výsledky hodnot koncentrací jodu v lyzimetrických vodách

Na jaře roku 2010 byly na všech odběrových plochách nainstalovány lyzimetry, sloužící k odběru lyzimetrických vod (= perkolátu).

Obdobně jako u vzorků půdy, byly pak pravidelně každý měsíc odebírány vzorky lyzimetrických vod ke stanovení koncentrace jodu.

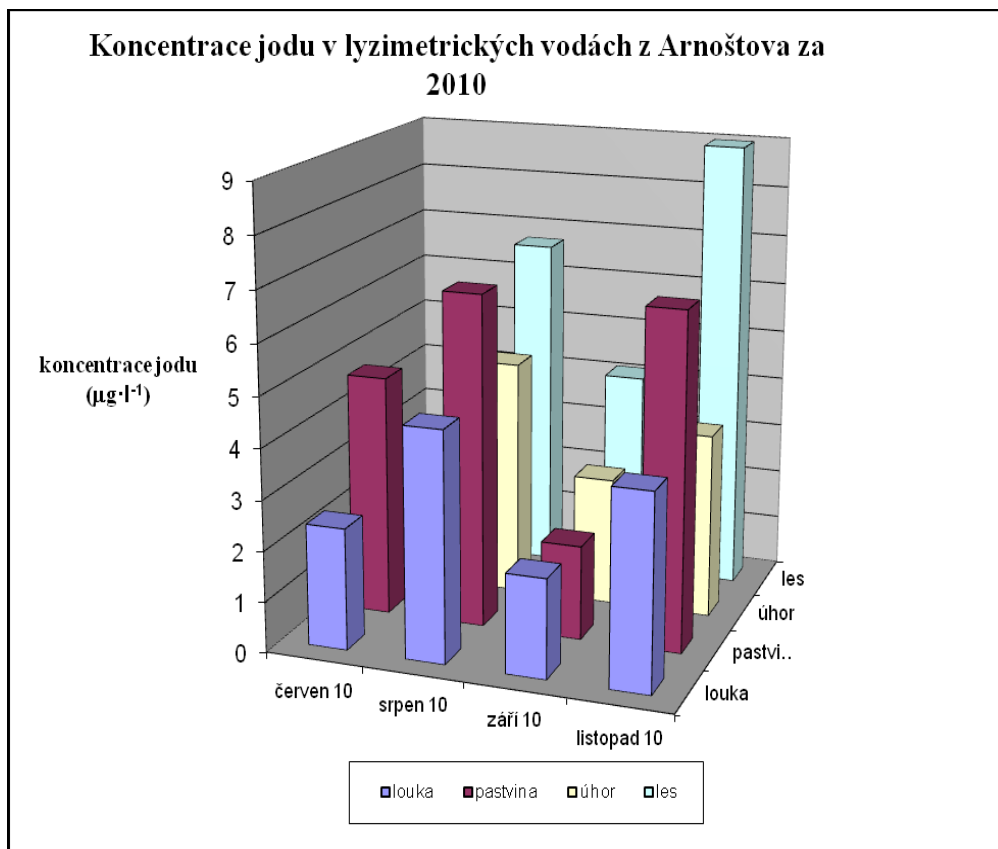
Následující tabulka znázorňuje koncentrace jodu v μg na litr vody v lyzimetrických vodách za rok 2010 a 2011 s průměrnými hodnotami a směrodatnou odchylkou.

2010	PL. 1 - louka	PL. 2 - pastvina	PL. 3 - úhor	PL. 4 - les
červen 10	2,41	4,78	2,05	n
srpen 10	4,55	6,61	4,72	6,7
září 10	1,96	1,87	2,55	4,1
listopad 10	3,85	6,65	3,67	8,98
průměr	<u>3,19</u>	<u>4,98</u>	<u>3,25</u>	<u>6,59</u>
SD	1,05	1,95	1,03	1,99
2011				
květen 11	1,4	4,53	1,21	3,95
červen 11	2,3	2,26	1,86	2,66
červenec 11	3,68	4,12	1,57	1,56
září 11	1,38	4,2	0,37	1,46
průměr	<u>2,19</u>	<u>3,78</u>	<u>1,25</u>	<u>2,41</u>
SD	0,94	0,89	0,56	1,01

Tabulka č. 33: Koncentrace jodu v lyzimetrických vodách z odběrových ploch 1 až 4.

Z tabulky je zřejmé, že celkově nejvyšší hodnoty byly naměřeny z plochy 4 (les) v roce 2010. Ovšem v roce 2011 byly hodnoty již značně nižší. Celkově vysoké hodnoty byly pravidelně naměřeny z plochy 2 – pastviny. Nejvyšší hodnota z roku 2010 činí $6,65 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, z roku 2011 $4,53 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Tento jev je zřejmě možné vysvětlit pasoucími se dobytky na této ploše. Relativně nízké hodnoty koncentrací jodu v lyzimetrických vodách byly naměřeny ve vzorcích z plochy č. 3 – plocha ladem a také na ploše č. 1 – louce.

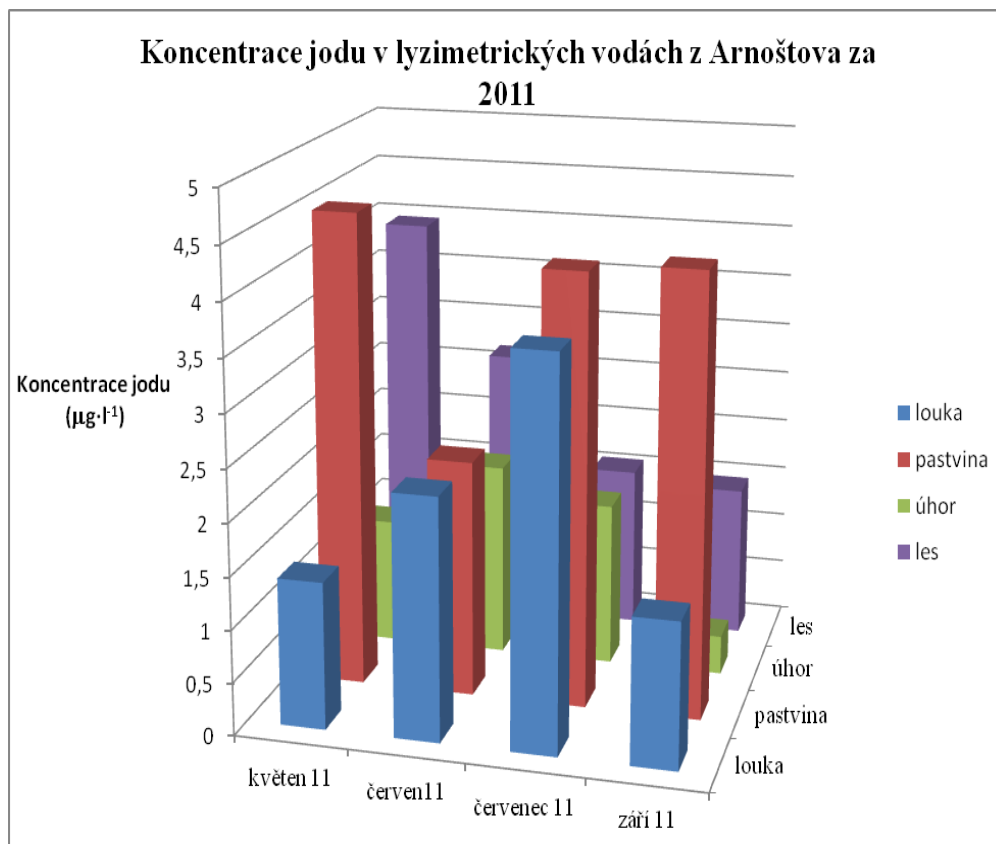
Následující graf ukazuje prostorovou distribuci obsahu jodu v lyzimetrických vodách za rok 2010.



Graf č. 11: Koncentrace jodu v lyzimetrických vodách za rok 2010.

Graf poukazuje na značně vysokou hodnotu koncentrace jodu v lyzimetrické vodě z listopadu 2010 a na relativně nižší hodnoty ze všech ploch ze září 2010.

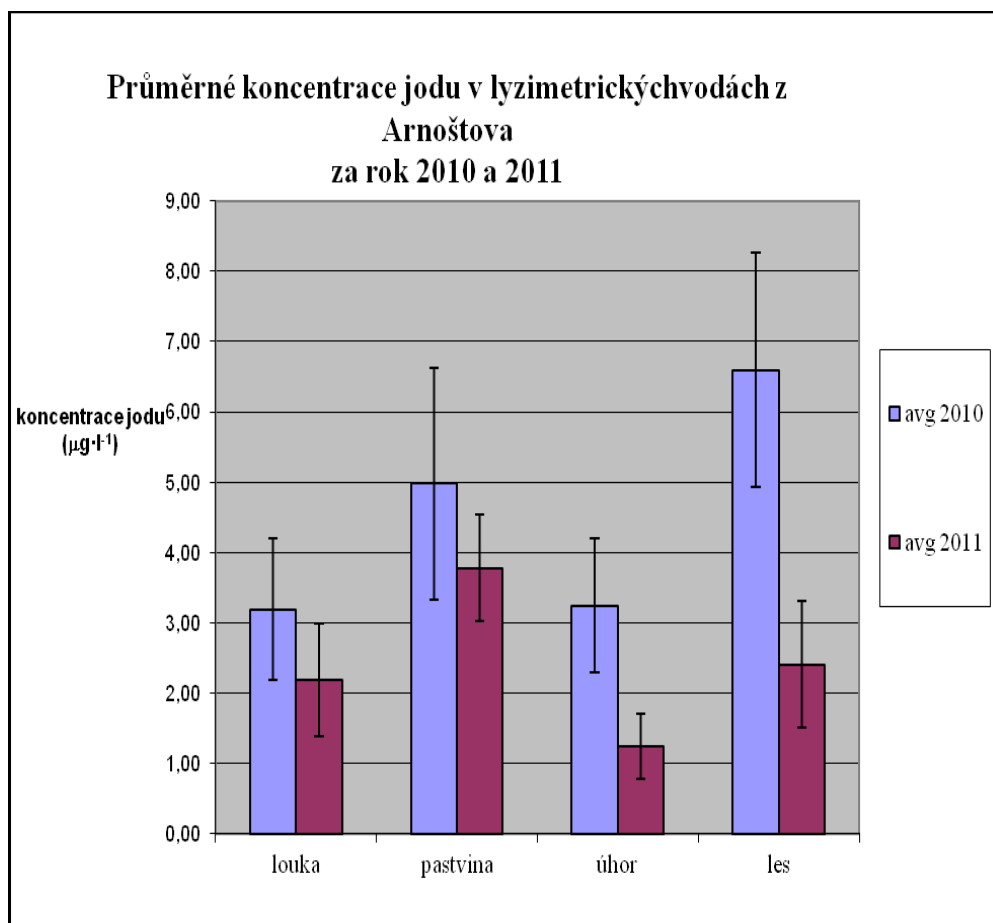
Graf č. 12 ukazuje prostorovou distribuci koncentrace jodu v lyzimetrických vodách za rok 2011.



Graf č. 12: Koncentrace jodu v lyzimetrických vodách za rok 2011.

Z grafu je zřejmé, že nejvyšší hodnoty jsou zjištěny z plochy č. 2 – pastviny. Nejnižší pak z plochy č. 3 – plocha ladem. Rovněž také hodnoty z plochy č. 4 nejsou tak vysoké jak byly v loňském roce.

Následující graf ukazuje průměrné koncentrace jodu v lyzimetrických vodách za rok 2010 a 2011.



Graf č. 13: Porovnání průměrných koncentrací jodu v lyzimetrických vodách za rok 2010 a 2011.

Legenda ke grafu: avg – aritmetický průměr

Na všech sledovaných plochách byl v letech 2010 – 2011 pozorován markantní pokles koncentrací jodu v lyzimetrických vodách. V případě plochy 3 (úhoru) a 4 (lesa) došlo dokonce k signifikantnímu několikanásobnému poklesu, který odpovídá vývoji obsahu jodu v povrchových horizontech půdy smrkového lesa. Tento pokles koncentrací jodu v lyzimetrických vodách lze opět vysvětlit spadem a postupným vymýváním jodu z půd po explozi sopky Eyjafjallajökul na Islandu.

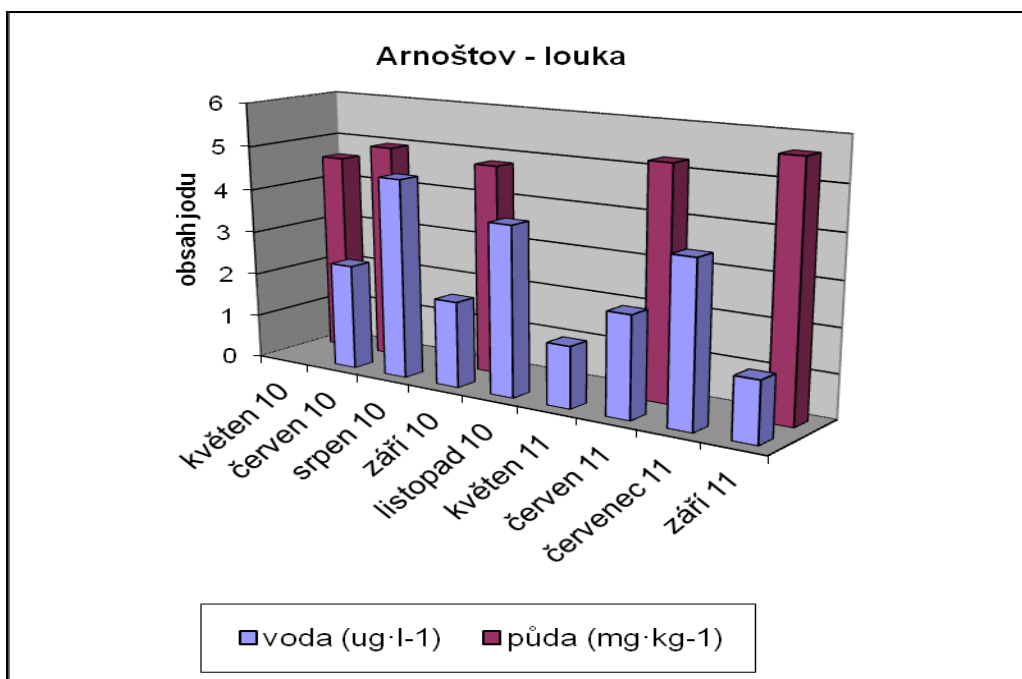
4.7. Srovnání hodnot obsahů jodu v půdách s koncentracemi jodu v lyzimetrických vodách

4.7.1. Arnoštov

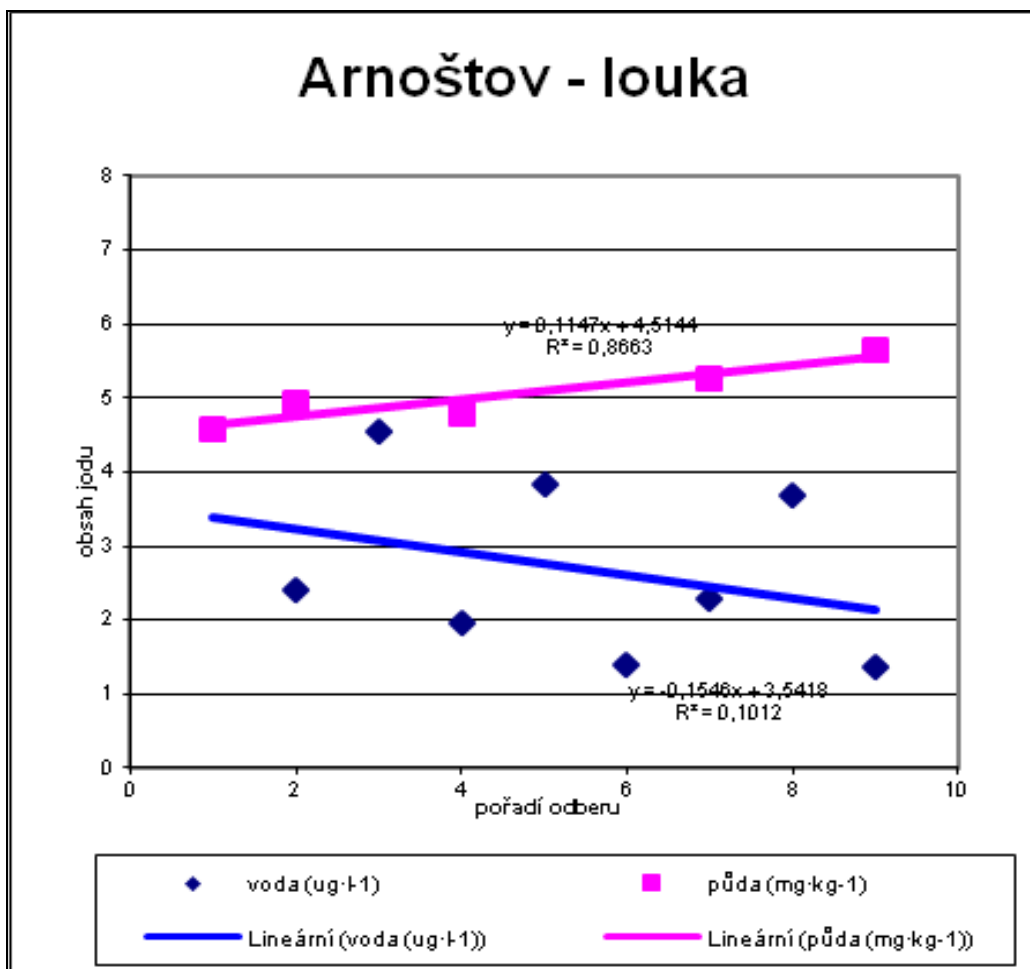
V následujících tabulkách a grafech jsou srovnány jednotlivé hodnoty obsahů jodu v půdách s koncentracemi jodu v lyzimetrických vodách z Arnoštova podle odběrových ploch. Nutno dodat, že odběrové plochy pro půdy jsou stejné jako odběrová místa, kde jsou instalovány lyzimetry pro odběr lyzimetrických vod.

PL. 1 - louka	voda ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	půda ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
květen 10	nebylo odebráno	4,58
červen 10	2,41	4,95
srpen 10	4,55	nebylo odebráno
září 10	1,96	4,79
listopad 10	3,85	nebylo odebráno
květen 11	1,4	nebylo odebráno
červen 11	2,3	5,25
červenec 11	3,68	
září 11	1,38	5,64

Tabulka č. 34: Porovnání hodnot koncentrací jodu lyzimetrických vod s obsahy jodu v půdách na ploše 1.



Graf č. 14: Časová variabilita koncentrací jodu v lyz. vodách a obsahů jodu v půdách na ploše 1.

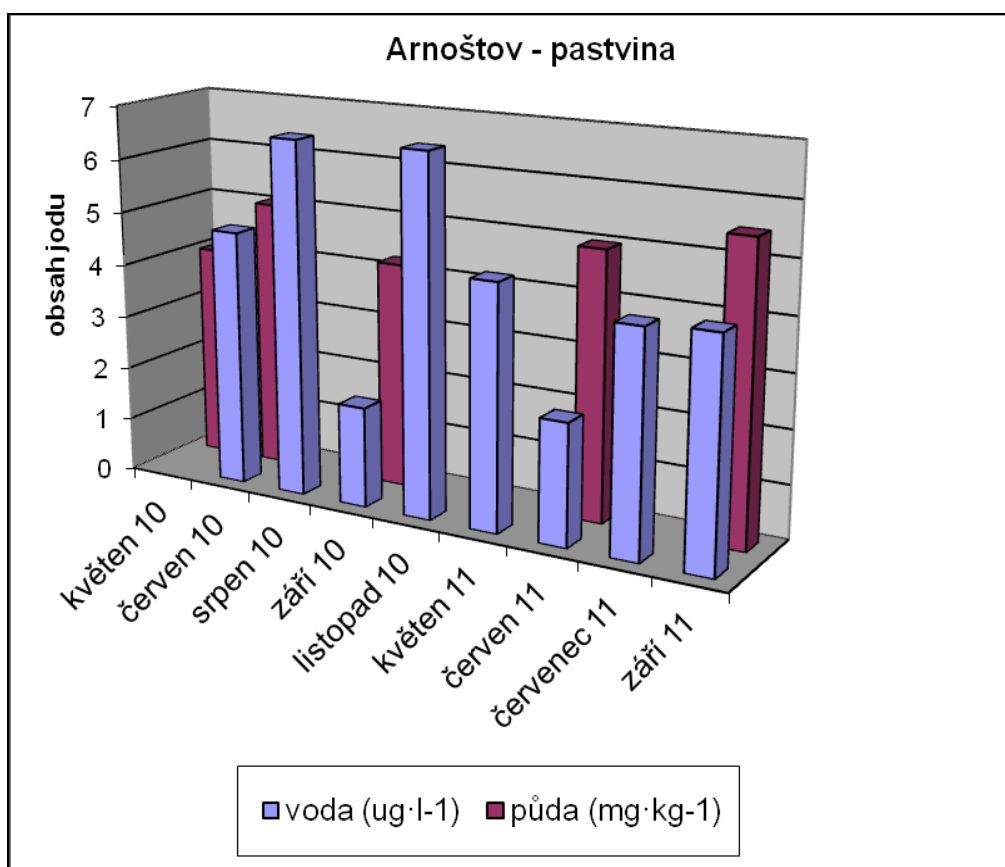


Graf č. 15: Časový průběh průměrných obsahů a koncentrací jodu v půdách a lyzimetrických vodách za 2010 – 2011 na odběrové ploše 1.

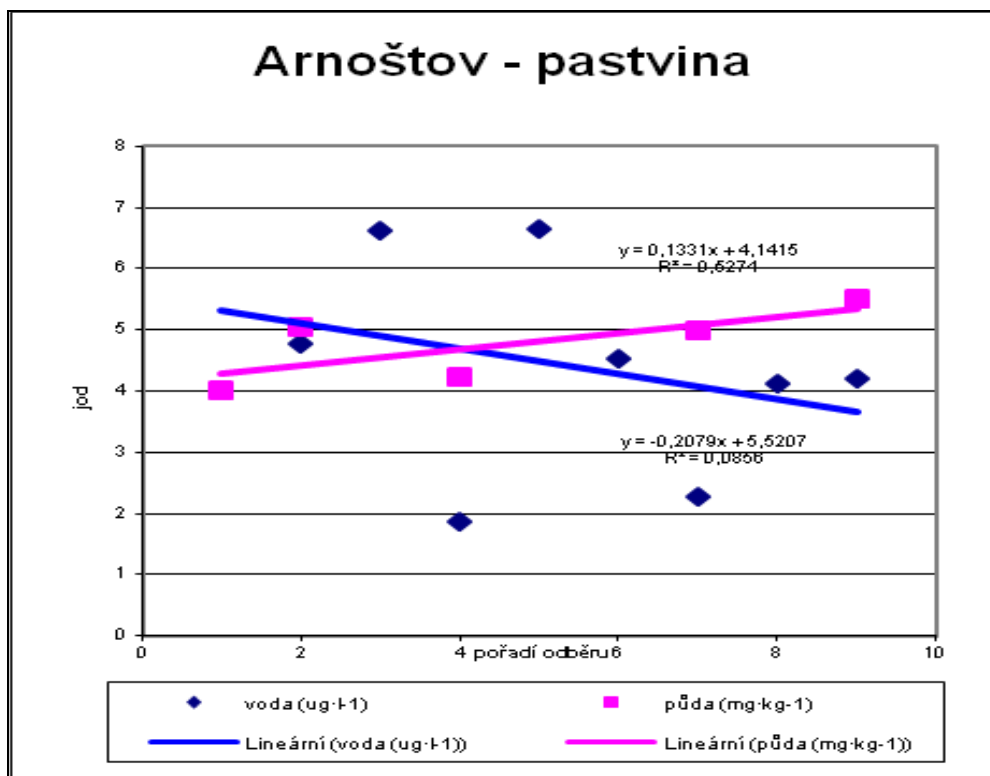
Z dat znázorněných v grafech č. 14 a 15 je zřejmá relativní stálost obsahu jodu v půdách během studovaného období 2010 – 2011, která však vykazovala velmi mírný nárůst v čase. Oproti tomu koncentrace jodu v lyzimetrických vodách se v čase značně měnila (od 1,38 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ do 4,55 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), což lze patrně vysvětlit sezónní variabilitou srážek a teplot, která zásadně ovlivňuje mikrobiální aktivitu půdy a tím i mobilitu jodu v ní.

PL. 2 - pastvina	voda ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	půda ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
květen 10	nebylo odebráno	4,02
červen 10	4,78	5,05
srpen 10	6,61	nebylo odebráno
září 10	1,87	4,22
listopad 10	6,65	nebylo odebráno
květen 11	4,53	nebylo odebráno
červen 11	2,26	4,98
červenec 11	4,12	nebylo odebráno
září 11	4,2	5,5

Tabulka č. 35: Porovnání hodnot koncentrací jodu lyzimetrických vod s obsahy jodu v půdách na ploše 2.



Graf č. 16: Časová variabilita koncentrací jodu v lyz. vodách a obsahů jodu v půdách na ploše 2.

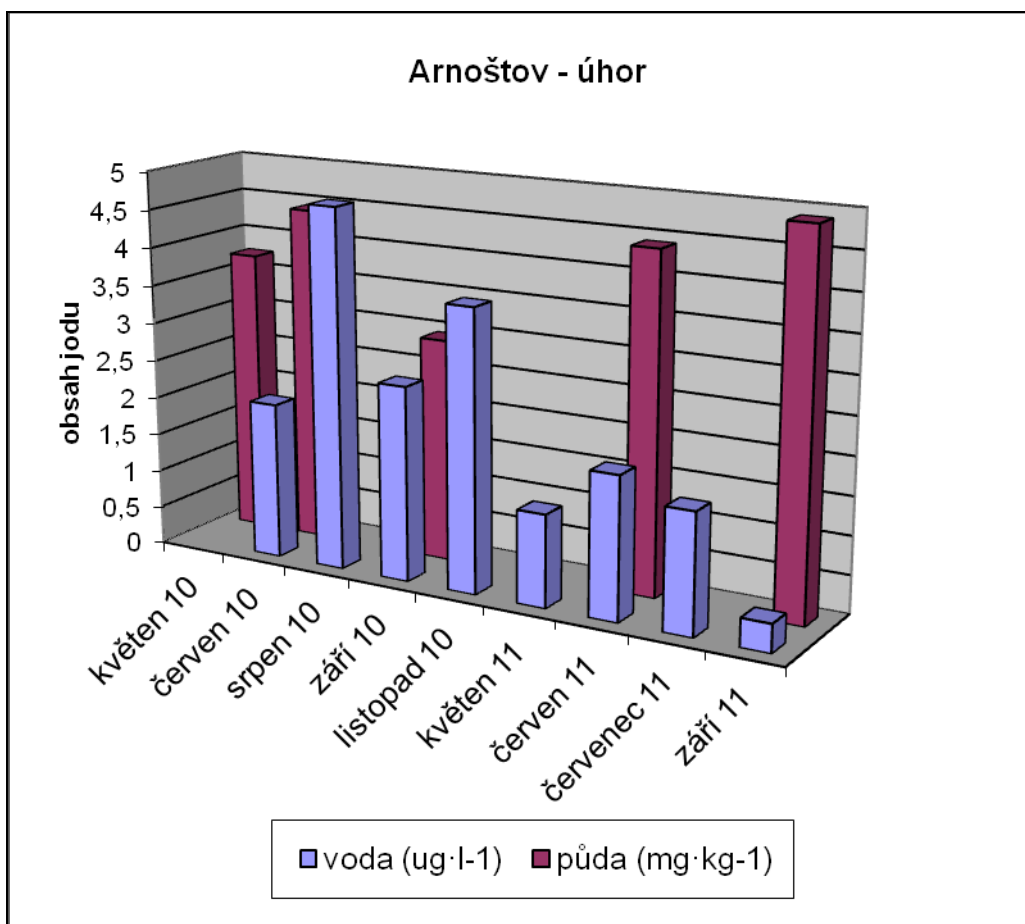


Graf č. 17: Časový průběh průměrných obsahů a koncentrací jodu v půdách a lyzimetrických vodách za 2010 – 2011 na odběrové ploše 2.

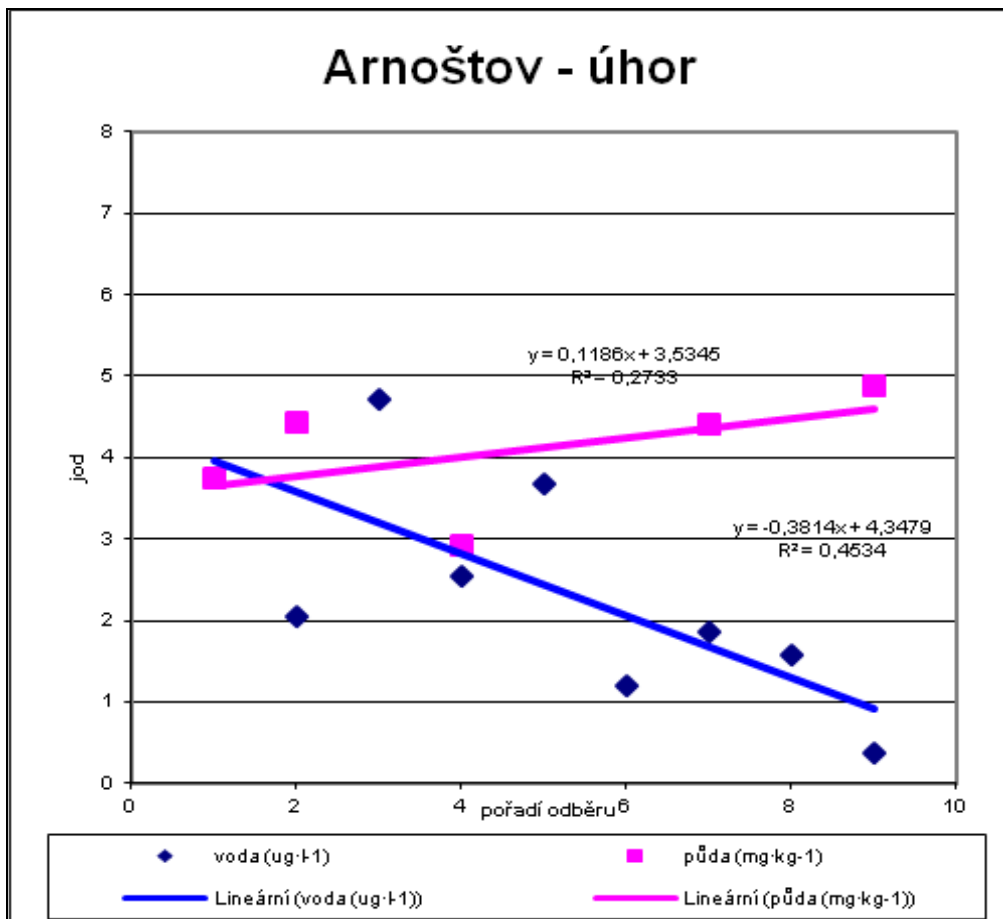
Trendy na odběrové ploše 2 (pastvině) jsou v zásadě stejné jako na odběrové ploše 1 (louka), ovšem variabilita koncentrace jodu v lyzimetrických vodách je mnohem větší.

PL. 3 - úhor	voda ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	půda ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
květen 10	nebylo odebráno	3,74
červen 10	2,05	4,43
srpen 10	4,72	nebylo odebráno
září 10	2,55	2,93
listopad 10	3,67	nebylo odebráno
květen 11	1,21	nebylo odebráno
červen 11	1,86	4,41
červenec 11	1,57	nebylo odebráno
září 11	0,37	4,89

Tabulka č. 36: Porovnání hodnot koncentrací jodu lyzimetrických vod s obsahy jodu v půdách na ploše 3.



Graf č. 18: Časová variabilita koncentrací jodu v lyz. vodách a obsahů jodu v půdách na ploše 3.



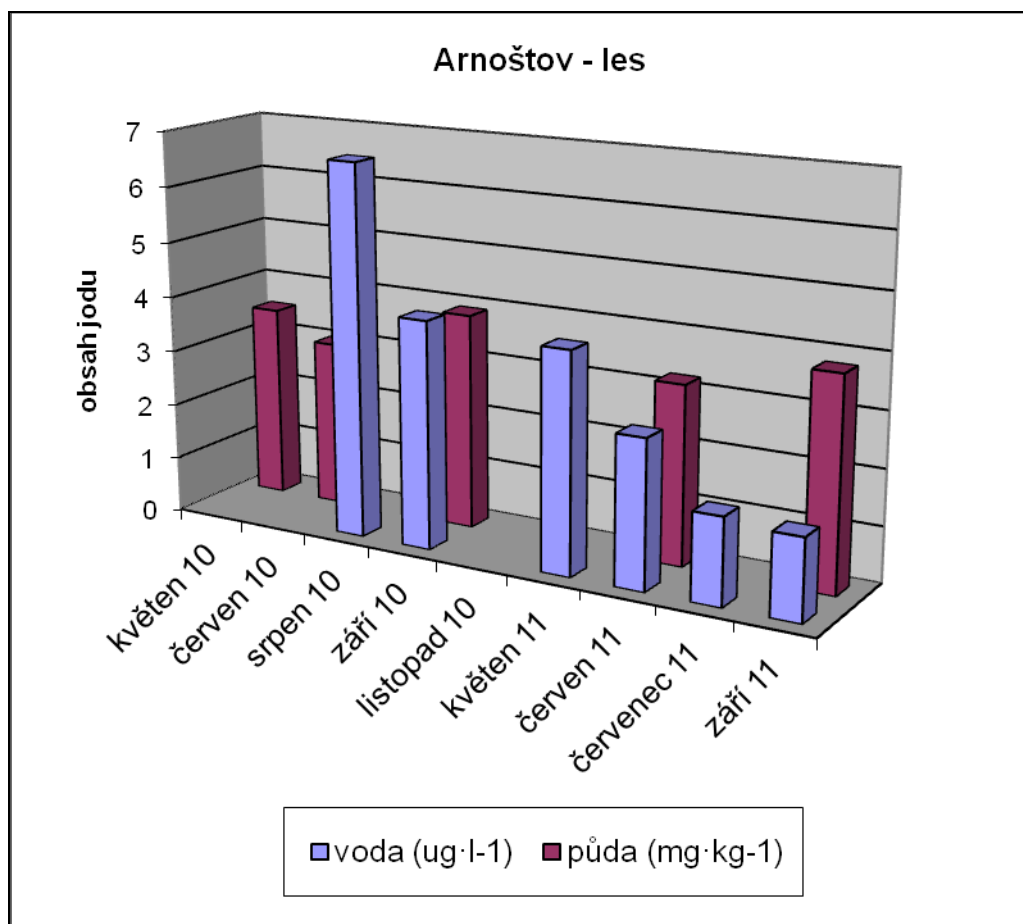
Graf č. 19: Časový průběh průměrných obsahů a koncentrací jodu v půdách a lyzimetrických vodách za 2010 – 2011 na odběrové ploše 3.

Trendy na odběrové ploše 3 (úhor) jsou v půdě v zásadě stejné, avšak obsah je nejnižší ze všech ploch na této lokalitě. Pokles koncentrace jodu v lyzimetrických vodách je zde naopak nejstrmější.

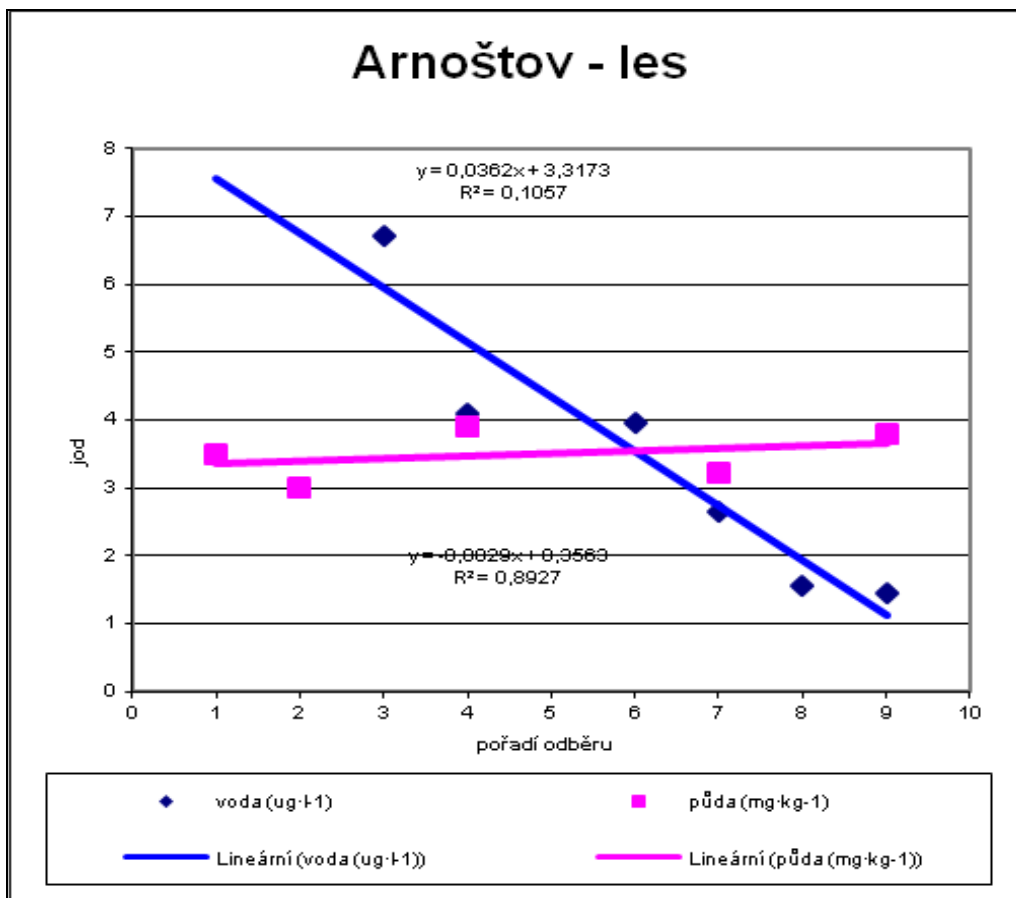
PL. 4 - les	voda ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	půda ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
květen 10	nebylo odebráno	3,5
červen 10	nebylo odebráno	3,01
srpen 10	6,7	nebylo odebráno
září 10	4,1	3,9
listopad 10		nebylo odebráno
květen 11	3,95	nebylo odebráno
červen 11	2,66	3,22
červenec 11	1,56	
září 11	1,46	3,79

Tabulka č. 37: Porovnání hodnot koncentrací jodu lyzimetrických vod s obsahy jodu v půdách na ploše 3.

pozn. prázdné políčko značí vyloučenou extrémní hodnotu $8,98 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (pro potřeby grafů).



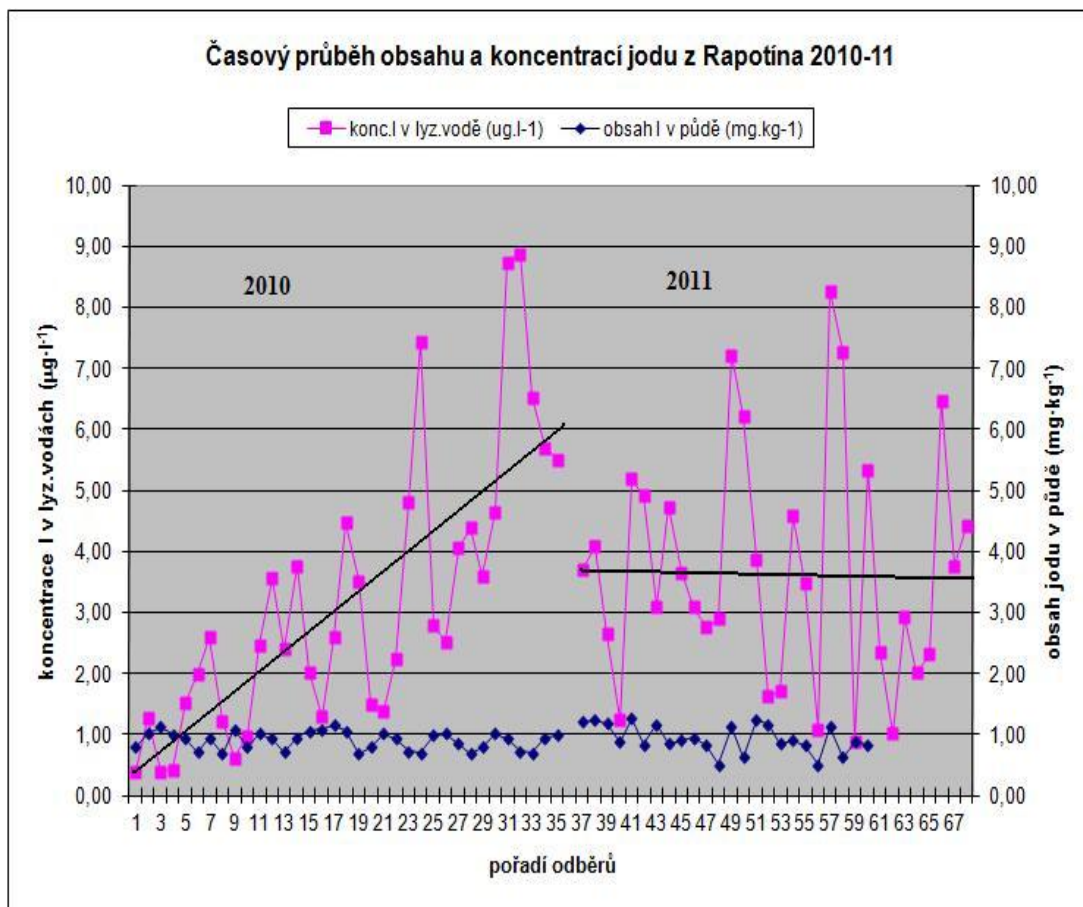
Graf č. 20: Časová variabilita koncentrací jodu v lyz. vodách a obsahů jodu v půdách na ploše 4 – smrkový les.



Graf č. 21: Časový průběh průměrných obsahů a koncentrací jodu v půdách a lyzimetrických vodách za 2010 – 2011 na odběrové ploše č. 4.

Trend obsahu jodu v půdách na ploše 4 (les) se mírně liší od předchozích ploch, nárůst obsahu jodu je zde nepatrný. Naopak trend v poklesu koncentrace jodu v lyzimetrických vodách je zde úplně nejstrmější. Tento pokles koncentrací jodu v lyzimetrických vodách z roku 2010 do roku 2011 zřejmě odráží situaci postupného vymývání „spadového“ jodu z vrchních vrstev půdy po výbuchu sopky na Islandu.

4.7.2. Rapotín



Graf č. 22: Časový průběh obsahů jodu v půdách a koncentrací jodu v lyzimetrických vodách z Rapotína za rok 2010 – 2011.

pozn. Data pro graf převzata z laboratoře Agrovýzkumu Rapotín.

Z grafu č. 22 je zřejmé, že obsah jodu v půdách Rapotína je několikanásobně (4x) nižší nežli v půdách z Arnoštova, avšak koncentrace jodu v lyzimetrických vodách je řádově srovnatelná s koncentracemi jodu v lyzimetrických vodách z Arnoštova.

Koncentrace jodu v lyzimetrických vodách v Rapotíně však vykazovala značné výkyvy a v roce 2010 měla strmě rostoucí trend, kdežto v roce 2011 mírně klesající. To tedy znamená, že i na této lokalitě se potvrdil podobný trend v koncentracích jodu v lyzimetrických vodách jako v Arnoštvě, což je překvapivé. Domníváme se, že vysvětlení tohoto trendu je pravděpodobně stejné jako v Arnoštvě, tedy vliv spadu jodu po explozi sopky na Islandu, který zde byl

markantnější. Půda na plochách Rapotína v podhůří Jeseníků však zřejmě nemá tak dobrou sorpční schopnost jako půdy od Arnoštova z podhůří Šumavy.

Na všech odběrových plochách z Arnoštova i z Rapotína je zřejmé, že obsah jodu v půdách je o tři řády vyšší (= 1000x) nežli v lyzimetrických vodách. Korelační analýzou všech dat (jak z Arnoštova, tak z Rapotína) byl vypočten korelační koeficient (-0,0927), který je nižší než limit pro korelaci (0,45). To zřejmě znamená, že neexistuje přímá příčinná souvislost mezi obsahem celkového jodu v půdě a jeho okamžitou koncentrací v lyzimetrických vodách (= perkolátu).

5. ZÁVĚR

Jedním z cílů práce byla optimalizace a aktualizace spektrofotometrického stanovení jodu v půdě. Optimalizovat a aktualizovat tuto metodu se v našich podmínkách (=katedra aplikované chemie ZF JU) nepodařilo, což bylo dáno velkou mírou kontaminace všech prostor a laboratoří katedry aplikované chemie jodem, který se zde používá v masivním měřítku k reakcím, a proto stanovení koncentrace touto velice citlivou metodou nešla provádět. Celý analytický proces se tedy musel provádět, jako doposud, na katedře veterinárních disciplin ZF JU. Nicméně novost metodického přístupu spočívá v komplexnosti shromážděných literárních údajů a v detailně zpracované metodice stanovení obsahu jodu v půdách.

Dalším cílem práce bylo získání vlastních vzorků a dat o koncentraci jodu v půdě.

Pro tento účel byly vybrány 4 odběrové plochy v okolí osady Arnoštov na Prachaticku. Jednalo se o tyto plochy: odběrová plocha č. 1 – louka, odběrová plocha č. 2 – pastvina, odběrová plocha č. 3 – úhor a odběrová plocha č. 4 – les. Byly zde porovnávány koncentrace jodu v horizontech lesních půd a ve dvou hloubkách odběru (0 – 15 cm, 16 – 30 cm) u ostatních ploch (louka, pastvina, úhor).

Největší koncentrace jodu v půdě byla naměřena ve vzorku z plochy 1(louka) z části B z hloubky 16 – 30 cm a to 8,67 mg I na kg půdy v červnu roku 2009. Nejnižší hodnota pak činila 1,42 mg I na kg půdy, z odběrové plochy č. 4 (les), z horizontu L s datem odběru červen 2010.

V případě odběrové plochy č. 1 (louka) byla nejvyšší hodnota koncentrace 8,67 mg I na kg půdy, z odběrové hloubky 16 – 30 cm z června roku 2009. Jedná se o celkově nejvyšší naměřenou hodnotu. Nejnižší hodnotou koncentrace jodu v půdě na této odběrové ploše byla hodnota 3,55 mg I na kg půdy z odběrové hloubky 0 – 15 cm s datem sběru 22. 9. 2009.

Co se týče odběrové plochy č. 2 (pastvina), nejvyšší hodnota činila 8,53 mg I na kg půdy, vzorek byl z části A odběrové hloubky 0 – 15 cm s datem sběru 8. 6. 2009. Nejnižší hodnota byla 3,01 mg I na kg půdy, z části B, z odběrové hloubky 16 – 30 cm s datem sběru 24. 9. 2010.

U odběrové plochy č. 3 (úhor) byla nejvyšší hodnota naměřena v červnu roku 2010, hodnota činila 4,83 mg I na kg půdy, jednalo se o vzorek z části plochy A, z odběrové hloubky 16 – 30 cm. Nejnižší hodnota byla naměřena z odběrů v září téhož roku, jednalo se o 2,29 mg I na kg půdy, z části plochy B odběrové hloubky 16 – 30 cm.

V případě odběrové plochy č. 4 (les) byla nejvyšší hodnota naměřena v září roku 2010 a to 4,92 mg I na kg půdy v horizontu H. Nejnižší hodnota pak byla 1,42 mg I na kg půdy a to z horizontu L s datem odběru vzorků 24. 6. 2010.

Dalším cílem diplomové práce bylo porovnání koncentrací jodu v půdách s koncentracemi jodu v lyzimetrických vodách na odběrových plochách v Arnoštově mezi sebou a dále s koncentracemi naměřenými v Ropotíně. Na všech sledovaných plochách byl v letech 2010 – 2011 pozorován markantní pokles koncentrací jodu v lyzimetrických vodách. V případě plochy 3 (úhoru) a 4 (lesa) došlo dokonce k signifikantnímu několikanásobnému poklesu, který odpovídá vývoji obsahu jodu v povrchových horizontech půdy smrkového lesa. Tento pokles koncentrací jodu v lyzimetrických vodách lze vysvětlit spadem a postupným vymýváním jodu z půd po explozi sopky Eyjafjallajökul na Islandu.

Ze znázorněných grafů je též zřejmá relativní stálost obsahu jodu v půdách, která však vykazovala velmi mírný nárůst v čase. Oproti tomu koncentrace jodu v lyzimetrických vodách se v čase značně měnila (od $1,38 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ do $4,55 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), což lze patrně vysvětlit sezónní variabilitou srážek a teplot, která zásadně ovlivňuje mikrobiální aktivitu půdy a tím i mobilitu jodu v ní.

Při srovnání obsahů jodu v půdách z Ropotína s obsahy jodu v půdách z Arnoštova bylo zjištěno, že obsah jodu v půdách z Arnoštova je několikanásobně (4x) vyšší nežli v půdách z Ropotína, avšak koncentrace jodu v lyzimetrických vodách je řádově srovnatelná s koncentracemi jodu v lyzimetrických vodách z Ropotína.

Koncentrace jodu v lyzimetrických vodách v Ropotíně však vykazovala značné výkyvy a v roce 2010 měla strmě rostoucí trend, kdežto v roce 2011 mírně klesající. To tedy znamená, že i na této lokalitě se potvrdil podobný trend

v koncentracích jodu v lyzimetrických vodách jako v Arnoštově, což by mohlo být vysvětleno vlivem spadu jodu po explozi sopky na Islandu.

Na všech odběrových plochách z Arnoštova i z Rapotína je zřejmé, že obsah jodu v půdách je o tři řády vyšší nežli v lyzimetrických vodách. Korelační analýzou všech dat vyšlo najevo, že zřejmě neexistuje přímá příčinná souvislost mezi obsahem celkového jodu v půdě a jeho okamžitou koncentrací v lyzimetrických vodách.

6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A DALŠÍCH ZDROJŮ INFORMACÍ

REMY H. (1971): Anorganická chemie 1. díl. 2. vydání. Praha, Státní nakladatelství technické literatury, 862 s.

COTTON F. A., WILKINSON J. (1973): Anorganická chemie, souborné zpracování pro pokročilé. 1. Vydání. Praha, Academia, 1102 s.

<http://www.celostnimediceina.cz/jod-v-otazkach-a-odpovedich.html>, staženo dne 25. 8. 2010

JOHANSON K. J. (2000): Technical Report: TR-00-21, Department of Forest Mycology and Pathology, The Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, p. 44.

FUGE R. (1996): Geochemistry of iodine in relation to iodine deficiency diseases. *Environmental Geochemistry and Health*, 113: 201 – 211.

KELLY F. C., SNEDDON W. W. (1960): Prevalence of Geographical distribution of endemic goitre. In: Endemic Goitre, Monograph Series, 44: 227 – 233. World Health Organization, Geneva.

WHO (1996): Trace Elements in Human Nutrition and Health. World Health Organization, Geneva.

OLIVER M. A. (1997): Soil and human health: a review. *European Journal of Soil Science*, 48: 573 – 592.

WHITEHEAD D. C. (1984): The distribution and transformation of iodine in the environment. *Environment International*, 10: 321 – 339.

WHITEHEAD D. C. (1973): Studies on iodine in British soils. *Journal of Soil Science*, 24: 200 – 270.

THORNTON I., WEBB J. S. (1979): Geochemistry and health in the United Kingdom. *Philosophical Transactions of the Royal Society London, B*, 288: 151 – 168.

Medical Research Council (1936): The Relationship of the Iodine Contents of Water, Milk and Pasture to the Occurrence of Endemic Goitre in two Districts in England. Special Report, Series No 217. His Majesty's Stationery Office, London.

EDMUNDS W. M., Smedley p. L. (1996): Groundwater geochemistry and health: an overview. *Environmental Geochemistry and health (Appleton et al.)*, London, 113: 91 – 105.

RAUTA C., CARSTEANU S. (1983): Prevenirea si combaterea poluarii solului. *Editura Ceres*, Bucuresti.

ZHANG X. (1987): The relationship between endemic diseases and trace elements in the natural environment of Jilin Province of China. In: Trace Substances in Environmental Health – XXI. Proceedings of the 21 st Annual Conference (ed. D. D. Hemphill), University of Missouri, Columbia, 381 – 391.

THILLY C. H., DELANGE F., ERMANS A. M. (1972): Further investigations of iodine deficiency in the etiology of endemic goitre. *American Journal of Clinical Nutrition*, 25: 30 – 40.

STEWART A. G., PHAROAH P. O. D. (1996): Clinical and epidemiological correlates of iodine deficiency disorders. *Environmental Geochemistry and Health (eds. J. D. Appleton et al.)*, London, 113: 223 – 230.

PHAROAH P. O. D. (1985): The epidemiology of endemic cretinism. In: The Endocrine System and the Environment (eds. B. K. Follet et al.), Springer – Verlag, Berlin, 315 – 322.

PLANT J. A. (1996): The role of geochemistry in environmental and epidemiological studies in developing countries: review. *Environmental Geochemistry and Health* (eds. J. D. Appleton et al.). Special Publication, Geological Society, London, 113: 7 – 22.

RAUTA C., CARSTEA S., MIBAILESCU A., LACATUSU R. (1986): Some aspects of pedogeochemical and biogeochemical research in Romania. *Proceedings of the First International Symposium on Geochemistry and Health* (ed. I. Thornton), 236 – 242.

FUGE R. (1987): Iodine in the environment: its distribution and relationship to human health. *Trace Substances in Environmental Health – XXI. Proceedings of the 21 st Annual Conference* (ed. P. D. Hemphill), 74 – 87. University of Missouri, Columbia.

ARTHUR J. R., BECKETT G. J. (1989): Selenium deficiency and thyroid hormone metabolism. *Selenium in Biology and Medicine* (ed. A. Wendel), 90 – 95.

VANDERPAS J. B., CONTEMPRE B., DUALE N. L., GOOSSENS W., BEBE N., THORPE R. et al. (1990): Iodine and Selenium deficiency associated with cretinism in Northern Zaire. *American Journal of Clinical Nutrition*, 52: 1087 – 1093.

HETZEL B. S., MABERLEY G. F. (1987): Iodine. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Volume 2, 5 th ed* (ed. W. Mertz), 139 – 208, Academic Press, Orlando, Florida.

MATOVINOVIC J. (1983): endemic goitre. *Annual Review of Nutrition*, 3: 341 – 412.

ŠIMEK M., Základy nauky o půdě – 1. Neživé složky půdy, skripta BF JU, 2005, str. 158.

FLEMING G. A. (1980): Essential micronutrients II: Iodine and selenium. *Applied Soil Trace Elements*, 199 – 215. Edited by B. E. Davies. John Wiley and Sons.

WHITEHEAD D. C. (1981): The volatilisation from soils and mixtures of soil of iodine added as potassium iodide. *J. Soil Sci.*, 32: 97 – 102.

OOSTERVELD J. I. (1976): The role of soils in the cycle of iodine in nature. Report EUR/C – IS/209/76e, s. 61. CEC (Euratom), Ispra. Italy

REINIGER P. (1977): Transfer of iodine in terrestrial ecosystems. Iodine – 129, Proceedings NEA specialist meeting, s. 117. OECD, Paris.

BRAUER F. P., STREBIN Jr. R. S. (1982): Environmental concentration and migration of ¹²⁹I. *Environmental migration of long – lived radionuclides. IAEA – SM – 257143*, 465 – 480.

KANTELO M. V., TIFFANY B., ANDERSON T. J. (1982): Iodine – 129 distribution in the terrestrial environment surrounding a nuclear fuel reprocessing plant after 25 years of operation. *Environmental migration of long – lived radionuclides. IAEA*, 495 – 500.

SCHüttelkopf h., pimpl m. (1982): Radioecological studies on plutonium and iodine – 129 in the surroundings of the Karlsruhe reprocessing plant. *Environmental migration of long – lived radionuclides. IAEA*, 395 – 413.

TICHOMIROV F. A., KASPAROV S. V., PRISTER B. S., SALNIKOV V. G. (1980): Role of organic matter in iodine fixation in soils. *Sovjet Soil Sci.*, 2: 54 – 62.

OKTAY S. D., SANTSCHI P. H., MORAN J. E., SHARMA P. (2000): The ¹²⁹Iodine bomb pulse recorded in Mississippi Rive Delta sediments: Results from isotopes of I, Pu, Cs, P band C. *Geochim. Cosmochim. Acta* 64: 989 – 996.

TANAKA K. (2012): Vertical profile of Iodine – 137 in soils in Fukushima Prefecture related to the Fukushima Daiichi Nuclear power Station Accident. *Geochemical Journal*, 46: 73 – 76.

<http://www.graystonelabs.com/home.html>, staženo 20. 5. 2010.

C. B. DISSANAYAKE R., CHANDRAJITH(2009): Introduction to Medical Geology, chapter 5: *Iodine Geochemistry and Health*.

www.journals.iucr.org/s/issues/2005/01/00/hi0109/hi0109fig1.html, staženo dne 25. 4. 2012.

RÄDLINGER G., HEUMANN K. G. (1998): Iodine determination in food samples using inductively coupled plasma isotope dilution mass spectrometry. *Anal. Chem.*, 70: 2221-2224. In: NIEDOBOVÁ E. (2006): Spektrální vlastnosti ICP výboje ve vakuové ultrafialové oblasti a jejich analytické využití. [Disertační práce]. Brno, 146 s. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta.

FECHER P. A., GOLDMANN I., NAGENGAST A. (1998): Determination of iodine in food samples by inductively coupled plasma spectrometry after alkaline extraction. *J. Anal. At. Spectrom.*, 13: 977-982. In: NIEDOBOVÁ E. (2006): Spektrální vlastnosti ICP výboje ve vakuové ultrafialové oblasti a jejich analytické využití. [Disertační práce]. Brno, 146 s. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta.

GÉLINAS Y., KRUSHEVSKA A., BARNES R. M. (1998): Determination of total iodine in nutritional and biological samples ICP-MS following their combustion within oxygen stream. *Anal. Chem.*, 70: 1021-1025. In: NIEDOBOVÁ E. (2006): Spektrální vlastnosti ICP výboje ve vakuové ultrafialové oblasti a jejich analytické využití. [Disertační práce]. Brno, 146 s. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta.

NIEDOBOVÁ E. (2006): Spektrální vlastnosti ICP výboje ve vakuové ultrafialové oblasti a jejich analytické využití. [Disertační práce]. Brno, 146 s., Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta.

NAOZUKA J., DA VEIGA M. A. M. S., OLIVEIRA P. V., OLIVEIRA E. (2003): Determination of chlorine, bromine and iodine in milk samples by ICP-OES. *J. Anal. At. Spectrom.*, 18: 917 – 921.

KNAPP G., MAICHIN B., FECHER P., HASSE S, SCHRAMEL P. (1998): Iodine determination in biological materials, Options for sample preparation and final determination. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 362: 508-513.

MACHÁT J. (2002): Interference v ICP spektrometrii při analýze biologických materiálů a příprava vzorků.[Doktorská disertační práce], Brno, Masarykova Univerzita, 147-166.

JOPKE P., BAHADIR M., FLECKENSTEIN, SCHUNG E. (1996): Iodine determination in plant materials. *Commun. Soil sci. Plant anal.*, 27: 741-751.

SANCHEZ L. F., SZPUNAR J. (1999): Speciation analysis for iodine in milk by sizeexclusion chromatography with inductively coupled plasma mass spectrometric detection (SEC-ICP-MS). *J. Anal. At. Spectrom.*, 14: 1697-1702.

FIEDLEROVÁ V. (1998): Spectrophotometric determination of iodine and its content and stability in selected food raw materials and products. *Czech J. Food Sci.*, 16: 163-167.

LEITERER M., TRUCKENBRODT D., FRANKE K. (2001): Determination of iodine species in milk using ion chromatographic separation and ICP-MS detection. *Eur. Food Res. Technol.*, 213: 150-153.

SCHWEHR K. A., SANTSCI P. H. (2003): Sensitive determination of iodine species, including organo-iodine, for freshwater and seawater samples using high performance liquid chromatography and spectrophotometric detection. *Anal. Chim. Acta*, 482: 59-71.

GU F., MARCHETTI A. A., STRAUME T. (1997): Determination of iodine in milk and oyster tissue samples using combustion and peroxydisulfate oxidation. *Analyst*, 122: 535-537.

MURAMATSU Y., YOSHIDA S. (1995): Volatilization of methyl iodide from the soil-plant system. *Atmospheric Environment*, 29: 21-25.

RAO R. R., CHATT A. (1991): Microwave acid digestion and preconcentration neutron activation analysis of biological and diet samples for iodine. *Anal. Chem.*, 63: 1298-1303.

HOU X., CHAI CH., QIAN Q., LI CH., WANG K. (1997): Determination of bromine and iodine in biological and environmental materials using epithermal neutron activation analysis. *Fresenius, J. Anal. Chem.*, 357: 1106-1110.

HOU X., CHAI CH., QIAN Q., YAN X., FAN X. (1997): Determination of chemical species of iodine in some seaweeds (I). *The Science of Total Environment*, 204: 215-221.

GÉLINAS Y., IYENGAR G. V., BARNES R. M. (1998): Total iodine in nutritional and biological reference materials using neutron activation analysis and inductively coupled plasma mass spectrometry. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 362: 483-488.

HOU X., FENG X., QIAN Q., CHAI CH. (1998): A study of iodine loss during the preparation and analysis of samples using ^{131}I tracer and neutron activation analysis. *Analyst*, 123: 2209-2213.

SOUZA G. B., CARRILHO E. N. V. M., OLIVEIRA C.V., NOGUEIRA A. R. A., NÓBREGA J. A. (2002): Oxygen bomb combustion of biological samples for inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B*, 57: 2195-2201.

ŠEDA M., ŠVEHLA J. A KOL. (2011): Optimalizace stanovení stopových koncentrací jodu v povrchových vodách metodou ICP-MS, *Chem. listy* 105: 538 – 541.

FIALA K., GENČUROVÁ V., TRÁVNÍČEK J., ŠVEHLA J., KRHOVJÁKOVÁ J. (2010): Jod v půdě. 1. vydání. Rapotín, KartoTISK, 51 s.

BROTÁNEK, J. (2000): Stanovení jodu v premixech a krmných směsích metodou FSDPP, *Feed and Food Analysis*, 17 - 18.

TSUKADA H., TAKEDA A., HASEGAWA H., UEDA S., IYOGI T. (2004): Comparison of NAA and ICP-MS for the determinativ of major and trace elements in environmental samples. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 263: 773 – 778.

STRÍŽOVÁ, I. (2011): Bulletin, Národní referenční laboratoře XV 2011/1, ISSN 1801-9196, Brno.

DEVLEENA M. et. al. (2006): Rapid determinatoin of iodine in soils using inductively coupled plasma mass spektrometry. *Urrent science*, 93: 1219 – 1221.

DEMEK, J. A KOL. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Brno, Academia, s. 580.

POSPÍŠILOVÁ L., (2010): 33,01 Charakteristika základních půdních vlastností a popisy půdních profilů u vybraných půdních sond v katastrálním území Prachatice, Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Mendelova univerzita Brno.

www.geology.cz

www.ekotechnika.cz/lyzimetry/, staženo dne 20. 4. 2012.

7. PŘÍLOHY

7.1. Seznam příloh

Příloha č. 1: Seznam použitých zkratk

Příloha č. 2: Záznamy kalibračních křivek při stanovování koncentrací jodu v půdách

Příloha č. 3: Tabulky shrnující převzatá data obsahů jodu v půdách a koncentrace jodu v lyzimetrických vodách z Agrovýzkumu Rapotín

Příloha č. 4: Fotografie instalace lyzimetrů

Příloha č. 5: Fotografie celkového pohledu na lyzimetr

Příloha č. 6: Fotografie horního pohledu na odběrovou plochu č. 1

Příloha č. 1:

Seznam použitých zkratk

Bq - Becquerel (symbol Bq) je jednotka intenzity záření zdroje radioaktivního záření
v soustavě SI

Eh - oxidačně redukční potenciál charakterizující rozpustnost a migraci prvků v
exogenní

zóně zemské kůry a stabilitu fází vzniklých v určitém prostředí

GC – plynová chromatografie

(Gas Chromatography)

GC – MS – plynová chromatografie ve spojení s hmotnostní spektrometrií

(Gas Chromatography – Mass Spectrometry)

HPLC – vysoce účinná kapalinová chromatografie

(High Performance Liquid Chromatography)

ICP – MS – hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

(Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry)

ICP – OES – optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

(Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry)

IFP – jodový fixační potenciál

(Iodine Fixation Potential)

SPE – extrakce na pevné fázi, extrakce tuhou fází

(Solid Phase Extraction)

TMAH – tetramethylamonium hydroxid

TRIGA II - malý jaderný reaktor typu II navržen a vyroben společností General
Atomics.

UV – ultrafialový

(Ultraviolet)

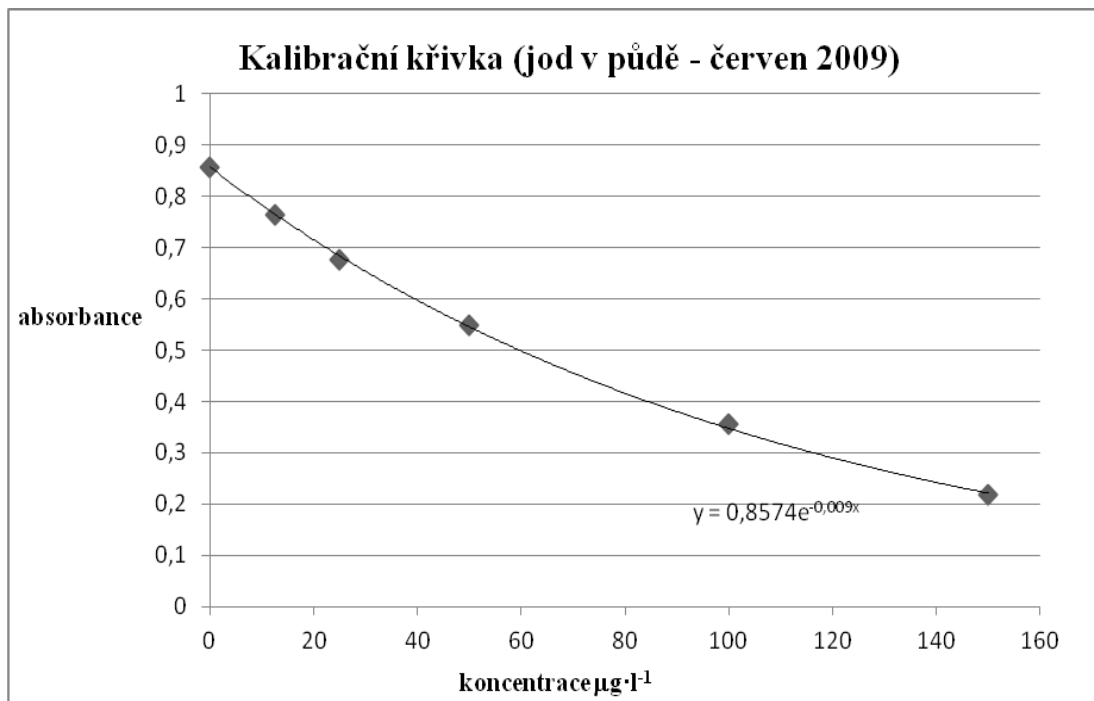
WHO – Světová zdravotnická organizace, Ženeva

(World Health Organization, Geneva)

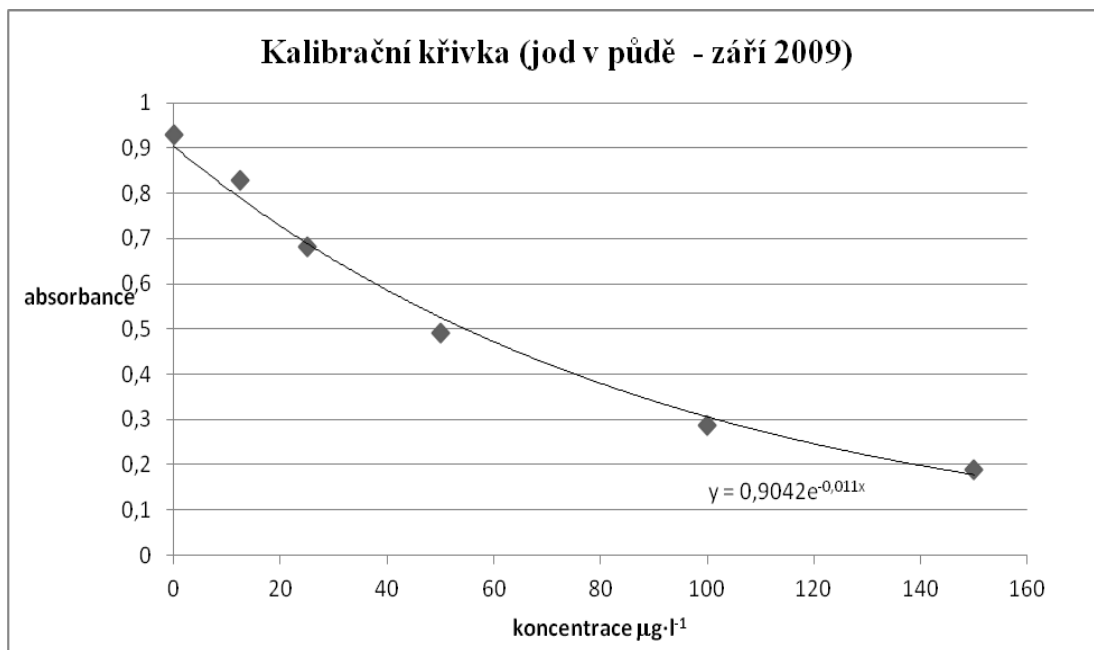
KVD – Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů ZF JU

Příloha č. 2:

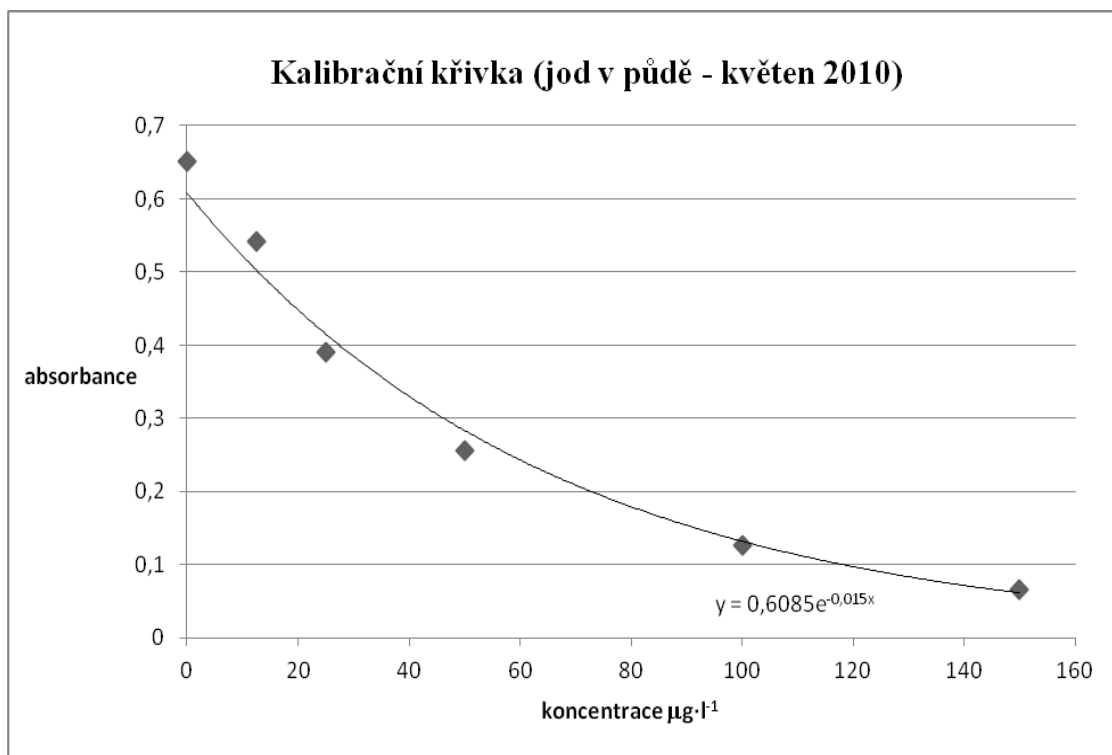
Záznamy kalibračních křivek při stanovování koncentrací jodu v půdách –
grafy č. 23 - 27



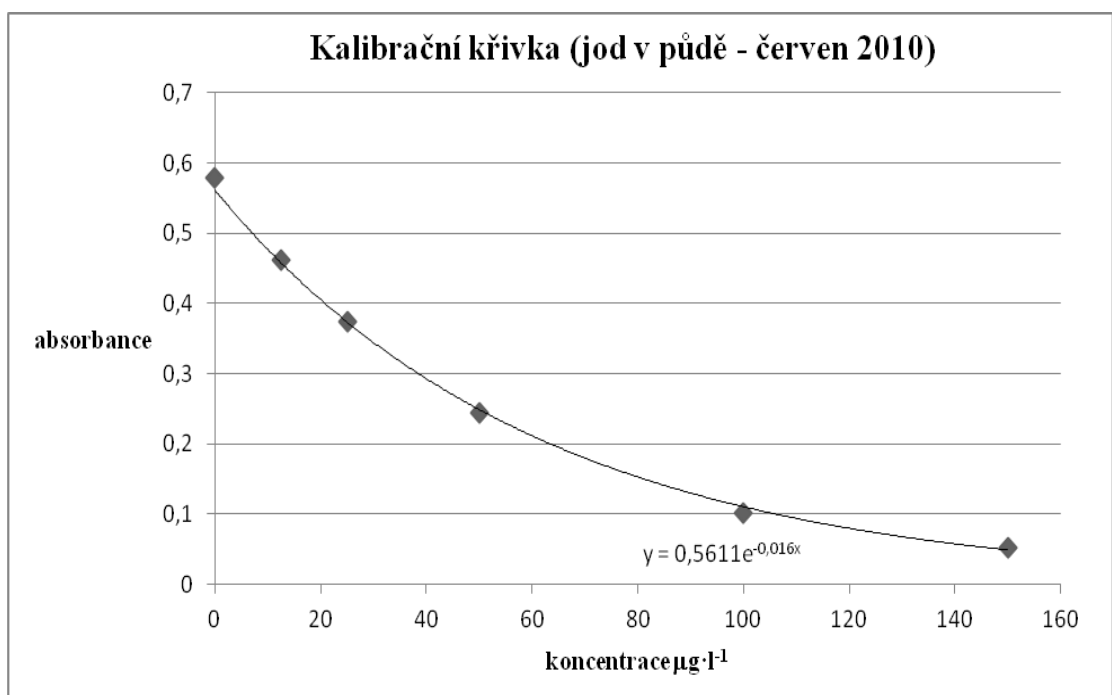
Graf č. 23: Záznam kalibrační křivky při stanovování koncentrací jodu v půdě
z června 2009.



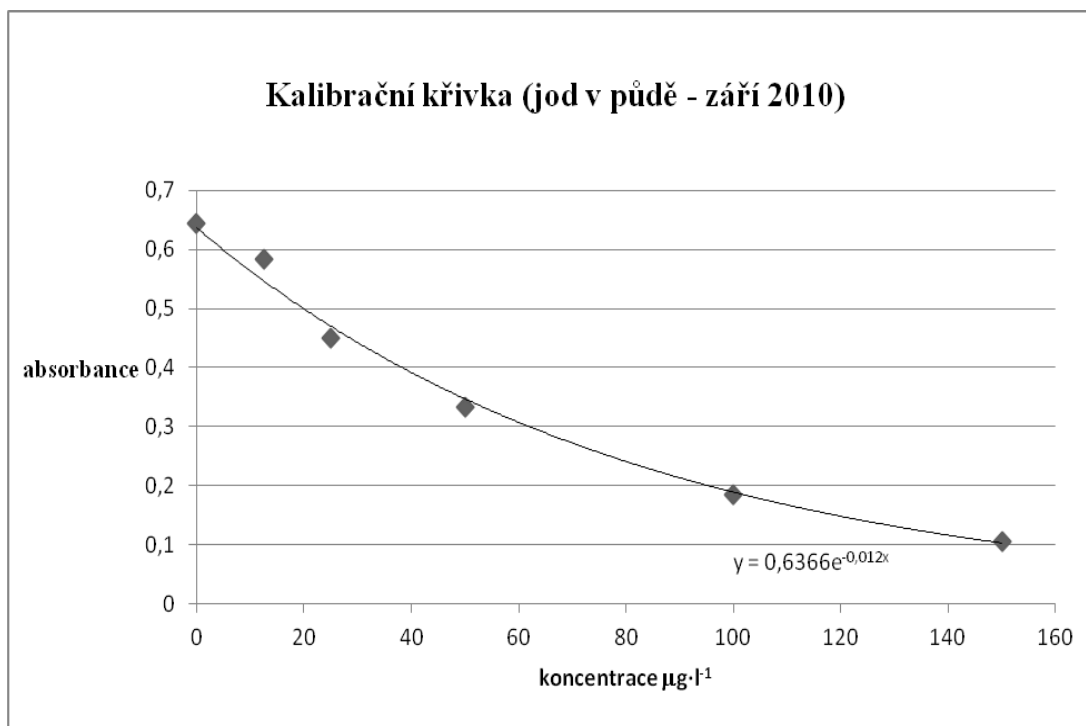
Graf č. 24: Záznam kalibrační křivky při stanovování koncentrací jodu v půdě
ze září 2009.



Graf č. 25: Záznam kalibrační křivky při stanovování koncentrací jodu v půdě z května 2010.



Graf č. 26: Záznam kalibrační křivky při stanovování koncentrací jodu v půdě z června 2010.



Graf č. 27: Záznam kalibrační křivky při stanovování koncentrací jodu v půdě ze září 2010.

Příloha č. 3:

Tabulky shrnující převzatá data obsahů jodu v půdách a koncentrace jodu v lyzimetrických vodách z Agrovýzkumu Rapotín

2010

č. odběru	hnojivo	ozn. pole	koncentrace jodu v lyz. vodách (ng·ml⁻¹)	obsah jodu v půdách (mg·kg⁻¹)
40252	kejda	OH 12	0,39	0,80
40252	kejda	OH 16	1,26	1,02
40252	kejda	OH 17	0,39	1,12
40252	kejda	OH 18	0,42	1,00
40252	kejda	OH 22	1,53	0,93
40252	kejda	OH 23	2,00	0,71
40252	kejda	OH 24	2,59	0,95
40252	kejda	OH 4	1,23	0,68
40252	kejda	OH 6	0,62	1,08
40330	kejda	OH 12	0,97	0,80
40330	kejda	OH 16	2,46	1,02
40330	kejda	OH 22	3,56	0,93
40330	kejda	OH 23	2,40	0,71
40330	kejda	OH 24	3,77	0,95
40330	kejda	OH 5	2,03	1,06
40330	kejda	OH 6	1,29	1,08
40345	nehnojené	MIN 3	2,60	1,16
40435	nehnojené	MIN 3	4,47	1,06
40441	kejda	OH 16	3,52	0,69
40441	kejda	OH 17	1,50	0,79
40441	kejda	OH 18	1,39	1,01
40441	kejda	OH 22	2,23	0,93
40441	kejda	OH 23	4,81	0,72
40441	kejda	OH 24	7,44	0,70
40441	kejda	OH 6	2,78	0,99
40526	kejda	OH 10	2,52	1,02
40526	kejda	OH 12	4,05	0,85
40526	kejda	OH 16	4,39	0,69
40526	kejda	OH 17	3,60	0,79
40526	kejda	OH 18	4,65	1,01
40526	kejda	OH 22	8,73	0,93
40526	kejda	OH 23	8,87	0,72
40526	kejda	OH 24	6,52	0,70
40526	kejda	OH 5	5,70	0,95
40526	kejda	OH 6	5,51	0,99

Tabulka č. 48: Převzatá data obsahů jodu v půdách a koncentrace jodu v lyzimetrických vodách z Agrovýzkumu Rapotín za rok 2010.

2011

č. odběru	hnojivo	ozn. pole	koncentrace jodu v lyz. vodách (ng·ml ⁻¹)	obsah jodu v půdách (mg·kg ⁻¹)
40584	N90P30K60	MIN 10	3,69	1,21
40584	nehnojené	MIN 3	4,08	1,24
40584	P30K60	MIN 7	2,65	1,18
40584	kejda	OH 4	1,24	0,88
40584	kejda	OH 5	5,19	1,26
40584	kejda	OH 6	4,91	0,84
40603	kejda	OH 10	3,10	1,17
40603	kejda	OH 12	4,73	0,85
40603	kejda	OH 16	3,66	0,91
40603	kejda	OH 17	3,09	0,94
40603	kejda	OH 18	2,75	0,82
40603	kejda	OH 22	2,89	0,50
40603	kejda	OH 23	7,21	1,12
40603	kejda	OH 24	6,21	0,63
40752	nehnojené	MIN 3	3,88	1,24
40752	kejda	OH 10	1,62	1,17
40752	kejda	OH 12	1,71	0,85
40752	kejda	OH 16	4,58	0,91
40752	kejda	OH 18	3,47	0,82
40752	kejda	OH 22	1,09	0,50
40752	kejda	OH 23	8,26	1,12
40752	kejda	OH 24	7,26	0,63
40752	kejda	OH 4	0,89	0,88
40752	kejda	OH 6	5,34	0,84
40835	nehnojené	MIN 3	2,35	
40835	kejda	OH 10	1,01	
40835	kejda	OH 16	2,92	
40835	kejda	OH 17	2,01	
40835	kejda	OH 18	2,31	
40835	kejda	OH 23	6,47	
40835	kejda	OH 5	3,76	
40835	kejda	OH 6	4,41	

Tabulka č. 49: Převzatá data obsahů jodu v půdách a koncentrace jodu v lyzimetrických vodách z Agrovýzkumu Rapotín za rok 2011.

Příloha č. 4:



Obrázek č. 14: Fotografie instalace lyzimetru (foto: J. Švehla).

Příloha č. 5:



Obrázek č. 15: Fotografie celkového pohledu na lyzimetr (foto: J. Švehla).

Příloha č. 6:



Obrázek č. 16: Fotografie horního pohledu na odběrovou plochu č. 1 (foto: J. Švehla).