

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pedologie a ochrany půd



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Představuje arsen hrozbu pro vinaře hospodařící
v rizikové oblasti?**

Diplomová práce

Bc. Klára Matějcová

Výživa a potraviny

Vedoucí práce doc. Ing. Ondřej Drábek, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Obsah Arsenu ve víně z rizikové oblasti" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 18. 4. 2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Ondřeji Drábkovi, Ph.D. za vedení mé práce a Ing. Markovi Spasićovi, PhD. za odbornou konzultaci při práci v laboratoři.

Představuje Arsen hrozbu pro vinaře hospodařící v rizikové oblasti?

Souhrn

Dle IRAC (Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny) je arsen prokazatelný lidský karcinogen a může způsobit řadu negativních účinků na lidské zdraví. Při projevech toxicity záleží na dávce, zdravotním stavu jedince, věku, pohlaví a také biologické dostupnosti různých forem arsenu. Zdrojem expozice je u většiny případů kontaminovaná voda nebo potraviny. Mezi nejvíce rizikové potraviny se řadí rýže, mořské plody, mořské ryby a řasy. Vyšší koncentrace arsenu byly naměřeny také v doplňcích stravy. Na obsah arsenu má vliv i způsob technologické úpravy pokrmů.

Arsen se přirozeně vyskytuje v zemské kůře, ale po celém světě existuje mnoho míst, kde je jeho koncentrace v půdě zvýšena vlivem přírodních procesů nebo antropogenní činností. Rozšíření a distribuci v půdě ovlivňuje řada faktorů, například fyzikální a chemické vlastnosti půdy. V České republice se nachází několik míst se zvýšeným obsahem arsenu v půdě vlivem antropogenní činnosti, a to především těžbou a zpracováním rud kovů. Jedním z těchto míst je i Kutná Hora, kde historicky probíhala těžba a zpracování stříbrné rudy. K dispozici je několik studií, které potvrzují vysokou půdní koncentraci arsenu v této lokalitě.

Při použití analytické metody ICP/OES byl stanoven průměrný obsah arsenu v půdě vinice 53,0 mg/kg (min. 32,4 mg/kg; max. 78,7 mg/kg). Ve vinných hroznech ani listech nebyl arsen detekován. Některé studie naměřily obsah arsenu v hroznech nebo případně v samotném víně či hroznech, koncentrace byla ovšem nízká a zdraví konzumenta by nemohla ovlivnit. Potvrdila se tak hypotéza této práce – arsen hrozbu pro vinaře hospodařící v rizikové oblasti nepředstavuje. Může však negativně ovlivnit fyziologický stav rostlin a potenciálně snížit výtěžnost hroznů vinné révy. Neexistuje však dostatek důkazů, které by teorii o snížení výtěžnosti potvrdily.

Klíčová slova: arsen, víno, toxicita, stanovení arsenu, kontaminace půdy

Does arsenic pose a threat to winegrowers farming in a risk area?

Summary

According to IRAC (International Agency for Research on Cancer), arsenic is a proven human carcinogen and can cause a variety of negative effects on human health. The manifestations of toxicity depend on the dose, the individual's health status, age, gender, and also the biological availability of various forms of arsenic. In most cases, the source of exposure is contaminated water or food. Among the most risky foods are rice, seafood, marine fish, and algae. Higher concentrations of arsenic have also been measured in dietary supplements. The arsenic content is influenced by the method of technological processing of food.

Arsenic naturally occurs in the earth's crust. However, there are many places around the world where its concentration in soil is elevated due to natural processes or anthropogenic activities. The distribution and spread in soil are influenced by a number of factors, including the physical and chemical properties of the soil. In the Czech Republic, there are several places with increased arsenic content in the soil due to anthropogenic activities, primarily mining and processing of metal ores. One of these places is Kutná Hora, where historical mining and processing of silver ore took place. Several studies confirm high soil concentrations of arsenic in this locality.

Using the analytical method ICP/OES, the average arsenic content in vineyard soil was determined to be 53,0 mg/kg (min. 32,4 mg/kg; max. 78,7 mg/kg). Arsenic was not detected in grapes or leaves. Some studies determined arsenic content in grapes or possibly in wine itself, but the concentration was low and would not affect consumer's health. Thus, the hypothesis of this study was confirmed – arsenic does not pose a threat to winemakers operating in the risk area. However, it may negatively affect the physiological condition of plants and potentially reduce grape yields. Nevertheless, there is insufficient evidence to confirm the theory of reduced yields.

Keywords: arsenic, wine, toxicity, arsenic determination, soil contamination

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Vědecká hypotéza a cíle práce.....	9
3	Arsen.....	10
3.1	Obsah arsenu v půdě	10
3.1.1	Obsah arsenu v půdách ČR	11
3.2	Arsen v potravinách	14
3.2.1	Legislativa a limitující množství v potravinách	16
3.3	Arsen v pitné vodě a nápojích	16
4	Vliv arsenu na člověka.....	17
4.1	Expozice	17
4.2	Toxikokinetika	18
4.3	Toxicita.....	20
4.3.1	Karcinogenita	21
4.3.2	Vazba arsenu na mikroplasty.....	21
5	Biodostupnost a toxicita arsenu pro rostliny	22
5.1	Transport arsenu do rostlinných buněk	22
5.2	Vliv na metabolismus rostlin	23
6	Metody stanovení arsenu v potravinách	24
6.1	Příprava vzorků.....	24
6.2	Analytické metody pro stanovení celkového obsahu arsenu	24
6.2.1	Atomová absorpční spektrometrie (AAS)	24
6.2.2	Atomová fluorescenční spektrometrie s generací hydridů (AFS).....	25
6.2.3	Optická (atomová) emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP/OES)	25
6.2.4	Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP/MS) ...	25
7	Víno a vinná réva	26
7.1	Vinná réva	26
7.2	Faktory ovlivňující pěstování vinné révy	26
7.3	Produkce vína v ČR.....	27
7.3.1	Vinařské oblasti v ČR.....	27
		28
7.4	Obsah látek ve víně.....	28
7.5	Legislativa a falšování vína	29

8 Metodika	31
8.1 Postup	31
8.1.1 Místo odběru vzorků.....	31
8.1.2 Odběr vzorků	32
8.1.3 Sušení a homogenizace.....	34
8.1.4 Rozklad vzorků	34
8.1.5 Analýza vzorků	36
9 Výsledky	38
9.1 Obsah arsenu v půdě, hroznech a listech	38
9.1.1 Vyhodnocení ve statistickém programu Statistica 12	39
9.2 Obsah dalších stopových prvků	41
9.2.1 Půda	41
9.2.2 Hrozny a listy.....	42
10 Diskuze	43
11 Závěr	48
12 Literatura	49
13 Seznam použitých zkratek a symbolů	54
14 Seznam obrázků, tabulek a grafů	55
15 Seznam příloh	55
16 Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Arsen je polokov, který se řadí mezi rizikové prvky, dříve nesprávně nazývané těžké kovy. Je znám především pro své toxické účinky na lidské zdraví, a proto je důležité vyhnout se jeho nadměrné expozici. V dnešním světě existuje mnoho postupů, díky kterým toho můžeme docílit. Většina zemí má legislativní zákony, které stanovují maximální povolené množství arsenu v pitné vodě a vybraných potravinách, u kterých je předpoklad výskytu vyšších koncentrací tohoto prvku.

Hlavní otázka zní, zda existuje spojitost mezi zvýšeným obsahem arsenu v životním prostředí, konkrétně v půdě, a množstvím prvku v potravinách, které se na dané půdě pěstují.

Pro tuto práci je vybráno měření obsahu arsenu v půdě rizikové oblasti a v hroznech vinné révy. Při pěstování vinné révy v České republice není vinař povinen testovat půdu na obsah rizikových prvků, tudíž může dojít i k pěstování vína v rizikové oblasti.

Jako nejvíce riziková oblast se zvýšenou koncentrací rizikových prvků v půdě České republiky bylo pro tuto práci vybráno město Kutná Hora. Na území města v historii probíhala těžba a tavení stříbra a stříbrné rudy, během které docházelo k uvolňování arsenu a dalších rizikových prvků do ovzduší a následovala jejich akumulace v půdě.

Okolí města nabízí ideální podmínky pro pěstování vína, nepředstavuje ale vyšší koncentrace některých prvků v půdě riziko pro vinaře hospodařící v této oblasti? Existují zdravotní rizika pro konzumenty vína produkovaného v této oblasti?

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je vytvořit přehled základních informací o arsenu, jeho fyzikálních a chemických vlastnostech, vlivu na organismus, a možné kontaminaci potravin arsenem z životního prostředí. Část práce je věnována pěstování vinné révy a rizikovým prvkům ve víně.

Cílem praktické části je vyhledat oblast se zvýšeným množstvím arsenu v půdě, na které se pěstuje vinná réva, pomocí vhodné analytické metody stanovit množství arsenu v půdě a hroznech vinné révy a výsledky statisticky vyhodnotit.

Hypotéza: Arsen nepředstavuje rizikový faktor pro pěstování vinné révy a produkci vína v historicky antropogenně kontaminované lokalitě.

3 Arsen

Arsen je polokov, který v přírodě existuje v několika oxidačních stavech (As(V), As(III), As(0), As(-III)) a tvoří organické i anorganické formy. Nejčastěji se nachází ve sloučeninách společně se sírou, kyslíkem a železem. Zřídka kdy se vyskytuje ve volném stavu (Jain a Ali, 2000).

Anorganické sloučeniny arsenu zahrnují trojmocný arsenitan a pětímocný arseničitan. Organické sloučeniny zahrnují kyselinu monomethylarsonovou (MMA), kyselinu dimethylarsonovou (DMA), kyselinu trimethylarsenovou a arsenobetain (Hong et al., 2014).

I když dnes je toxický účinek arsenu vědecky prokázán, existují záznamy o tom, že v historii zařazovali lidé záměrně sloučeniny arsenu do svého jídelníčku. V 19. století tím byli známi lidé žijící ve Štýrsku, vyhlášeném hornickém regionu Rakouska. V praxi se tato skutečnost nazývala arsenikofagie nebo arsenofagie. Tito lidé věřili, že arsen jim dodává jemnost a svěžest pleti a zlepšuje dýchání. Tyto praktiky byly popsány Dr. Von Tschudim v roce 1851 a diskutovaly se v různých vědeckých publikacích. Lidé ve Štýrsku postupně zvyšovali svůj příjem arsenu a konzumovali velké dávky bez zjevných škod. Tolerance k arsenu byla překvapivá, protože i malá množství mohou být smrtelná. Existovaly debaty o tom, zda si lidé mohou vybudovat k arsenu toleranci, ale důkazy byly rozporuplné. Navzdory možným nebezpečím byl arsen široce používán v 19. století lidmi pro různé účely, včetně lékařství, hubení škůdců, a dokonce i v potravinách a cukrovinkách. Zatímco konzumace arsenu byla převážně spojována s 19. a počátkem 20. století, existují zprávy o podobných praktikách horolezců v Rakousku a Švýcarsku v polovině 20. století (Bentley a Chasteen, 2001).

V průběhu let našly sloučeniny arsenu uplatnění při výrobě kosmetiky, potravin, insekticidů, léků, pigmentů, pyrotechniky, rodenticidů, metalurgii, koželužství a taxidermii (Bentley a Chasteen, 2001). Průmyslově se využíval k výrobě skla, polovodičových materiálů a v konzervačních přípravcích na dřevo. Během těžby kovů a tavení mědi mohou být arsenem kontaminovány podzemní vody, ale také potraviny (Loffredo et al., 2003). Další způsob, jak se může arsen dostat do potravin rostlinného původu, je použití živočišných exkrementů jako organického hnojiva. Sloučeniny jako například roxarson ($C_6AsNH_6O_6$) nebo kyselina p-arsanilová ($C_6H_8AsNO_3$) a její deriváty se používají jako krmné přísady pro drůbež a prasata ke zvýšení přírůstku hmotnosti a k léčbě a prevenci onemocnění. Z krmiv se však vstřebává velmi málo arsenu a ten je organismem vyloučen do exkrementů (Upadhyay, 2018).

3.1 Obsah arsenu v půdě

Rozšíření a distribuci arsenu v půdě ovlivňují klimatické a geomorfologické podmínky v dané oblasti. Jeho mobilitu ovlivňují dešťové srážky, povrchový odtok i pozemní vody. Důležitým faktorem jsou i fyzikální a chemické vlastnosti půdy jako zrnitost, obsah jílových minerálů, redoxní potenciál nebo hodnota pH (Sarkar et al, 2002).

Arsen se přirozeně vyskytuje v zemské kůře v obsahu zhruba 1-2 mg/kg. Jeho obsah v půdě se zvyšuje vlivem přirozených přírodních procesů, ale také jako důsledek antropogenních procesů. Mezi přírodní procesy, které zvyšují obsah arsenu v půdě, patří zvětrávání hornin a vulkanická činnost (Sarkar et al, 2002).

Vliv na obsah arsenu v životním prostředí mají antropogenní procesy, jako je například těžba a zpracování nerostných surovin, tavení mědi či olovnato-zinkové rudy nebo zemědělství (Yao et al., 2019). Během těchto činností člověka se arsen dostává do ovzduší, pitné vody a potravin (Loffredo et al., 2003).

Pro porovnání, emise arsenu z přírodních procesů jsou zhruba 2,8 gigagramu ročně ve formě prachu a 21 gigagramu As ročně v těkavé fázi. Emise z antropogenních činností se pohybují kolo 78 gigagramů ročně (Sarkar et al., 2002).

V celosvětovém měřítku patří mezi nejvíce rizikové oblasti s vysokou koncentrací arsenu v půdě především Bangladéš, Indie a západní Bengálsko. Vyšší koncentrace můžeme najít i v půdách Argentiny, Kambodži, Chile, Tchaj-wanu, Číny, Thajska, a některých částech USA (Singh a Srivastava, 2020).

3.1.1 Obsah arsenu v půdách ČR

Obsah stopových prvků v půdě popisuje studie publikovaná v roce 2019, během které proběhlo biochemické mapování lesních půd ČR. Během této studie byly odebrány vzorky rostlin, půdního humusu a minerální půdy z jehličnatých lesů, které jsou na území republiky rozmístěny relativně rovnoměrně. Analyzoval se obsah 39-40 prvků, včetně arsenu, který byl ve větším množství stanoven v půdním horizontu ve dvou lokalitách na území Šumavy, Kašperských Hor, v okolí Jáchymova a v Albrechticích u Frýdlantu (Procházka et al., 2019).

Průměrná koncentrace As v půdách na území státu se pohybuje okolo 16 mg/kg půdy. Avšak v rizikových oblastech můžeme naměřit až stovky miligramů. Obecně můžeme říci, že vyšší hodnoty As byly zaznamenány v imisně zatížených zónách, kde je nevyšší rozsah znečištění atmosféry touto látkou. Například v Kašperských horách se koncentrace As v půdě pohybuje mezi 60-818 mg/kg půdy. V lokalitě Mokrsko, kde se nachází ložisko zlata, byla koncentrace arsenu stanovena až na 2000 mg/kg (Skála et al., 2011).

Půdu bohatou na arsen najdeme také v okolí Kutné Hory, kde probíhala těžba olovnatých a zinečnatých rud, bohatých na stříbro. Těžba probíhala v obci Kaňk na katastrálním území Kutné Hory, podle které je také pojmenována sloučenina kaňkit ($\text{Fe}_3+\text{AsO}_4 \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$) (Drahota a Filippi 2009).

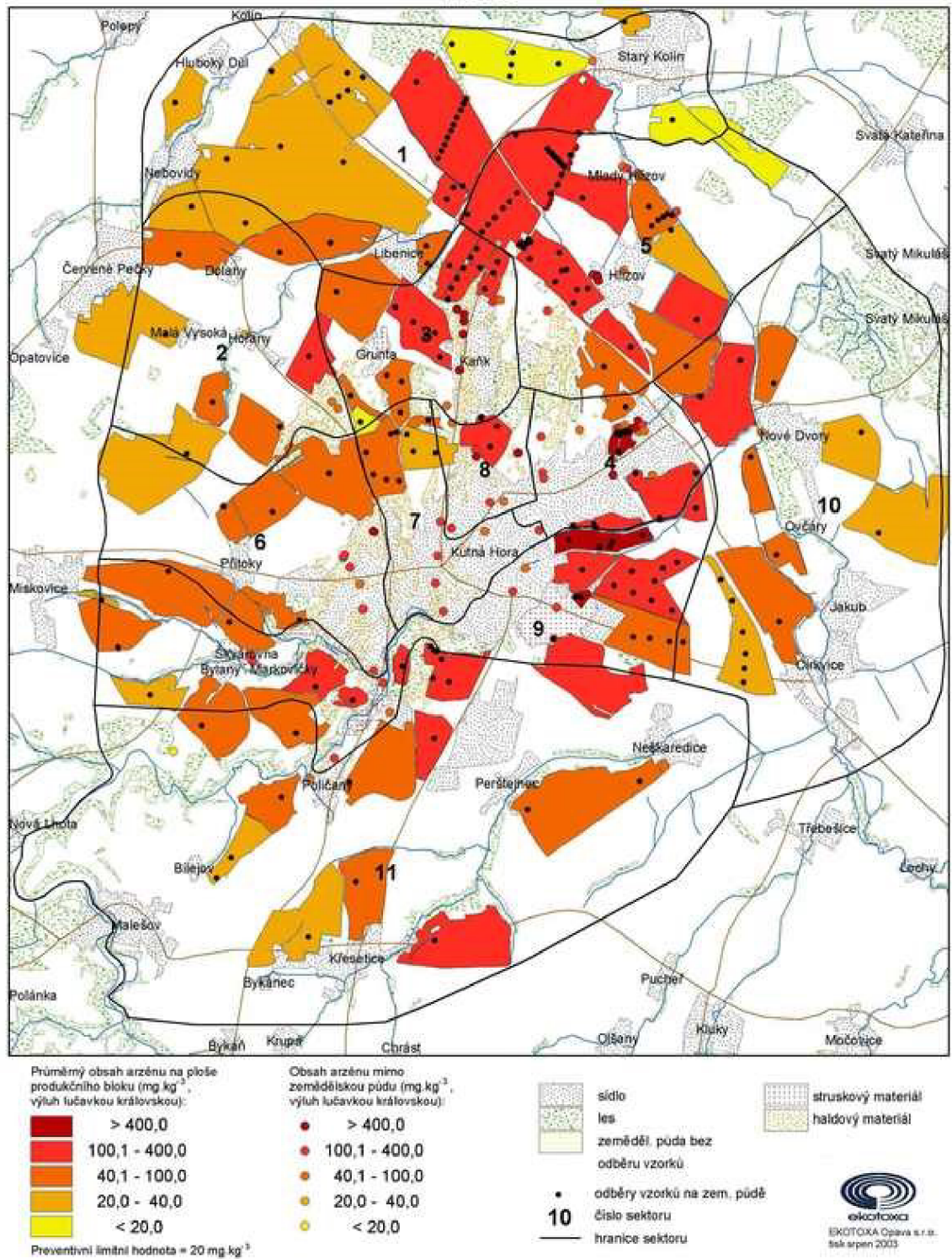
Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd v Praze v roce 1999 zkoumal zatížení půd rizikovými prvky v okrese Kutná Hora, včetně arsenu. Nejvyšší naměřená koncentrace As byla právě v okolí obce Kaňk, kde Hodnota dosahovala 246 mg/kg půdy. Po tomto zjištění byl proveden profilový odběr vzorku z horizontů 25 cm, 50 cm a 1 m. Naměřené hodnoty se s hloubkou zvyšovaly a v hloubce 1 m byl naměřen obsah arsenu 1150 mg/kg, což lze přisuzovat pravděpodobnému historickému zapravení odpadového materiálu z těžby rud s vysokým obsahem As (arsenopyrit) do půdního profilu. Nemůžeme ale vyloučit ani vliv imisního spádu znečištěného vzduchu, který se může podílet na kontaminaci rostlin v dané lokalitě. Během tohoto výzkumu byly odebrány i vzorky rostlin (vojtěšky), u kterých byla naměřena hodnota As 0,84 mg/kg (Vácha).

Dle Krajské hygienické stanice Středočeského kraje, která od roku 2007 provádí analýzu půdy v rámci stavebních řízení hodnocení zdravotních rizik kontaminantů z půdy, se obsah arsenu v půdách pro stavební řízení na Kaňku pohybuje v průměru okolo 3199,1 mg/kg. Odhadovaná rozloha hald a odvalů v oblasti Kaňk činí přibližně 45 % až 50 % celkové rozlohy

obydleného území. Haldy jsou rozmístěny po celém zastavěném území. Podle informací od KHS má rozloha hald v Kutné Hoře celkem 689 320 m². V těchto haldách se nacházejí sekundární minerály obsahující arsen v hodnotách až 60 000 mg/kg. Přítomnost těchto odpadů z historické těžby a zpracování přináší potenciální zdravotní riziko pro obyvatele, zejména prostřednictvím náhodných požití nebo vdechnutí kontaminujících látek (Rychlíková, 2015).

Obsahy arzenu v půdě

1 : 60 000



Obrázek 1 Obsah As v půdě – Kutná Hora (Rychlíková, 2015)

3.2 Arsen v potravinách

Když mluvíme o obsahu arsenu v potravinách, je nutné zmínit, že ve většině nashromážděných dat se udává pouze hodnota celkového arsenu bez rozlišení jeho forem. Existuje velmi málo studií, které by byly zaměřeny přímo na obsah anorganického arsenu, který představuje zdravotní riziko (EFSA, 2009). Od roku 2020 byly v systému RASFF hlášeny vyšší koncentrace arsenu například v rybách, mušlicích, koryšících, vodě, rýži a v doplňcích stravy. RASFF je systém rychlého varování pro potraviny a krmiva, který zajišťuje výměnu informací mezi členskými zeměmi EU a podporuje rychlou reakci orgánů pro bezpečnost potravin v případě ohrožení veřejného zdraví v potravinovém řetězci (RASFF).

Koncentrace arsenu v potravinách je ve většině případů méně než 250 µg/kg. Mezi rizikové potraviny, ve kterých může být obsah arsenu vyšší, patří rýže, cereálie, otruby a klíčky, mořské plody, ryby žijící u mořského dna a mořské řasy. Příjem arsenu stravou je větší v zemích, kde se mořské plody a ryby konzumují ve větší míře. Například v Japonsku může být příjem arsenu stravou 70-370 µg/den. Pro porovnání, ve Spojených státech je průměrný příjem arsenu ve stravě 10-20 µg/den (Garelick a Jones, 2008).

V rybách a mořských plodech je arsen převážně v organické formě, která je méně toxická. V jedné ze studií, které se problematikou arsenu v potravinách zabývají, bylo zjištěno, že obsah arsenu je vyšší u smažených, grilovaných a pečených ryb než u syrových ryb. To je způsobeno tím, že při vysokých teplotách vaření dochází k přeměně forem organického arsenu, jako je arsenobetain a arsenocholin, na další formy jako je například DMA (Upadhyay, 2018).

Mořská řasa hijiki (*Hizikia fusiforme*) může ale obsahovat anorganický arsen v koncentracích větších než 60 mg/kg (EFSA, 2009).

Vyšší koncentraci arsenu mohou obsahovat také doplňky stravy nebo různé homeopatické přípravky. V několika homeopatických přípravcích byl arsen detekován v koncentraci až 650 mg/kg. U suplementů obsahujících mořskou řasu a Spirulinu se pohybuje obsah arsenu okolo 0,231 až 37,4 mg/kg v sušině (EFSA, 2009).

Co se týče obilovin, nejvyšší obsah arsenu byl analyzován u rýže. Některé studie uvádí, že hnědá (přírodní) rýže obsahuje vyšší množství As než rýže bílá, což může být způsobeno zachováním obalových vrstev, které jsou u bílé rýže odstraněny mletím. Obsah As u výrobků z obilovin je různý a závisí na obsahu As v použité surovině. V mlýnských výrobcích z pšenice se pohybuje obsah arsenu okolo 1 až 20 µg/kg. U výrobků jako jsou například snídaňové cereálie se jeho obsah pohybuje v rozmezí od 17 do 21 µg/kg (EFSA, 2021).

Obsah As v rýži (EFSA, 2021)		
Typ rýže	Počet vzorků	Obsah As (µg/kg)
Rýže hnědá	382	128–131
Rýže dlouhozrná	502	77–87
Rýže bílá	337	74–79
Rýže parboiled	131	98–102
Rýže nespecifikováno	12	79–85

Tabulka 1 Obsah arsenu v rýži (EFSA, 2021)

Hodnoty obsahu arsenu v ovoci a zelenině jsou velmi proměnlivé a běžně dosahují jednotek až desítek μg . U některých druhů ovoce a zeleniny může ale jeho obsah přesáhnout i 100 μg (EFSA, 2021). Obsah As u vybraných skupin potravin, vybraných druhů ovoce a zeleniny a dalších potravin je znázorněný v tabulce č. 2 a 3.

Obsah arsenu v potravinách je proměnlivý v závislosti na typu zpracování, teplotě a času. Vliv na potraviny má také obsah arsenu ve vodě použité na vaření. Aby bylo možné provést toxikologické posouzení dietární expozice arsenem, je nutné znát všechny informace o potravine, včetně způsobu přípravy/výroby. Značnou hrozbu tak mohou představovat i méně toxické organické formy arsenu, které se při nevhodné technologické úpravě potravin mohou přeměnit na více toxické anorganické formy (Upadhyay, 2018).

Obsah As u vybraných skupin potravin (EFSA,2021)	
Kravné mléko	0,007–4 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Rybí maso	4–16 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Mořské řasy Wakame	182–201 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Mušle (<i>Mya arenaria</i>)	108–110 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Ústřice	10–11 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Cereálie mix	52–64 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Sušenky	8–26 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Těstoviny (syrové)	14–26 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Rýžové nudle	66–76 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Mlýnské výrobky z rýže	81 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Mlýnské produkty z pšenice	1–20 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Pšeničná mouka	5–10 $\mu\text{g}/\text{kg}$

Tabulka 2 Obsah arsenu u vybraných skupin potravin (EFSA, 2021)

Obsah As u vybraných potravin (EFSA,2014)	
Olivový olej	1,6 - 44,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Slunečnicový olej	6,2 – 10,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Živočišné tuky	5,0 - 9,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Cukr	2,2 – 26,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Kuřecí maso	4,7 – 11,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Citrusy	0,8 – 7,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Lesní plody	1,7 – 8,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Sója	12,9 – 19,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Arašidy	4,2 – 31,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Kešu ořechy	0,5 – 19,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Rajčata	1,5 – 7,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Okurka	8,6 – 13,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Špenát	10,7 – 13,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Mrkev	2,6 – 8,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$

Tabulka 3 Obsah arsenu u vybraných potravin (které nejsou popsány ve zprávě EFSA z roku 2021) (EFSA, 2014)

3.2.1 Legislativa a limitující množství v potravinách

Česká republika se jako členský stát EU řídí Nařízením Komise (EU) 2023/915 ze dne 25. dubna 2023, kterým se stanovují maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. Nařízení stanovuje maximální limity pro mykotoxiny, rostlinné toxiny, kovy a jiné prvky, halogenované perzistentní organické znečišťující látky, kontaminující látky z výroby a další toxické látky. Maximální limity pro arsen v potravinách jsou uvedeny v příloze číslo III. Pro zajištění efektivní ochrany veřejného zdraví je důležité, aby potraviny obsahující nadměrné množství škodlivých látek nebyly uváděny na trh ani nebyly používány jako složky potravin nebo nebyly míchány s jinými potravinami (Nařízení Komise (EU) 2023/915).

Členské státy Evropské Unie mohou dle článku 5 nařízení (EHS) č. 315/938 zachovat své vnitrostátní předpisy, pokud jsou v souladu s ustanoveními Smlouvy. Nejméně devět států EU využilo tohoto ustanovení. V Německu je stanoven maximální limit arsenu 0,005 mg/l pro stolní a minerální vodu s tvrzením, že tyto výrobky jsou vhodné pro přípravu dětské výživy. Nejvyšší maximální limit je až 5 mg/kg a platí pro koření, bylinky a ochucovadla v několika členských státech (EFSA, 2009).

Sjednocené požadavky na arsen v pitné vodě najdeme ve směrnici Rady 98/83/ES10 o jakosti vody určené k lidské spotřebě. Dle této směrnice nesmí být v členských státech hodnota arsenu v pitné vodě vyšší než 10 µg/l. Standarty pro obsah arsenu definuje také Codex Alimentarius, ve kterém najdeme maximální povolené koncentrace arsenu například pro přírodní minerální vodu (0.01 mg/l), některé tuky a oleje (0.1 mg/kg) nebo potravinářskou sůl (0.5 mg/kg) (EFSA, 2009).

3.3 Arsen v pitné vodě a nápojích

Vysoké množství tohoto prvku můžeme najít i v pitné vodě. Vzhledem k toxickým účinkům arsenu na člověka mnoho zemí přijalo regulační normy, díky kterým je stanoveno maximální přijatelné množství arsenu v pitné vodě a některých potravinách. V Indii, Bangladéši, Taiwanu, Chile a některých částech USA najdeme oblasti, kde je arsen v pitné vodě ve vyšších koncentracích (Loffredo et al., 2003). Dle WHO by koncentrace v pitné vodě neměla přesáhnout limit 10 µg/l (WHO, 2022).

V pitné vodě se arsen vyskytuje především v anorganické formě. Pokud je v pitné vodě koncentrace arsenu výrazně nad 10 µg/l, stává se tak hlavním zdrojem expozice anorganického arsenu (Cubadda et al. 2017). Pro populaci, ve které se nevyskytuje zvýšený obsah arsenu v pitné vodě, je hlavní dietární příjem anorganické formy v rýži (EFSA, 2009).

Hladiny arsenu v přírodní vodě se pohybují kolem 1 a 2 µg/l, ale mohou dosahovat až k 12 mg/l (WHO, 2022). Přítomnost v přírodní vodě souvisí s vyluhováním hornin a sedimentů, které jsou na tento prvek bohaté. Důležitý faktor hrají také vulkanické usazeniny, vstupy z geotermálních zdrojů, těžební odpady a půdní nánosy (Cubadda et al. 2017).

Pokud jsou nealkoholické nápoje připravené ze zdravotně nezávadné pitné vody, není nutné se obávat zvýšené koncentrace arsenu. U nealkoholických nápojů se jeho obsah pohybuje v hodnotách mezi 3 až 11 µg/kg. Alkoholickým nápojem s nevyšším obsahem As je víno. Nejvyšší hodnoty As naměřené ve vzorcích vína v průměru dosahují 10,4 µg/kg (EFSA, 2014).

4 Vliv arsenu na člověka

Vliv arsenu na organismus je závislý na celé řadě faktorů. Záleží především na expoziční dávce, biologickém stavu, věku, pohlaví a výživovém stavu jedince (Hong et al., 2014). Vzhledem k toxickému účinku nespadá mezi esenciální látky pro lidský organismus (WHO,2022).

4.1 Expozice

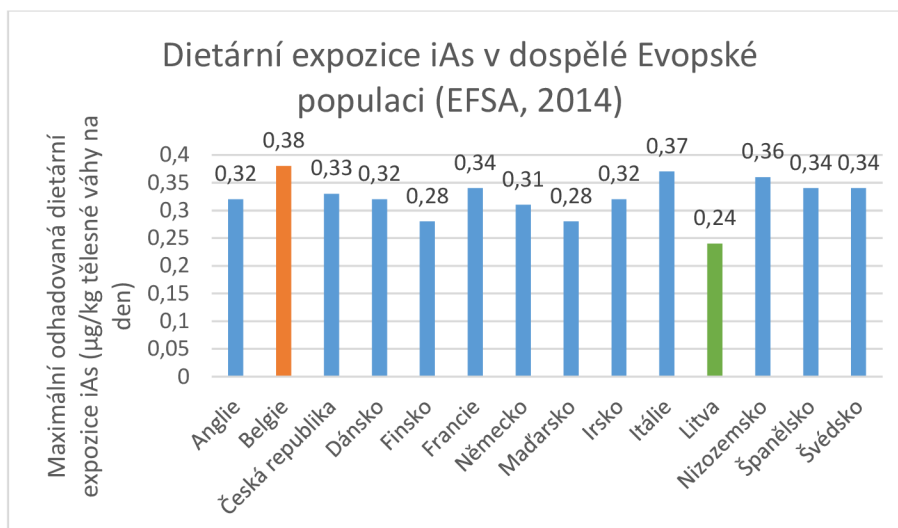
U člověka dochází k expozici arsenu orální, respirační nebo dermální cestou. V případě, že jedinec není vystaven arsenu v pracovním prostředí, jedná se většinou o expozici orální cestou prostřednictvím kontaminované vody, půdy a kontaminovaných zemědělských a rybích výrobků (Hong et al., 2014).

Kontaminovaná voda, vzduch nebo půda jsou nejčastější příčinou expozice trojmocnému a pětimocnému anorganickému arsenu. Naopak zdroje organických sloučenin arsenu jsou především rostliny a mořští živočichové (Hong et al., 2014).

V atmosféře se arsen vyskytuje jako As_2O_3 nebo vázaný na pevné částice. Jsou zde však i přítomny stopy těkavých organických sloučenin. Jeho koncentrace v ovzduší je proměnlivá, ale obecně se pohybuje v rozmezí $<0,001$ až $0,003 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ve městech mohou koncentrace As dosahovat až $0,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zdrojem expozice je i cigaretový kouř. Dnes prodávané cigarety obsahují $0,01$ až $0,1 \mu\text{g}$ As na jednu cigaretu. U průměrného kuřáka, který spotřebuje 20 cigaret denně, činí příjem As z cigaretového kouře $0,2$ až $2 \mu\text{g}/\text{den}$. Pokud vezmeme v úvahu osobu o hmotnosti 60 kg, znamenalo by to příjem As cigaretami $0,003$ až $0,03 \mu\text{g}/\text{kg}$ tělesné hmotnosti za den (EFSA, 2009).

Za obecný ukazatel expozice je koncentrace arsenu v moči. Separace a kvantifikace trojmocného a pětimocného arsenu, stejně tak jako MMA a DMA, se považuje za nejvíce přesný indikátor nedávné expozice. Vzhledem k dalším studiím se metodiky schopné posoudit úroveň expozice stále vyvíjí (Hong et al., 2014).

Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) provedl několik studií zabývajících se dietární expozicí arsenu. Jeden z výzkumů byl publikován v roce 2009, kdy byl pomocí 28 průzkumů v 17 zemích proveden propočet průměrné dietární expozice anorganickým arsenem v Evropské populaci. Zkoumáno bylo více než 100 000 vzorků potravin a pitné vody, které byly vybrány na základě údajů o individuální spotřebě z komplexní evropské potravinové databáze (EFSA, 2009). Další vědecké zprávy na toto téma vydala EFSA v roce 2014 a 2021. Ve vědecké zprávě z roku 2021 byly odhady dietární expozice, v porovnání se zprávou z roku 2014, znatelně nižší (EFSA, 2021).



Graf 1 Maximální odhadovaná dietární expozice anorganickým arsenem v dospělé Evropské populaci (EFSA, 2014)

Pro všechny věkové skupiny kromě kojenců a batolat platí, že nejvíce arsenu přijímají v potravinách zpracovaných z obilovin, jako je například pšeničný chléb a rohlíky. Pro kojence a batolata je hlavním zdrojem arsenu mléko. Dalšími zdroji arsenu v dietě evropské populace je rýže, mléko a pitná voda (EFSA, 2021). Orální expozice anorganickým arsenem v České republice se pohybuje okolo 0,12 – 0,33 µg/kg tělesné hmotnosti za den (EFSA, 2009).

Kojenci (>12 měsíců)	0,15 - 0,42 µg/kg
Batolata (12-36 měsíců)	0,17 - 0,44 µg/kg
Ostatní děti (36 měsíců -10 let)	0,11 – 0,30 µg/kg
Dospívající (10-18 let)	0,06 - 0,16 µg/kg
Dospělí (18-65 let)	0,04 - 0,11 µg/kg
Starší osoby (65-75 let)	0,03 - 0,10 µg/kg
Těhotné ženy	0,06 – 0,13 µg/kg

Tabulka 4 Průměrný dietární příjem anorganického arsenu v Evropské populaci u jednotlivých věkových skupin (EFSA, 2021)

Údaje o dietárním příjmu arsenu u osob s jinou než racionální dietou jsou velmi omezené. Existují studie, dle kterých se průměrný příjem As stravou pohybuje mezi 0,10 - 0,42 µg/kg tělesné hmotnosti za den. Do vegetariánské stravy se častěji zařazují potraviny, které mohou obsahovat větší množství As (zejména rýže nebo mořské řasy) a jeho dietární příjem tak může být vyšší než u běžné populace. Aby se snížila míra nejistoty u dietárního příjmu As, bylo by nutné získat více analytických údajů, a to především u rizikových potravin jako jsou ryby a mořské plody, rýže a mlýnské obilné výrobky. Pro celkový odhad dietární expozice, zejména v některých věkových skupinách, by bylo nutné získat údaje o spotřebě potravin z různých evropských zemí (EFSA, 2014).

4.2 Toxikokinetika

Každá z forem arsenu má jiné fyzikálně-chemické vlastnosti a biologickou dostupnost. Čím je sloučenina rozpustnější ve vodě, tím je její vstřebatelnost vyšší. Při absorpci záleží i na

obsahu dalších složek potravy, živinách v trávicím traktu a samotném typu potravin. Studie provedeny na myších a lidech ukazují, že arsenitany a arseničnany přítomné v pitné vodě jsou absorbovány organismem až z 95 %. Další studie prokázaly například téměř 50% biologickou dostupnost anorganického arsenu v hlávkovém salátu a téměř 100% v mungo fazolích při testu na prasatech (EFSA, 2009). Při určování množství arsenu absorbovaného po konzumaci kontaminovaných potravin hraje hlavní roli rýže. Při pokusu, kdy byla rýže zakoupená v supermarketu vařena v arsenem kontaminované vodě, byl arsen přítomen výhradně v anorganické formě a biologická dostupnost byla vysoká (89 %). Naopak v rýži pěstované ve skleníku (s použitím zavlažovací vody kontaminované arseničnanem sodným) bylo 86 % celkového arsenu přítomno ve formě dimethylarsinátu, což vedlo k absorpci pouze 33 % celkového arsenu vázaného v rýži (Juhász et al., 2006).

Studie uvádějí gastrointestinální absorpci methylarsonátu a dimethylarsinátu u prasat 17 % a 33 %, v uvedeném pořadí. O absorpci organického arsenu u lidí existuje jen málo údajů. Biologickou dostupností organického arsenu se zabývá například studie Buchet a kol. (1981), ve které byla dobrovolníkům podána jednorázová perorální dávka arsenu (500 µg) ve formě methylarsonátu nebo dimethylarsinátu. Po čtyřech dnech bylo v moči dobrovolníků detekováno 75-78 % požitých dávek arsenu, což svědčí o gastrointestinální absorpci >75 % (Buchet et al., 1981).

V krevním řečišti je arsen distribuován mezi plazmu a erytrocyty, ve kterých je vázán na globin hemoglobinu. Arsenit i arsenát mohou snadno vstupovat do buněk. Arsenit se dostává do buněk pomocí aquaglyceroporinů 7 a 9, které obvykle přenášejí vodu a glycerol. Arsenát vstupuje do buněk pomocí transportérů fosfátů. U většiny živočišných druhů se rezidua sloučenin arsenu usazují v játrech, ledvinách, slezině a plicích. O několik týdnů později je však arsen přemístěn do buněk vlasů, nehtů a kůže, protože v těchto tkáních je vysoká koncentrace bílkovin obsahujících síru (EFSA, 2009).

Při metabolismu prvku vzniká více než pět metabolitů. Jedná se o komplexní proces, který začíná metylací anorganických sloučenin arsenu. Arsen je během této reakce přeměňován na trojmocný arseničnan, jehož většina se metabolizuje na MMA. Malé množství MMA se v organismu přeměňuje na DMA. Tyto formy arsenu jsou jako konečné produkty metabolismu vylučovány močí a nejsou dále metabolizovány (Hong et al., 2014).

V důsledku různé aktivity methyltransferáz existují u lidí v metylaci arsenu velké individuální rozdíly (WHO, 2022). Vliv na metabolismus arsenu může mít pohlaví, věk a případně i etnická skupina (Loffredo et al., 2003).

Anorganické sloučeniny arsenu mohou potlačovat aktivitu různých enzymů v lidském organismu. Inhibicí různých mitochondriálních enzymů dochází prostřednictvím interference s oxidační fosforylací k poškození buněčného dýchání. Trojmocný arsen po spojení s thiolovými skupinami inhibuje více než 200 enzymů a může tak ovlivnit celou řadu orgánů (Hong et al., 2014).

Organické sloučeniny jsou metabolizované v mnohem menší míře, proto dochází k jejich eliminaci z organismu mnohem rychleji než u anorganického arsenu (WHO, 2022).

Složení metabolitů arsenu v moči se u jednotlivých osob liší na základě rozdílné účinnosti metylace. Typický profil metabolitů arsenu v moči se skládá z 10-30 % anorganického arsenu, 10-20 % methylarsonátu a 60-70 % dimethylarsinátu. Metabolismus arsenu může ovlivnit životní stadium, stav výživy, genetická výbava, expozice jiným chemickým látkám a

zejména úroveň expozice arsenu. Zdá se, že muži jsou náchylnější ke kožním lézím způsobeným arzenem více než ženy, což je do značné míry způsobeno účinnějším metabolismem arsenu u žen. Tento rozdíl mezi pohlavími se nevyskytuje před pubertou a po menopauze. To naznačuje možný vliv hormonů na metylaci arsenu (EFSA, 2009).

4.3 Toxicita

Toxicita arsenu úzce souvisí s jeho chemickou formou. Zanedbatelnou toxicitu má arsen ve formě arsenobetainu, který lidský organismus nedokáže metabolizovat (Hong et al., 2014). Fatální humánní dávka trojmocného arsenu se odhaduje na 70–180 mg, v závislosti na váze člověka (Rychlíková, 2015).

U arsenu můžeme popsat akutní, subakutní a chronickou toxicitu. Akutní toxicita nastává při požití kontaminované potraviny nebo nápoje s vysokou koncentrací arsenu. V takovém případě je nutné okamžitě vyhledat lékařskou pomoc (Jain a Ali, 2000).

Studie popisují případy akutní intoxikace, která byla spojena s požitím kontaminované vody s vysokou koncentrací arsenu 21,0 mg/l (WHO, 2022).

Mezi hlavní projevy akutní otravy patří pálení a suchost v ústech, abnormální kolikovitá bolest, zvracení, průjem a přítomnost krve v moči. Tyto projevy mohou způsobit rychlou dehydrataci, při které mohou nastat svalové křeče, edém obličeje nebo poruchy srdečního rytmu (Jain a Ali, 2000).

Při subakutní otravě se můžeme setkat s respiračními, gastrointestinálními, kardiovaskulárním a nervovými projevy jako jsou například: ztráta chuti k jídlu, suchost v krku, nauzea, zvracení, průjem, nervová slabost, mravenčení v rukou a nohou (Jain a Ali, 2000).

Projevy chronické intoxikace jsou spojeny s poruchami pigmentace kůže, periferní neuropatií, rakovinou kůže, močového měchýře a plic. U populace, která přijímá kontaminovanou pitnou vodu, byla popsána i onemocnění periferních cév. Dermální léze jsou ve většině případů pozorovány u expozice delší než 5 let (WHO, 2022). Případy chronické otravy arsenem u menších skupin obyvatelstva byly popsány v zemích jako je například Polsko, Maďarsko, Španělsko, USA, Chile, Severní Mexiko, Argentina, Kanada, Japonsko a Nový Zéland (Jain a Ali, 2000).

Existuje několik studií, které potvrzují korelaci mezi expozicí As a výskytem vysokého krevního tlaku. Na Tchaj-wanu byla u lidí s hypertenzí, kteří byli vystaveni expozici As, detekována vysoká hladina kyseliny monomethylarsonové v moči, která se nejprve vytvářela z methylovaného anorganického As (Sevim et al., 2020).

Chronická otrava arsenem v dětství může vyvolat neurobehaviorální abnormality v pubertě, poruchy funkce periferních nervů nebo poruchy paměti. Existuje i možná spojitost mezi expozicí a výskytem diabetu mellitu 2. typu (Hong et al., 2014).

Arsen má schopnost procházet placentou, což vede k podobným úrovním expozice jak u plodu, tak u matky (EFSA, 2009). Výsledky studií prováděných na zvířatech dokazují, že při expozici vyšších dávek arsenu může dojít k nekróze, apoptóze a zániku oplodněného vajíčka. Expozice v průběhu těhotenství zvyšuje riziko předčasných porodů a nízké porodní hmotnosti (Hong et al., 2014). Kromě toho může vést vysoká koncentrace arsenu v pitné vodě ke spontánním potratům nebo narození mrtvého dítěte (Jain a Ali 2000). Navzdory rychlému transplacentárnímu přenosu se arsen do mateřského mléka vylučuje jen velmi málo. Domorodé

ženy v argentinských Andách, které byly vystaveny kontaminované pitné vodě s koncentrací arsenu 200 µg/l vykazovaly velmi nízké hodnoty arsenu v mateřském mléce (cca 3 µg/l). Vzhledem k tomu, že malé množství arsenu, které se dostává do mateřského mléka, je téměř výhradně v anorganické formě, je pravděpodobné, že vylučování arsenu do mléka brání účinná metylace arsenu matkou (EFSA, 2009).

4.3.1 Karcinogenita

Na základě dostatečných důkazů se anorganický arsen řadí dle IRAC (International Agency for Research on Cancer) do skupiny 1 – karcinogenní pro člověka (WHO, 2022). DMA a MMA se řadí do skupiny 2B – potenciální karcinogeny. Organické formy arsenu nejsou kategorizovány jako karcinogeny – skupina 3 (IRAC, 2024).

Arsen je jediný z karcinogenů, který může vyvolat nádorové bujení buněk po respirační a gastrointestinální expozici. Dle IRAC je prokázána souvislost mezi expozicí arsenu a rakovinou kůže, plic a močového měchýře. Spojitost mezi expozicí a rakovinou ledvin, jater a prostaty se nepodařilo plně prokázat. Můžeme se setkat i s tvrzením, že existuje spojitost mezi expozicí arsenem v pitné vodě a výskytem leukémie. Tímto tématem se ale zabývalo příliš málo studií (Hong et al., 2014).

Epidemiologické studie, které se zabývají karcinogenitou arsenu pocházejí z Tchaj wanu, Bangladéše, Chile a Argentiny. V těchto lokalitách byla koncentrace arsenu v pitné vodě 150 µg/l (Hong et al., 2014).

U rizik spojených s příjmem nízkých koncentrací existuje značná nejistota. Skutečný odhad rizika vzniku rakoviny by bylo současnými epidemiologickými metodami velmi obtížné získat (WHO, 2022).

4.3.2 Vazba arsenu na mikroplasty

Mikroplasty vyskytující se v životním prostředí vyvolávají velké obavy. Vzhledem k pomalé rozložitelnosti, vysoké perzistenci a značné toxicitě se staly všudypřítomnými kontaminanty v globálních ekosystémech. Jejich toxicita se může zvýšit absorpcí dalších organických či anorganických toxických látek. Absorpce těchto látek závisí na faktorech prostředí, jako je například intenzita zvětrávání, pH, salinita, množství kontaminantů a redoxní potenciál (Mora et al., 2023).

Ionty kovů a polokovů mohou interagovat s plastovými mikročásticemi prostřednictvím řady složitých mechanismů, včetně povrchové oxidace, povrchové komplexace, koprecipitace, plnění pórů a elektrostatických interakcí (Mora et al., 2023).

Studie ukazují, že koncentrace arsenu absorbovaného na environmentálně exponovaných mikroplastech může dosáhnout až 6,53 mg/kg. Jsou také zaznamenány negativní účinky této koexpozice na změny metabolických procesů v rostlinách a snížení biomasy (Mora et al., 2023).

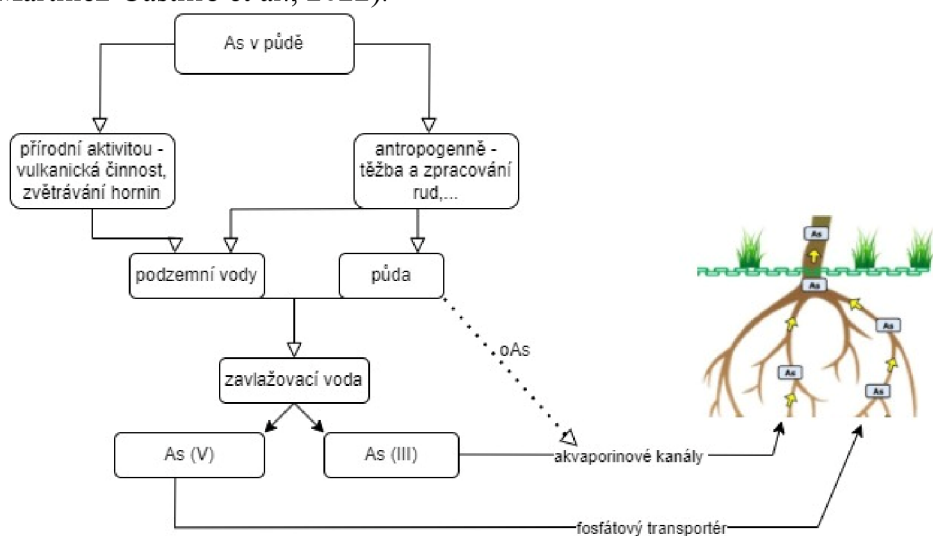
5 Biodostupnost a toxicita arsenu pro rostliny

5.1 Transport arsenu do rostlinných buněk

Tolerance As u rostlin je velmi variabilní. Arsen zasahuje do různých metabolických procesů a tím může způsobit různé fyziologické i morfologické poruchy. Negativně ovlivňuje absorpci živin a snižuje klíčivost semen. Inhibuje tak růst kořenů a může způsobit i buněčnou smrt. Existují ovšem i hyperakumulující rostliny, které mohou absorbovat vysoké koncentrace arsenu bez známek fyziologického poškození. Akumulace v rostlinách závisí na formě a koncentraci As a jeho dostupnosti pro rostlinné buňky (Martínez-Castillo et al., 2022).

Arsen u rostlin vyvolává oxidační stres na fyziologické i metabolické úrovni. Během tohoto procesu probíhá nekontrolovaná tvorba reaktivních kyslíkových sloučenin. Vliv oxidačního stresu vyvolaného As byl studován u mnoha druhů suchozemských i vodních rostlin. Výzkum toxicity As na metabolické a biochemické mechanismy je stále málo pokročilý, proto je nutné využít specifické omické vědy, jako je metabolomika, která se zabývá primárním i sekundárním metabolismem. Díky tomu můžeme lépe pochopit, jak As na rostlinu působí (Martínez-Castillo et al., 2022).

Trojmocný a pětímocný arsen jsou dvě anorganické formy, které jsou pro rostliny přístupné a je u nich potvrzena fytotoxicita. Pětímocný arsen najdeme spíše v aerobních půdách, zatímco As (III) běžněji obsahují zmokřené půdy. As (V) má vysokou afinitu k fosfátu, což usnadňuje přenos fosfátovým transportérem. Díky této vlastnosti může fosfát nahradit v několika buněčných drahách a snížit tak produkci ATP a tím zabránit správnému růstu rostlin. As (III) je do biomasy přijímán přes akvaporinové kanály a váže se na bílkovinné sulfhydrylové skupiny. Způsobuje tak membránové degenerace, a to může vést až k buněčné smrti. As (III) je zhruba 100x toxičtější než As (V). As (V) je při vstupu do buňky částečně přeměněn enzymem arsenátoreduktáza na As (III). V této formě se váže na sulfhydrylové skupiny peptidů bohatých na thiolové skupiny, jako je například glutathion nebo fytochelatiny, za vzniku komplexu nazývaného arsen-fytochelatin. Tato reakce přispívá ke snížení toxicity As. Komplex zůstává v buněčných vakuolách tkání kořene a stonku. Do dalších částí rostliny může být transportován skrze floém (Martínez-Castillo et al., 2022).



Obrázek 2 Absorpce arsenu kořeny rostlin (Martínez-Castillo et al, 2022); poznámka: oAs = organický arsen

Organický arsen je pro rostliny méně toxický a stejně jako anorganické formy je do rostliny přijímán kořeny. MMA a DMA používají pro vstup do buněk akvaporinové kanály stejně jako AS (III). Největší množství As se akumuluje v kořenech rostliny. Pomocí xylému se však může transportovat do stonků, listů, květů a plodů (Martínez-Castillo et al., 2022).

Kromě dalších badatelů na poli fytořemediace provedli Fayiga et al. experiment, během kterého sledovali příjem arsenu rostlinami z kontaminované půdy (131 mg As/kg půdy). Pro studii byla použita kapradina křídelnice (*Pteris vittata*) a ukázalo se, že jedna rostlina po osmitýdenním růstu absorbovala z půdy 24,4 mg arsenu. Rostlina tak snížila koncentraci As v půdě zhruba o 3,4 – 12,4 %. Během studie se také potvrdilo, že absorpce arsenu rostlinami klesá se zvyšující se koncentrací kovů v půdě, s výjimkou půd ošetřených olovem (Fayiga et al., 2007).

5.2 Vliv na metabolismus rostlin

Rostlinný metabolismus se dělí na metabolismus primární a sekundární. Během primárního metabolismu probíhají reakce nezbytné pro přežití, růst a rozmnožování. Na těchto procesech se podílejí sloučeniny jako jsou aminokyseliny určené k tvorbě bílkovin, nukleotidy, cukry a acylglyceridy. As má tendenci interagovat se sloučeninami, které obsahují sulfhydryl a bílkovinné skupiny. Tato interakce může být pozitivní, jako v případě mechanismů zachycování a fytochelatace As rostlinami. Nebo může mít negativní vliv na metabolické procesy, které zahrnují aminokyseliny jako prekurzory. To znamená především negativní vliv na syntézu bílkovin. Vliv na metabolismus sacharidů a lipidů nelze vzhledem k jejich velikosti molekul analyzovat pomocí metody metabolomiky (Martínez-Castillo et al., 2022).

Během sekundárního metabolismu vznikají chemické sloučeniny – metabolity, které nejsou pro organismus esenciální a rostlina bez nich dokáže přežít. Při sekundárním metabolismu ovlivňuje arsen především neenzymatické antioxidanty a některé enzymy. As tak může ovlivňovat obsah kyseliny askorbové, chlorofilu a karotenoidů (Martínez-Castillo et al., 2022).

6 Metody stanovení arsenu v potravinách

6.1 Příprava vzorků

Před analýzou obsahu arsenu v potravině je nutné si předem vzorek připravit. Při kvantitativní analýze pevných potravin je nutné převést vzorek na formu roztoku mineralizací (EFSA, 2009).

Nejprve je vzorek nutno zahřívát za přítomnosti oxidačního činidla. Tím se rozloží organické složky vzorku, které se vyloučí ve formě plynného oxidu uhličitého a zachovají se pouze anorganické nebo minerální složky ve formě popela. Podle typu použitého oxidačního činidla se tento proces nazývá mineralizace na suché cestě nebo mineralizace na mokré cestě (EFSA, 2009).

Během rozkladu na suché cestě dochází k zahřátí vzorku v muflové peci. Teplota se během jedné hodiny postupně zvyšuje až na 500 °C. Při této teplotě se udržuje dalších 12 hodin. Před samotnou analýzou je vzniklý popel převeden na roztok pomocí kyseliny (Akinyele a Shokunbi, 2015).

Pro stanovení arsenu v potravinách se v dnešní době nejvíce používá mineralizace mokrou cestou, založená na zahřívání vzorku společně s kyselinou dusičnou v tlakové mikrovlnné peci. Tento postup dokáže účinně rozložit organickou hmotu a za daných podmínek přemění všechny formy arsenu v potravině na arseničnany. V případě, že během tohoto procesu nejsou podmínky dostatečně silné, některé formy arsenu, konkrétně arsenobetain, nejsou rozloženy na arseničnany. V případě, že při analýze použijeme krok tvorby hydridů, může tento fakt vést k chybovosti výsledků (EFSA, 2009).

Tvorba (generace) hydridů neboli tvorba par, je další možný krok přípravy vzorku. Při tomto procesu se převádí anorganický arsen na těkavou formu arsin (AsH_3), která pak slouží jako analyt. Tento krok přípravy vzorku lze využít u stanovení arsenu spektrometrickými metodami (EFSA, 2009).

6.2 Analytické metody pro stanovení celkového obsahu arsenu

Pro stanovení arsenu je k dispozici spektrofotometrická metoda s diethylthiokarbamátem stříbra (ISO 6595:1982), jejíž mez detekce je zhruba 1 $\mu\text{g/l}$. Více citlivá metoda je například atomová absorpční spektrometrie s elektrotermickou atomizací, atomová absorpční spektrometrie s generováním hydridů nebo hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Pro stanovení různých forem arsenu můžeme využít i vysokoučinnou kapalinovou chromatografii v kombinaci s hmotnostní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem (WHO, 2022).

6.2.1 Atomová absorpční spektrometrie (AAS)

Při atomové absorpční spektrometrii (AAS) je nutné mít analyzovaný vzorek připravený ve formě roztoku nebo v plynné formě. Analyt je při procesu zvaném atomizace rozložen na atomy, které absorbují světlo o určité vlnové délce charakteristické pro daný prvek. Atomizace probíhá obvykle pomocí plamene, nebo elektricky vyhříváné grafitové nebo křemíkové trubici. Při konvenční AAS je termický rozklad vzorku na atomy proveden pomocí plamene. Tento

způsob je příliš necitlivý na to, aby se dal použít pro stanovení arsenu. Proto se pro detekci arsenu musí AAS použít v kombinaci s krokem generování hydridů nebo s elektrotermickým ohřevem pro zvýšení stupně atomizace. Pomocí AAS s metodou generování hydridů lze stanovit koncentraci arsenu v potravinách při hodnotě zhruba 0,02 mg/kg sušiny (EFSA, 2009).

6.2.2 Atomová fluorescenční spektrometrie s generací hydridů (AFS)

Při atomové fluorescenční spektrometrii (AFS) jsou atomy analytu v plynné fázi excitovány na vyšší energii absorpcí elektromagnetického záření. V kombinaci s generováním hydridů poskytuje AFS vynikající citlivost pro detekci arsenu v potravinách. Při kvantitativní analýze dokáže tato metoda analyzovat koncentraci As při hodnotách až 0,01 mg/kg a méně. Nevýhodou této metody je, že je méně stabilní než AAS (EFSA, 2009).

6.2.3 Optická (atomová) emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP/OES)

Indukčně vázané plazma je vysokoenergetický excitační zdroj, který převádí vysoký podíl analytu do jeho excitovaného stavu. Při atomové emisní spektrometrii jsou atomy prvků excitovány do stavu s vysokou energií. Následně se vracejí do nižších energetických stavů a vyzařují světlo o vlnové délce charakteristické pro daný prvek. V kombinaci s generováním hydridů poskytuje ICP/OES kvantitativní údaje až do výše přibližně 0,015 mg As/kg sušiny (EFSA, 2009).

6.2.4 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP/MS)

Díky mnoha žádoucím vlastnostem, jako je například možnost stanovení více prvků a široký lineární dynamický rozsah, se hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP/MS) prosadila jako významná technika pro detekci stopových prvků v potravinách. Tato metoda využívá k rozkladu vzorku na jednotlivé prvky vysokoenergetické argonové plazma. Prvky jsou následně ionizovány a transportovány do hmotnostního spektrometru pro selektivní detekci a kvantifikaci. Pomocí této metody lze stanovit obsah As v potravinách v rozmezí 0,07-22 mg/kg sušiny (EFSA, 2009).

7 Víno a vinná réva

Historie výroby vína sahá až do 6. tisíciletí před naším letopočtem. Z období dnešní Gruzie a Arménie se zachovaly nejstarší nádoby na víno a nástroje, které by mohli dříve lidé k výrobě vína používat. První velký rozmach vinařství můžeme datovat od starověkého Egypta, odkud odvážely nákladní lodě víno až do antického Řecka. Z Řecka se vinařská kultura rozšířila do dalších zemí dnešní Evropy (Dominé et al., 2015).

Celosvětová rozloha vinic zaujímá 7,3 milionu hektarů. Do této plochy se započítávají vinice pro pěstování révy pro výrobu vína, produkci stolních hroznů a rozinek a také mladé neprodukční vinice. Vinná réva se celkem pěstuje v 93 zemích světa. Mezi největší producenty patří: Španělsko (955 tis. ha), Francie (812 tis. ha), Čína (785 tis. ha), Itálie (718 tis. ha), Turecko (410 tis. ha) a USA (390 tis. ha) (Situční a výhledová zpráva réva vinná a víno, 2023).

7.1 Vinná réva

Réva vinná, latinsky *Vitis vinifera*, je z botanického hlediska popínavá dřevnatá liána z čeledi révovitých, která ve volné přírodě roste rychle vzhůru přichycena k jiným rostlinám. Je to vytrvalá rostlina, jejíž růst a vývoj se mění v závislosti na prostředí. Dnes se rostlina pěstuje především pro produkci stolního vína, rozinek a hroznové šťávy. Existuje široká škála odrůd, které jsou specifické pro určité klimatické podmínky, nebo pro účely, ke kterým chceme hrozny využít. Vzhledem různým odrůd vinné révy se zabývá věda zvaná ampelografie (Creasy, 2009).

Z anatomického hlediska můžeme části rostliny rozdělit na kořenový systém, stonek, větve, plody, listy a úponky. Plodem rostliny jsou pravé bobule, které se vyvíjí z oplozeného latovitého květu, mají voskovitý vnější obal nazývaný kutikula, který se později ve vývoji bobulí objeví jako bílý nebo šedavý povlak na slupce. Kutikula pomáhá chránit bobuli před ztrátou vody a také proti napadení chorobami. Bobule tvoří hrozny, které obsahují zhruba 75–85 % vody, 15–25 % cukru, jsou zdrojem minerálních látek a vitaminů B6, C, E a K. Počet semen v bouli závisí na odrůdě révy (Creasy, 2009).

Všechny révovité rostliny tvoří úponky, které slouží k přichycení ke konstrukci a díky této opoře může réva vinná investovat méně energie do vývoje pevného kmene a více do růstu do délky (Creasy, 2009).

Kořenový systém slouží k ukotvení rostliny v zemi, ale také přijímá a rozvádí vodu a živiny, aby podpořil růst. Vliv na růst kořenů má struktura půdy, množství srážek a podzemní vody, hustota výsadby a výskyt konkurenčních rostlin. Při příznivých podmínkách mohou kořeny pronikat až do hloubky více než 10 metrů (Creasy, 2009).

7.2 Faktory ovlivňující pěstování vinné révy

Na délku aktivní fáze růstu vinné révy má vliv klimatická poloha, proto musí vinař vždy zvolit druh révy dle dané klimatické polohy. V podmínkách středohoří se krom dalších faktorů musí brát v potaz nadmořská výška, vodní toky a lesy v okolí, sklon a orientace parcely. Vinice umístěné ve vyšších svazích jsou více odolné proti jarním mrazům (Dominé et al., 2015). Těžký vítr může způsobit těžké fyziologické poškození rostliny. Jeho vlivem může dojít až ke snížení listové plochy, zpomalení zrání a ovlivňovat výpar vody. Negativní vliv mají i nadměrné

srážky, mlha a vysoká vlhkost. Existují vinice, na kterých je vzdušná vlhkost přirozeně vyšší. Tato místa jsou vhodná pro pěstování botrytických hroznů (Balík a Stávek, 2017).

Velký vliv na fyziologické pochody rostlin má sluneční záření, které ovlivňuje průběh a kvalitu fotosyntézy. Teplé sluneční paprsky se podílí na celkovém poměru cukrů a kyselin v hroznech, na jejich barvě a nástupu zralosti. Ideální teplota pro zrání hroznů je okolo 20-25 °C (Balík a Stávek, 2017).

Jedním z nejdůležitějších faktorů pro pěstování vinné révy je právě půda. Její barva, složení a textura mají vliv na tepelnou absorpci, odpařování vody a absorpci živin. Hrubá půdní textura usnadňuje propustnost vody do větší hloubky a tím usnadňuje extrakci vody kořenovým systémem. Čím je rostlina starší, tím má kořeny uloženy ve větší hloubce, a tím je více odolná vůči klimatickým výkyvům (Balík a Stávek, 2017).

7.3 Produkce vína v ČR

Produkce vína v ČR se pohybuje kolem 580 tisíc hl/rok. Z tohoto množství zaujmají asi $\frac{3}{4}$ vína bílá a $\frac{1}{4}$ vína červená. Během roku 2022 bylo z ČR vyvezeno 65 tisíc hektolitrů vinařských produktů. Mezi největší odběratele vín z ČR patří Slovensko a Německo.

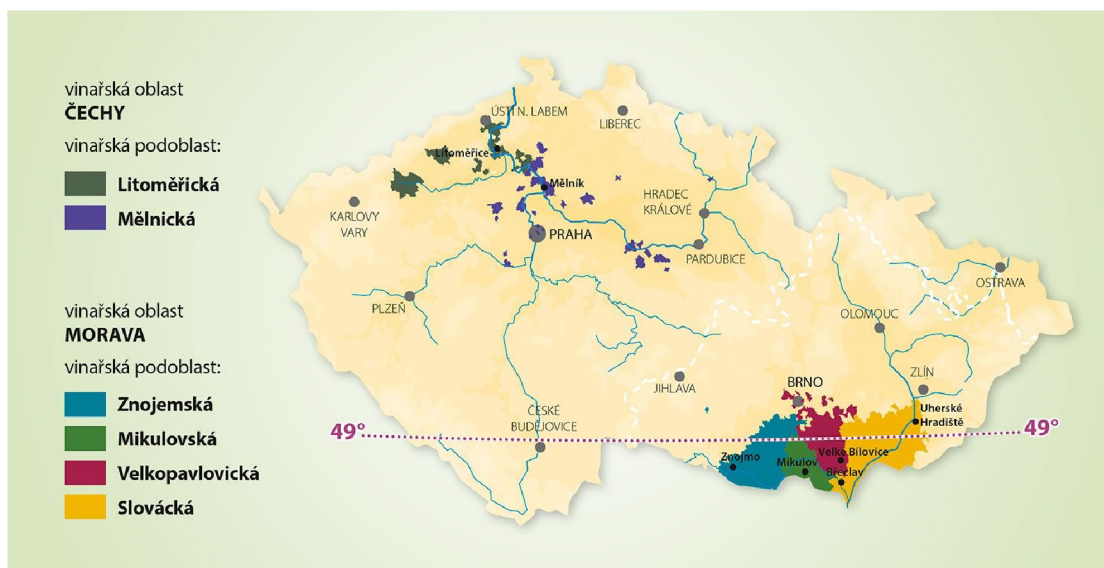
Za posledních pár let patří k nejvíce pěstovaným odrudám Veltlínské zelené, Ryzlink rýnský, Müller Thurgau a Ryzlink vlašský (Situační a výhledová zpráva réva vinná a víno, 2023).

7.3.1 Vinařské oblasti v ČR

V České republice se nachází dva vinařské regiony, Čechy a Morava. Do oblasti Moravy spadají podoblasti Znojemská, Mikulovská, Velkopopovická a Slovácká. Pod oblast Čechy spadají další dvě podoblasti. Podoblast Litoměřická a Mělnická.

Vinohrady v oblasti Čechy představují asi 4 % ze všech registrovaných vinic v České republice. Nachází se zde celkem 696 hektarů vinic, z toho 171 viničních tratí, 75 vinařských obcí a 185 registrovaných pěstitelů (Situační a výhledová zpráva réva vinná a víno, 2023).

Mělnická podoblast zahrnuje i vinice v okolí Kutné Hory, o kterých právě tato práce pojednává. Dále sem spadají vinice v okolí Mělníka, Berouna, Slaného a drobné vinice v Praze, Benátkách nad Jizerou a Kralupech nad Vltavou. (Národní vinařské centrum).



Obrázek 3 Vinařské oblasti ČR (Národní vinařské centrum)

7.4 Obsah látek ve víně

„Vino obsahuje více než tisíc látek, z nichž některé nebyly ještě přesně analyzovány.“ (Dominé et al., 2015) Z 80 až 90 % se skládá z vody. V závislosti na druhu vína se liší obsah taninů, organických kyselin, minerálních látek, pektinu a ethylalkoholu (Dominé et al., 2015). Průměrný obsah alkoholu se ve víně pohybuje okolo 7–15 % (55-120 g/l). Alkohol, přesněji ethanol, vzniká během alkoholové fermentace pomocí kvasinek. Cukry obsažené ve víně se během tohoto procesu mění na ethanol a oxid uhličitý. Skutečný obsah alkoholu ve víně se vyjadřuje v objemových jednotkách (% obj.) (Balík a Stávek, 2017).

Hlavními organickými kyselinami, které jsou zastoupeny ve víně, je kyselina vinná, jablečná, citronová, jantarová a octová. Jantarová a octová kyselina vznikají ve víně během procesu fermentace. Hrozny obsahují také kyselinu askorbovou, její obsah se ale během procesu fermentace snižuje. Celkový obsah organických kyselin se může pohybovat až do 6 g/l (Nemzer et al., 2021).

Ve víně jsou také přítomny aminokyseliny, které vznikají z dusíkatých látek používaných při kultivaci vinné révy. V nejvyšších koncentracích se zde vyskytuje prolin, jelikož tuto aminokyselinu nedokáží kvasinky ve víně zpracovat. Dalšími aminokyselinami jsou například alanin, kyselina glutamová, glutamin, arginin, a kyselina γ -aminomáselná (Nemzer et al., 2021). Vyšší obsah aminokyselin, a především z nich složených bílkovin, je vzhledem k jejich nestabilitě ve víně nežádoucí. Jejich nízká stabilita může vést k vytváření zákalů (Balík a Stávek, 2017).

Dalšími látkami, které ovlivňují především chuť, barvu, hořkost a proces zrání, jsou polyfenoly. Jedná se o fenolické sloučeniny s jednou nebo více hydroxylovými skupinami vázanými k aromatickému kruhu benzenu. Je nutno zmínit, že mezi bílými a červenými odrůdami existuje významný rozdíl v obsahu fenolických látek. Červené odrůdy obsahují fenolických látek více, a to zhruba 450 mg/l. U bílých odrůd je to zhruba 250 mg/l. Nejvýznamnější fenolové látky obsažené v lidské výživě jsou fenolové kyseliny, flavonoidy a třísloviny. Fenolické sloučeniny detekované ve víně jsou především kyseliny

hydroxyskořicová a hydroxybenzoová, flavanoly, flavonoly, flavony, flavanonoly, stilbeny a antokyany (Čeryová et al., 2021).

Polyfenoly mají řadu pozitivních účinků na lidské zdraví. Kromě antioxidačního účinku studie potvrzují i protizánětlivý, antitrombotický a antihypertenzní účinek. Polyfenoly obsažené ve víně mohou působit preventivně proti gastrickým onemocněním a zároveň působí jako probiotika (Čeryová et al., 2021).

Dalšími látkami, které mohou mít příznivý vliv na lidské zdraví, jsou vitamíny. Jejich obsah ve víně je ovšem zanedbatelný. Do vína je sice povoleno přidávat kyselinu L-askorbovou (vitamin C), ale ta se během oxidačně redukčních reakcí rychle spotřebuje. Vitamin C však najdeme v čerstvých hroznech a nezkašeném moštu. Malé množství vitaminů skupiny B můžeme najít v burčáku (Balík a Stávek, 2017).

Víno obsahuje také řadu minerálních látek, a to především draslík, vápník, hořčík a řadu dalších. Jejich obsah je závislý na složení půdy vinice a mění se vlivem vysrážení nebo využitím kvasinkami. Jejich celkové množství se vyjadřuje jako obsah popela, který vznikne po vysušení a spálení vína. V České republice nejsou v současnosti stanoveny minimální hodnoty. Při hodnotách pod 1,2 g/l může vznikat podezření na přídavek vody do vína (Balík a Stávek, 2017).

I když hlavním faktorem ovlivňujícím minerální složení vína je geografický původ, na obsah minerálních látek může mít značný vliv i technologický proces výroby jako je čiření, zrání v dubovém sudu, doba macerace nebo acidifikace. Například přídavek bentonitu během čiření vína zvyšuje koncentraci nejen Na a Ca, ale také Li, Be, Mg, Al, Sc, V, Mn, Fe, Co, Ni, Ga, Ge, As, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, Sn, Sb, Ba, W, Tl a Bi. Během zrání vína v dubových sudech se zvyšuje koncentrace Al, Fe a V a dlouhodobá macerace se slupkami hroznů často zvyšuje koncentraci Cr, Cu, Fe a Zn (Shimizu et al., 2020).

7.5 Legislativa a falšování vína

Mezi sledované parametry vína spadá bezpečnost, jakost, falšování a označování. Z hlediska bezpečnosti se posuzuje obsah oxidu siřičitého, konzervantů (kyselina sorbová a benzoová), a kontaminantů (pesticidy, rizikové prvky, mykotoxiny). Z pohledu jakosti se posuzuje především obsah cukru a alkoholu, barva, vůně, chuť, vzhled a perlení vína. U vín se nejčastěji falšuje geografický původ hroznů, botanický původ etanolu nebo se do vína přidávají látky, které nejsou povoleny. Přidávají se například syntetická barviva a aroma, voda, glycerol nebo náhradí sladidla (Situační a výhledová zpráva réva vinná a víno, 2023).

Jednou z možností falšování je technologický postup přidání moštu z jiného druhu ovoce, nejčastěji jablečného. Tento podvod se dá ověřit množstvím sorbitolu. Obsah sorbitolu ve víně by neměl přesáhnout 100 mg/l (Michlovský, 2014).

V roce 2022 provedla Státní zemědělská a potravinářská inspekce kontrolu 1511 šarží vína (708 šarží vína z ČR). Z tohoto počtu bylo laboratorně analyzováno 734 šarží. Celkem 419 šarží bylo označeno za nevyhovující vzhledem k výše zmíněným parametrům. Nejvíce šarží nevyhovělo z důvodu špatného označení (Situační a výhledová zpráva réva vinná a víno, 2023).

Vinařství v České republice podléhá regulaci v rámci společné zemědělské politiky EU. Mezi základní nařízení spadá nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1308/2013, ze dne 17. prosince 2013, kterým se stanoví společná organizace trhů se zemědělskými produkty, a zrušují nařízení Rady (EHS) 922/72, (EHS) č. 234/79, (ES) č. 1037/2001 a (ES) č. 1234/2007,

v platném znění, nejnovější konsolidované znění ze dne 1. 1. 2023 a další doplňující nařízení. „Stěžejním právním předpisem v ČR je zákon č. 321/2004 Sb., o vinohradnictví a vinařství a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o vinohradnictví a vinařství), ve znění pozdějších předpisů.“ (Situační a výhledová zpráva réva vinná a víno, 2023)

8 Metodika

Po dlouhé snaze a komunikaci s vinaři z okolí Kutné Hory se podařilo sjednat povolení na odběr vzorků půdy, listů a hroznů vinné révy z Vinice v jezuitské zahradě, která je majetkem Středočeského kraje. Hospodaření s pozemkem má na starosti Galerie Středočeského kraje.

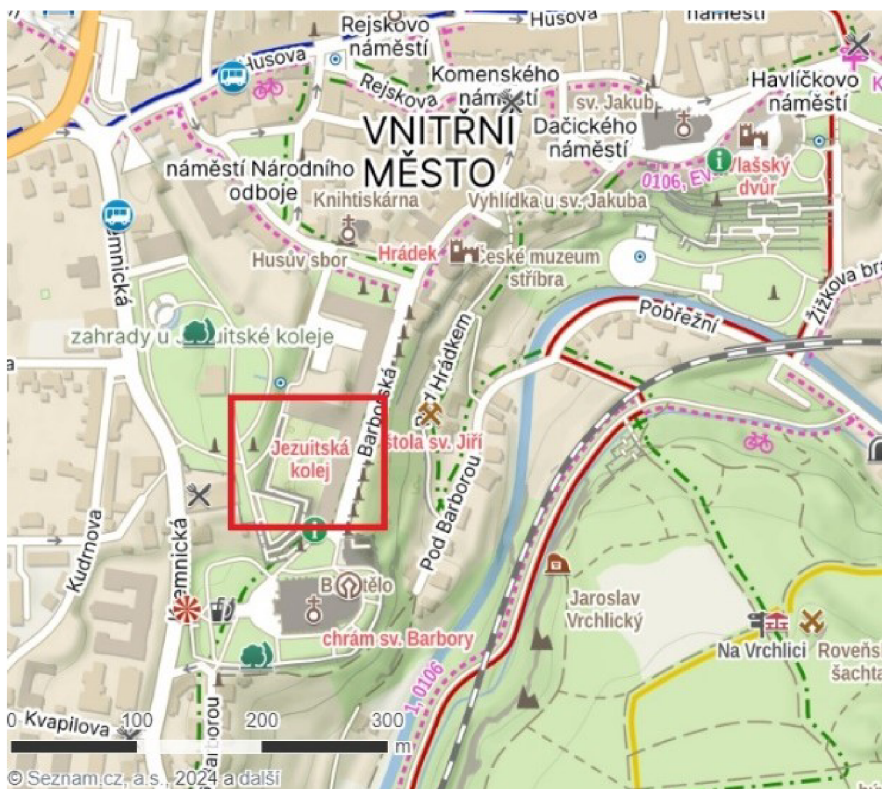
Odběr vzorků pro analýzu se uskutečnil v září 2023. Následovala laboratorní zpracování vzorku: sušení, rozklad a samotná analýza. (viz 8.1. Postup) Pro analýzu byla využita metoda atomové emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP/OES) a získaná data byla statisticky vyhodnocena v programech MS Excel a Statistica 12.

8.1 Postup

8.1.1 Místo odběru vzorků

Je obecně známo, že Kutná Hora vzhledem k historii těžby stříbra spadá do lokalit s vyšším obsahem arsenu v půdách. Těžba zde začala již ve 13. století a její největší rozkvět přineslo 14. a 16. století. Vzhledem k tomu, že se víno pěstuje na území Kutné Hory už od dob středověku, představuje toto město ideální podmínky pro odběr vzorků za účely této diplomové práce.

Vinici v jezuitské zahradě spravuje společnost Vinné sklepy Kutná Hora. Výkaz ploch ze stabilního katastru z roku 1845 udává, že v tomto roce byla plocha vinic v Kutné Hoře 1 ha (18 a 36 m²). Místo, na kterém proběhl odběr vzorku, je ovšem podle historické mapy z tohoto roku označeno pouze jako nezpevněná plocha, ne jako vinice (Ústřední archiv zeměměřictví a katastru). Přesný rok založení dané vinice nelze podle pracovníků ze Státního okresního archivu Kutná Hora přesně určit. „*Obecně lze říci, že vinice v okolí chrámu sv. Barbory se pravidelně zmiňují již v nejstarší dochované městské knize, tj. od 20. let 15. století (což mj. znamená, že jsou alespoň částečně ještě starší, snad ze 14. století), nicméně přesnou topografií se dosud nikdo nikdy nezabýval.*“ (Pohanka, Státní okresní archiv Kutná Hora – Příloha II (email))

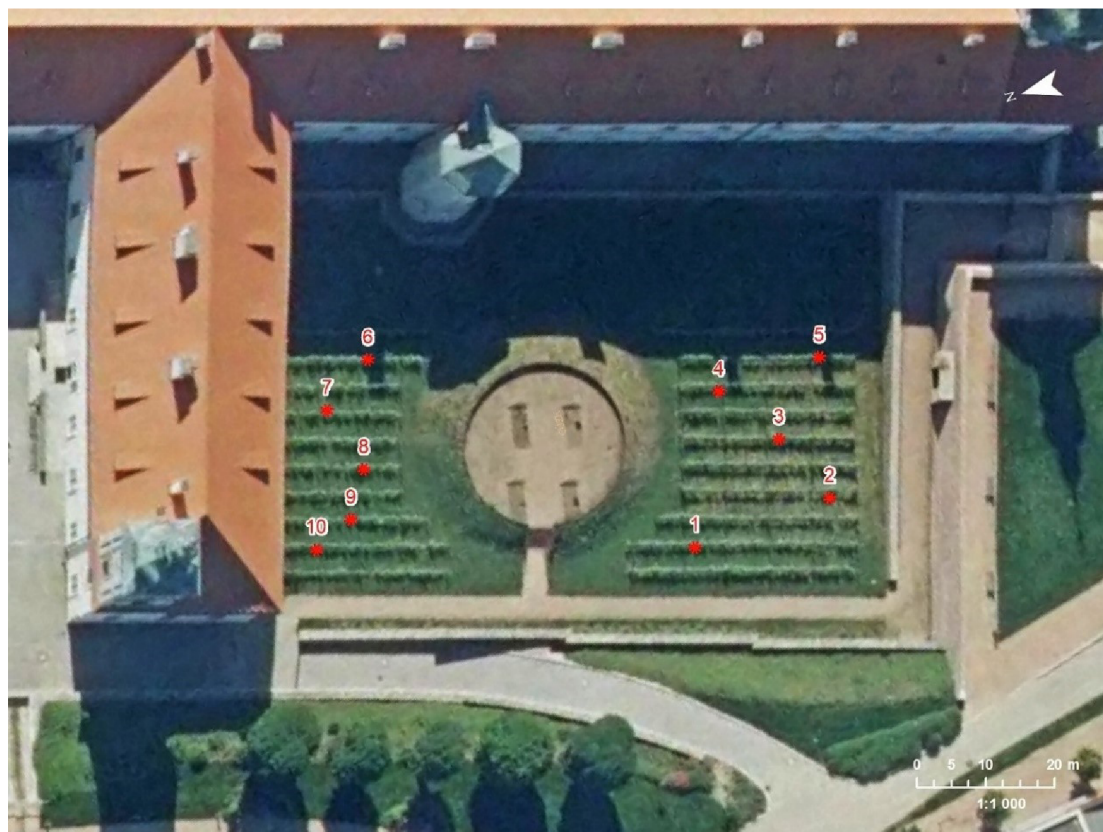


Obrázek 4 Místo odběru vzorku (Mapy CZ)

8.1.2 Odběr vzorků

Vzhledem k velikosti pozemku byly vzorky odebrány z 10 míst rovnoměrně rozložených po vinici, vždy mezi sloupky opěrného plotu pro vinnou révu. Vzorek zeminy byl odebrán půdním vrtákem z hloubky 0-25 cm. Na jednom místě odběru byly odebrány 4 vpichy v okolí keře vinné révy, které byly homogenizované lopatkou v plastovém kyblíku. Na jeden vzorek byl odebrán zhruba 1 kg do igelitového pytlíku, který byl nadepsán příslušným číslem vzorku (KH1-KH10).

Současně s odběrem půdy byly odebrány i vzorky listů a hroznů z příslušné vinné révy. Do igelitového sáčku nadepsaného číslem vzorku (KH1/L-KH10/L) bylo odebráno 5-6 listů a 1 hrozen vína (KH1/H-KH10/H). Listy i hrozny byly z keře odstříhnuty zahradnickými nůžkami.



Obrázek 5 Rozmístění odběru vzorků



Obrázek 6 Odběr vzorku KH7

8.1.3 Sušení a homogenizace

Vzorky půdy byly sušeny na vzduchu a po usušení byla půda přesáta přes síto s oky o velikosti 2 mm a homogenizována v keramickém hmoždíři.

Z důvodu možného znečištění vzorku prachem z okolí proběhl před sušením oplach hroznů i listů pitnou vodou a následně vodou destilovanou. Půda, listy i hrozny byly sušeny v horkovzdušné sušárně značky Memert při teplotě 40 °C do konstantní hmotnosti.

Vzhledem k vysoké cukernatosti hroznů se nepodařilo hrozny zcela usušit. Proto byly cukernaté bobule rozkrájeny kuchyňským nožem, vloženy do baňky zakryté parafilmem a uloženy na několik dní do mrazáku. Následovala lyofilizace v přístroji Telstar Cryodos po dobu jednoho týdne. Některé bobule stále nebyly dosušeny, proto byl před analýzou odebrán 1,000 g všech vzorků hroznů na hodinové sklo a sušen při 70 °C po dobu dvou týdnů a přepočítán na obsah sušiny. Listy i hrozny byly rozmixovány laboratorním mixérem na jemný prášek.

Číslo vzorku	Obsah sušiny vzorku před analýzou (%)	Hmotnost sušiny z celkové navážky 0,6 g
KH1/H	73,9 %	0,443 g
KH2/H	77,0 %	0,462 g
KH3/H	75,1 %	0,451 g
KH4/H	73,4 %	0,440 g
KH5/H	71,8 %	0,431 g
KH6/H	75,3 %	0,452 g
KH7/H	74,6 %	0,448 g
KH8/H	71,8 %	0,431 g
KH9/H	74,8 %	0,449 g
KH10/H	72,7 %	0,436 g

Tabulka 5 Přepočet na obsah sušiny hroznů

8.1.4 Rozklad vzorků

8.1.4.1 Rozklad vzorků půdy

Pro rozklad vzorků byla použita metoda extrakce lučavkou královskou. Jedná se o směs 65 % kyseliny dusičné (Lach-Ner, s.r.o., Neratovice, ČR) a 37 % kyseliny chlorovodíkové (AnalaR NORMAPUR, VWR International, S.A.S.). Všechny vzorky byly rozkládány ve dvou opakováních vždy společně se třemi slepými vzorky.

Jelikož se teflonové nádoby uchovávají v 10% HCl, před zahájením rozkladu je nutné je z kyseliny vyjmout pomocí kleští, omýt deionizovanou vodou a usušit. Následně po ukončení rozkladu jsou nádoby šetrně omyty pomocí saponátu, opláchnuty deionizovanou vodou a následně znovu uloženy do nádoby s 10% HCl. Nádoby na rozklad půdy a rozklad rostlinných částí jsou odlišné, aby při opětovném použití nedošlo ke kontaminaci vzorku.

Postup byl následovný. Do teflonové nádoby (Savillex, Eden Prairie, Minnesota, USA) se navážil 1 g vzorku půdy (s přesností na tisícinu), ke kterému se pomocí automatického

dávkače přidalo 7 ml směsi kyselin HCl a HNO₃. Lahve se zavičkovaly a nechaly odstát při pokojové teplotě do dalšího dne.

Následující den se teflonové nádoby uzavřely speciálním klíčem a po dobu 2 hodin byly zahřívány na topné desce při 160 °C. Po uplynutí 2 hodin se vzorky nechaly zchladnout a teflonové nádoby se otevřely pomocí speciálního klíče. Jednotlivé vzorky byly deionizovanou vodou (konduktivita 0,055 μS/cm) kvantitativně převedeny do odměrné baňky o objemu 50 ml. Poté byl takto připravený vzorek přefiltrován pomocí nálevky s filtračním papírem do nové PVC zkumavky o objemu 50 ml (UNECE, 2006).

Před samotnou analýzou bylo třeba vzorek 10x zředit. Z PVC zkumavky byl automatickou pipetou odebrán 1 ml vzorku do čisté kádinky. Ke vzorku se pomocí automatického dávkače přidalo 9 ml deionizované vody. Těchto celkem 10 ml se pomocí stříkačky a nylonového filtru (velikosti pórů 0,45 μm) přefiltrovalo do 12 ml zkumavky nadepsané příslušným číslem vzorku (Dajčl et al., 2022). Takto byl vzorek plně připraven k analýze.



Obrázek 7 Filtrace vzorku

8.1.4.2 Rozklad vzorku listů a hroznů

Postup rozkladu vzorku rostlinné biomasy byl podobný rozkladu vzorků půdy. Pro rozklad vzorku listů bylo do teflonové nádoby naváženo vždy 0,5 g (s přesností na tisíciný). Následně se přidalo 10 ml koncentrované HNO₃ (koncentrace 67-69 %; Analytika, spol. s.r.o., Praha, ČR), nádobka se přikryla víčkem a nechala odstát do druhého dne. Následující postup byl stejný jako u rozkladu vzorků půdy (Rondevaldova et al., 2022).

Pro rozklad hroznů byla navážka vzorku 0,6 g (s přesností na tisícinu). Vzhledem k obsahu vlhkosti byl proveden přepočít na sušinu (viz. 8.1.2 Sušení a homogenizace). K této navážce se stejně jako u rozkladu listů přidalo 10 ml kyseliny dusičné a následoval postup stejný jako při rozkladu půdy (Rondevaldova et al., 2022).

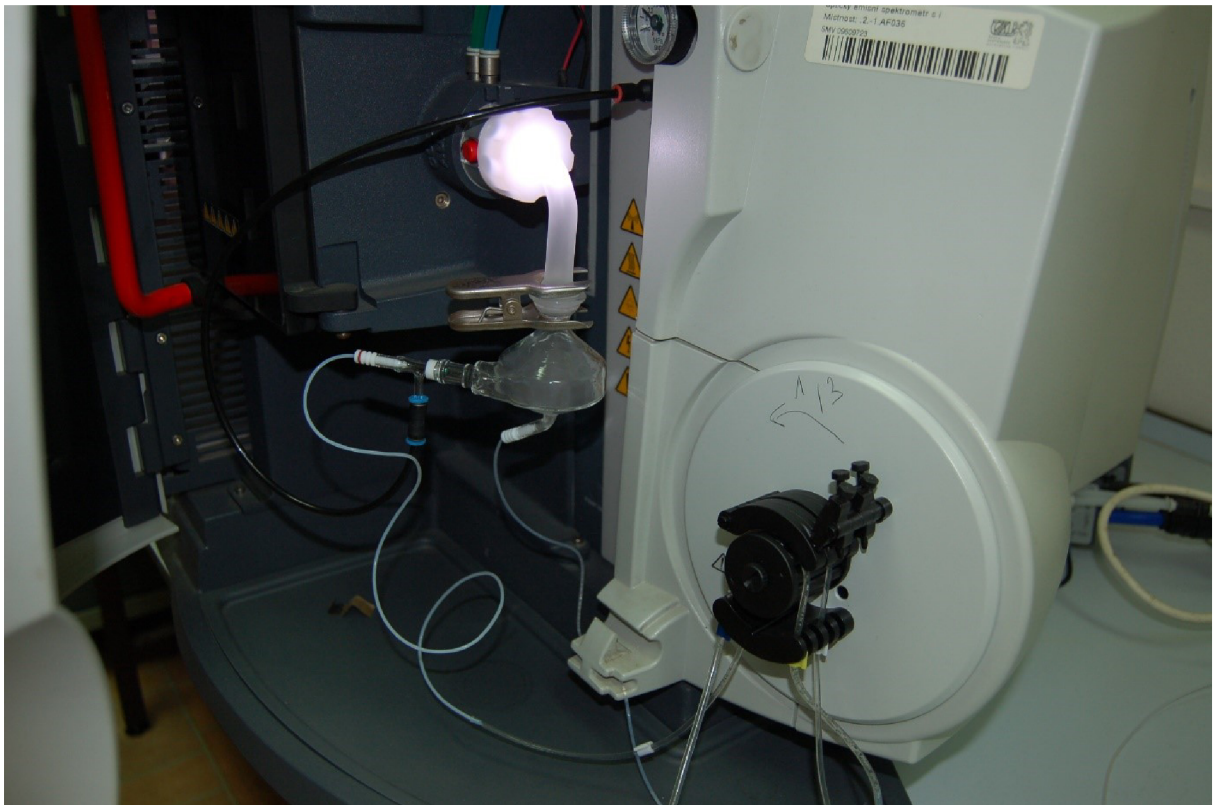
Stejně jako u vzorků půdy byly vzorky rozkládány ve dvou opakováních, vždy společně se třemi slepými vzorky.

8.1.5 Analýza vzorků

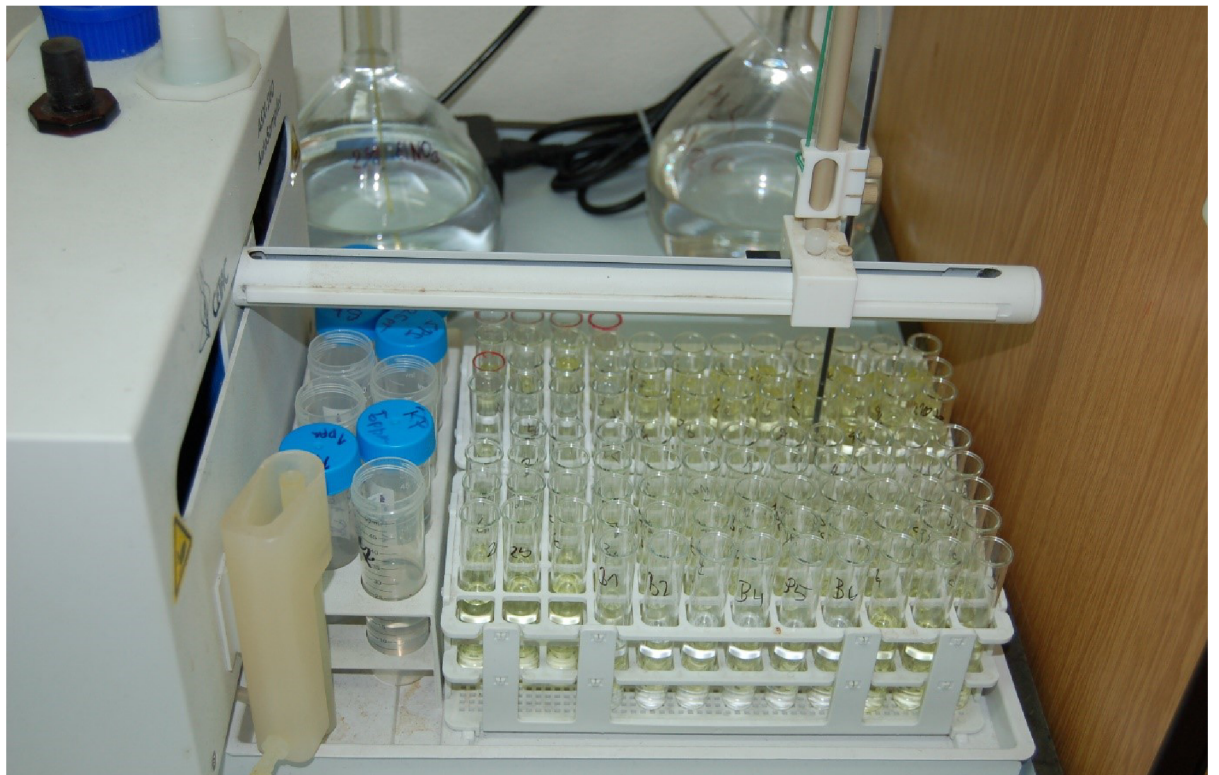
Pro analýzu vzorků byla vybrána analytická metoda optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES iCAP 7000, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA). Jelikož tato metoda umožňuje stanovit více prvků najednou, společně s arsenem byl stanoven hliník, bor, barium, berilium, vápník, kadmium, kobalt, chrom, měď, železo, draslík, hořčík, mangan, sodík, nikl, fosfor, olovo, síra, antimon, křemík, vanad a zinek. Výsledek analýzy těchto prvků je popsán v podkapitole 10.4 Obsah dalších stopových prvků. Jednotlivé vzorky byly analyzovány vždy ve dvou opakováních a níže zpracované výsledky mapují průměr naměřených hodnot.



Obrázek 8 ICP/OES



Obrázek 9 Rozprašovač vzorku



Obrázek 10 Automatický podavač vzorku

9 Výsledky

Při optické emisní spektrometrii s indukčně vázaným plazmatem je detekční limit pro arsen 0,0020 mg/l. Nižší jsou popsány statisticky zpracované výsledky analýzy společně s tabulkami naměřených hodnot. Jelikož byl vzorek před analýzou 10x naředěn, bylo nutné výsledky 10x vynásobit. Abychom mohli určit kolik As obsahuje 1 kg půdy, byl proveden přepočítání z mg/l na mg/kg.

9.1 Obsah arsenu v půdě, hroznech a listech

Ve všech vzorcích půdy byl arsen detekován. Průměrný obsah arsenu 53,0 mg/kg (směrodatná odchylka 14,5) půdy. Nejvyšší obsah As byl naměřen u vzorku číslo KH1, a to 78,7 mg/kg. Naopak nejnižší množství As bylo stanoveno u vzorku číslo KH10, a to 32,4 mg/kg.

As v půdě (mg/kg)	
Maximum	78,7
Minimum	32,4
Median	51,9
Průměr	53,0

Tabulka 6 Výsledky arsenu v půdě

Výsledky jsou podrobněji rozepsány v příloze č.1. V hroznech ani v listech nebyl arsen při detekčním limitu 0,0020 mg/l detekován ani v jednom vzorku. Z toho důvodu byly rozložené vzorky hroznů a listů analyzovány znovu, v neřaděném stavu. Ani v neřaděném stavu nebyl u daných vzorků arsen detekován.

Označení vzorku	Obsah As ve vzorku půdy (mg/l)	Obsah As ve vzorku půdy (mg/kg)
KH1 (půda)	1,57	78,7
KH2 (půda)	1,06	53,0
KH3 (půda)	1,29	64,5
KH4 (půda)	1,02	50,9
KH5 (půda)	1,28	64,0
KH6 (půda)	0,745	37,2
KH7 (půda)	1,21	60,6
KH8 (půda)	0,753	37,7
KH9 (půda)	1,01	50,7
KH10 (půda)	0,647	32,4
KH1/L (list)	ND	ND
KH2/L (list)	ND	ND
KH3/L (list)	ND	ND
KH4/L (list)	ND	ND
KH5/L (list)	ND	ND
KH6/L (list)	ND	ND
KH7/L (list)	ND	ND
KH8/L (list)	ND	ND
KH9/L (list)	ND	ND
KH10/L (list)	ND	ND
KH1/H (hrozny)	ND	ND
KH2/H (hrozny)	ND	ND
KH3/H (hrozny)	ND	ND
KH4/H (hrozny)	ND	ND
KH5/H (hrozny)	ND	ND
KH6/H (hrozny)	ND	ND
KH7/H (hrozny)	ND	ND
KH8/H (hrozny)	ND	ND
KH9/H (hrozny)	ND	ND
KH10/H (hrozny)	ND	ND

Tabulka 7 Výsledky analýzy

*ND = nebylo detekováno

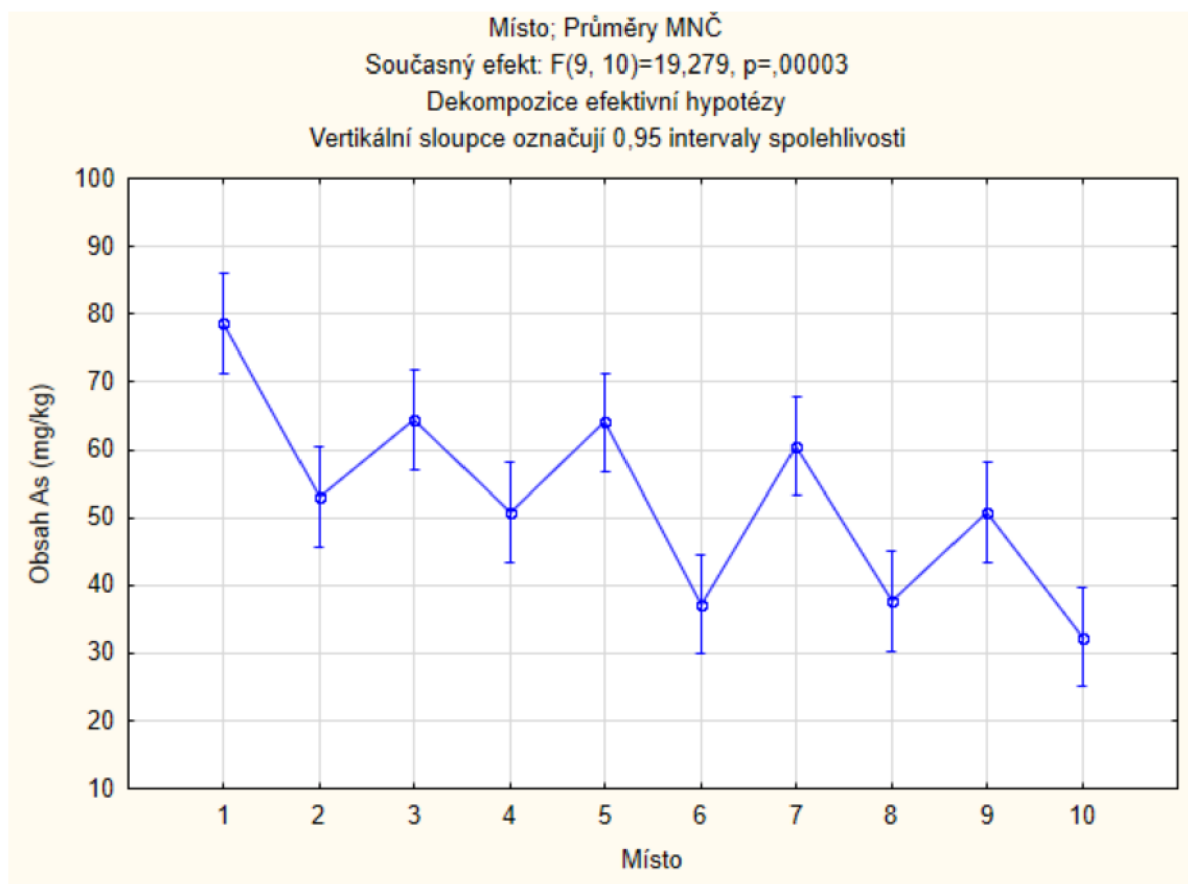
9.1.1 Vyhodnocení ve statistickém programu Statistica 12

Pro zjištění, zda existuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými místy odběru vzorků (KH1 – KH10) byl použit statistický test ANOVA v programu Statistica 12, s nulovou hypotézou – neexistuje statisticky významný rozdíl mezi obsahem arsenu na jednotlivých odběrových místech. Jelikož výsledná hodnota p je menší než hodnota testovacího kritéria $p=0,05$, můžeme zamítnout nulovou hypotézu a víme, že alespoň jedna kombinace skupin nemá stejnou střední hodnotu.

Jednorozměrné testy významnosti pro Obsah As (mg/kg) (Výsledky pro statistiku)
 Sigma-omezená parametrizace
 Dekompozice efektivní hypotézy

Efekt	SČ	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	56095,11	1	56095,11	2571,702	0,000000
Místo	3784,61	9	420,51	19,279	0,000035
Chyba	218,12	10	21,81		

Obrázek 11 Výsledek testu ANOVA (Statistica 12)



Obrázek 12 Průměry obsahů As (Statistica 12)

Po použití Scheffého testu můžeme zhodnotit, která odběrová místa se mezi sebou statisticky významně liší.

Scheffeho test: proměnná Obsah As (mg/kg) (Výsledky pro statistiku)											
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy											
Chyba: meziskup. PC = 21,812, sv = 10,000											
Č. buňky	Místo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
	1	78,709	52,969	64,526	50,854	64,011	37,225	60,579	37,662	50,699	32,365
1	1		0,035776	0,480760	0,021581	0,438312	0,001092	0,216643	0,001192	0,020803	0,000431
2	2	0,035776		0,713037	0,999998	0,756923	0,358853	0,959978	0,390860	0,999996	0,122663
3	3	0,480760	0,713037		0,524679	1,000000	0,024623	0,999613	0,027328	0,511233	0,007938
4	4	0,021581	0,999998	0,524679		0,570157	0,528432	0,856589	0,567026	1,000000	0,199931
5	5	0,438312	0,756923	1,000000	0,570157		0,027843	0,999875	0,030912	0,556378	0,008925
6	6	0,001092	0,358853	0,024623	0,528432	0,027843		0,063581	1,000000	0,542025	0,998057
7	7	0,216643	0,959978	0,999613	0,856589	0,999875	0,063581		0,070635	0,846063	0,019823
8	8	0,001192	0,390860	0,027328	0,567026	0,030912	1,000000	0,070635		0,580858	0,996334
9	9	0,020803	0,999996	0,511233	1,000000	0,556378	0,542025	0,846063	0,580858		0,207002
10	10	0,000431	0,122663	0,007938	0,199931	0,008925	0,998057	0,019823	0,996334	0,207002	

Obrázek 13 Výsledek Scheffého testu (Statistica 12)

Zde vidíme výsledek Scheffého testu, kde jsou uvedeny výsledky pro všechny kombinace skupin (odběrových míst KH1-KH10). Červená čísla označují výsledky, kde je hodnota p menší než hodnota testovacího kritéria $p=0,05$, tudíž se obsah arsenu na jednotlivých místech mezi sebou statisticky významně liší. Na první pohled můžeme vidět, že odběrové místo číslo 1 (KH1) se statisticky významně liší od nejvíce míst (od KH2, KH4, KH6, KH8, KH9, KH10).

9.2 Obsah dalších stopových prvků

9.2.1 Půda

Kromě arsenu byly v půdním vzorku detekovány také chrom, měď, mangan, nikl, olovo, antimon, zinek a hliník a kadmium ($Cd < Sb < Ni < Cr < Cu < Pb < Zn < Mn < Al$). Po analýze nezředěných roztoků byly tyto prvky detekovány i ve vzorcích hroznů a listů. Průměrné obsahy analytů jsou popsány v tabulkách níže.

Obsah dalších prvků (mg/kg) - PŮDA								
	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al
Průměr PŮDA:	20,7	32,3	313	19,4	33,5	3,08	91,9	13770
Směrodatná odchylka:	2,86	4,07	43,5	3,82	9,10	0,97	25,8	2000

Tabulka 8 Obsah dalších prvků v půdě

Maximální a minimální detekované koncentrace v půdním vzorku (mg/kg)			
	Max.	Min.	Medián
Cr	26,4	15,0	21,1
Cu	39,8	23,8	32,2
Mn	452	255	308
Ni	29,5	14,0	18,5
Pb	47,0	18,8	36,2
Sb	4,5	0,9	3,4
Zn	181	61,8	92,4
Al	16830	10024	13635
Cd	1,5	0,9	1,2

Tabulka 9 Maximální a minimální detekované koncentrace prvků v půdním vzorku

9.2.2 Hrozny a listy

Obsah dalších prvků (mg/kg) - HROZNY								
	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al
Průměr HROZNY:	0,22	25,2	8,19	0,37	0,39	0,22	8,52	16,9
Směrodatná odchylka:	0,02	7,68	1,29	0,19	0,09	0,11	4,32	4,51

Tabulka 10 Obsah dalších prvků v hroznech

Obsah dalších prvků (mg/kg) - LISTY								
	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al
Průměr LIST:	0,35	536	57,5	1,23	0,36	0,17	21,7	13,3
Směrodatná odchylka:	0,06	233	27,4	0,38	0,11	0,08	5,51	3,32

Tabulka 11 Obsah dalších prvků v listech

10 Diskuze

Výsledky analýzy potvrzují zvýšený obsah arsenu v půdním vzorku. Příčinou zvýšeného obsahu rizikových prvků v půdách Kutné Hory je historická těžba a tavba stříbrné rudy. Dodnes se v blízkosti města nacházejí struskové haldy, které jsou zdrojem rizikových prvků s prokázanou mobilitou v životním prostředí (Ash et al., 2013). Jak je ale možné, že arsen nebyl detekován v listech ani hroznech vinné révy? Představuje tedy arsen hrozbu pro vinaře hospodařící v rizikové oblasti?

Preventivní limity rizikových látek a prvků v zemědělské půdě určuje vyhláška č. 153/2016 Sb., o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Preventivní hodnoty jsou stanoveny k různým kategoriím půdy. Běžnou půdou jsou myšleny půdy písčito-hlinité, hlinité, jílovitohlinité a jílovité půdy, které zaujímají převážnou část zemědělsky využívaných půd. Lehká půda charakterizuje půdy vzniklé na velmi lehkých a chudých matečních horninách jako jsou písky a šterkopísky. Při překročení těchto hodnot by mělo mít za následek přijetí preventivních opatření pro snížení vstupu rizikových látek do půdy. Vyhláška stanovuje i indikační hodnoty, které při překročení mohou signalizovat ohrožení zdravotní nezávadnosti potravin nebo krmiv, ohrožení růstu rostlin a produkční funkce půdy nebo ohrožení zdraví lidí a zvířat.

Indikační hodnota arsenu v půdě, při jejímž překročení může dojít k ohrožení zdravotní nezávadnosti potravin a lidského zdraví, odpovídá při extrakci lučavkou královskou, 40 mg/kg půdy (Vyhláška č. 153/2016 Sb.).

Kategorie půd	Preventivní hodnota rizikových prvků v půdě (mg/kg sušiny)										
	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn
Běžné půdy	20	2,0	0,5	30	90	60	0,3	50	60	130	120
Lehké půdy	15	1,5	0,4	20	55	45	0,3	45	55	120	105

Tabulka 12 Preventivní hodnota rizikových prvků v půdě (Příloha č. 1 k vyhlášce č. 153/2016 Sb)

Všechny analyzované půdní vzorky překračují preventivní hodnotu pro arsen (20 mg/kg). Většina vzorků překračuje i indikační hodnotu 40 mg/kg. Pouze vzorky KH6 a KH10 tento indikační limit splňují.

Z ostatních analyzovaných prvků překračuje preventivní hodnotu v půdě pouze průměrný obsah kadmia (1,21 mg/kg). Preventivní hodnota pro tento prvek je 0,5 mg/kg. Průměrný obsah kadmia však při této koncentraci nepřesahuje indikační hodnotu pro ohrožení zdravotní nezávadnosti potravin (1,5 – 2,0 mg/kg) ani indikační hodnotu pro ohrožení lidského zdraví (20 mg/kg). Pouze maximální detekovaná koncentrace Cd (1,5 mg/l) u vzorku KH3 odpovídá indikačnímu limitu pro ohrožení zdravotní nezávadnosti potravin. Preventivní limity pro mangan, antimon ani hliník nejsou v této vyhlášce uvedeny (Vyhláška č. 153/2016 Sb.).

Kadmium je kov, pro člověka toxický, chová se jako kumulativní jed a má teratogenní účinek. Jeho toxicita spočívá v inhibici sulfhydrolových enzymů a kompetici se zinkem, mědí a železem. Dle IRAC se řadí do skupiny látek karcinogenních pro člověka (skupina 1) (Rychlíková, 2015). Má kardiotoxický účinek a může být příčinou aterosklerózy, hypertenze nebo infarktu myokardu (Sevim, 2020). Kadmium je významný polutant životního prostředí

a jeho zdrojem je antropogenní činnost, jako například spalování uhlí, emise z průmyslu, používání agrochemikálií a skladování odpadů. Přirozeně se vyskytuje v zemské kůře a jeho obsah v půdě se běžně pohybuje kolem 0,2 – 0,4 mg/kg. V rizikových oblastech však může jeho půdní koncentrace dosahovat až 160 mg/kg (Rychlíková, 2015). I když dle analýzy vzorku půdy z Jezuitské vinice jeho průměrná koncentrace nepřekračuje indikační hodnotu pro ohrožení zdravotní nezávadnosti potravin, překračuje preventivní hodnotu rizikových prvků a může signalizovat potenciální riziko.

Existuje možná interakce mezi kadmíem a arsenem, která zvyšuje míru toxicity na lidský organismus. Výsledky studií provedených v Číně a Belgii ukazují, že lidé, kteří jsou vystaveni vyšším koncentracím kadmia a anorganického arsenu zároveň, vykazují více příznaků poškození ledvin než skupina lidí, která je vystavena pouze jednomu prvku. Pro potvrzení této interakce je třeba dalších studií (EFSA, 2009).

Maximální limity některých rizikových prvků v potravinách jsou popsány v Nařízení Komise (EU) 2023/915 ze dne 25. dubna 2023. Tímto nařízením je stanoven i limit pro kovy a jiné prvky v ovoci, které se uplatňují v syrovém stavu, po umytí a oddělení jedlé části. Pro olovo platí maximální limit v ovoci 0,1 mg/kg. Obsah tohoto prvku je limitován i ve vínu, jako konečném produktu. Limit je proměnlivý dle roku sklizně a pohybuje se v rozsahu 0,1 až 0,2 mg/kg. Vzhledem k těmto ustanovením průměrný obsah olova v analyzovaných hroznech překračuje maximální limit stanovený v ovoci.

Dále toto nařízení stanovuje maximální povolený obsah arsenu v ovocných šťávách na 0,02 mg/kg. Jelikož nebyl arsen v hroznech analyzovaných pro účely této práce detekován, šťáva z těchto hroznů by limit tohoto nařízení splňovala. Nařízení dále limituje obsah rtuti, cínu a kadmia. Kadmium nebylo v našem vzorku hroznů detekováno a o dalších prvcích se tato vyhláška nezmiňuje (Nařízení Komise (EU) 2023/915).

Při porovnání výsledků obsahu prvků v listech a hroznech můžeme vidět, že obsah prvků je větší v listech než v hroznech (až na Pb a Al). V případě mědi je obsah v listech vyšší o stovky mg/kg.

Z kapitoly 6.1 Transport arsenu do rostlinných buněk víme, že rostliny jsou schopny arsen přijímat několika způsoby, dle formy, ve které se arsen v půdě vyskytuje. Metabolismus As má na starosti enzym arsenátoreduktáza, který pomáhá arsen přeměnit na formu, ze které může tvořit komplex zvaný arsen-fytochelatin. Tento komplex není již dále metabolizován a v rostlině se tak kumuluje. Komplex se kumuluje nejvíce v tkáních kořene (Martínez-Castillo et al., 2022).

Je tedy možné, že i když list ani hrozen nevykazoval nahromaděné množství As, rostlina stále mohla obsahovat arsen, který se kumuluje v kořenech. Pro zjištění, zda vinná réva absorbuje As z kontaminované půdy, by tedy bylo nutné analyzovat obsah tohoto prvku v kořenech rostliny. Odběr vzorku kořenů by však mohl negativně ovlivnit vývoj rostliny.

Z provedené analýzy tedy vyplývá, že pro vinaře, hospodařící ve vybrané rizikové lokalitě v okolí Kutné Hory, arsen hrozbu nepředstavuje. Stanovenou hypotézu: „Arsen nepředstavuje rizikový faktor pro pěstování vinné révy a produkci vína v historicky antropogenně kontaminované lokalitě.“ se podařilo potvrdit. Jelikož se víno vyrábí pouze z hroznů, ne jiných částí rostliny, a v analyzovaných hroznech nebyl arsen detekován, nemusíme se obávat, že víno vyrobené z těchto hroznů by mohlo negativně ovlivnit zdraví konzumenta.

Je nutné zmínit, že i když arsen nepředstavuje hrozbu pro konečného konzumenta vína, může mít negativní vliv na růst kořenů, syntézu bílkovin a celkový fyziologický stav rostliny. V budoucnu by bylo zajímavé analyzovat výtěžnost hroznů z rizikových oblastí v porovnání s lokalitami, které zvýšené množství arsenu v půdě nevykazují. Dle zákona č. 321/2004 Sb. o vinohradnictví a vinařství je pěstitel vinné révy povinen vést záznamy o osázené viniční ploše a dosažených hektarových výnosech (Zákon č. 321/2004 Sb.). Informace o výtěžnosti hroznů z vinařského regionu Kutná Hora se pro účely této práce nepodařilo získat.

I když byla hypotéza této diplomové práce potvrzena, průměrný obsah arsenu v půdě překračuje indikační hodnoty rizikových prvků dle vyhlášky č. 153/2016 Sb., při jejichž překročení může být ohroženo zdraví lidí a zvířat. Z těchto údajů vyvstává otázka, zda jsou obyvatelé Kutné Hory v riziku chronické expozice. Na toto téma byla v Kutné Hoře provedena v roce 2015 studie v rámci ochrany a podpory veřejného zdraví. Studie se zúčastnilo 39 obyvatel (16 mužů a 23 žen), kteří byli ochotni poskytnout vzorky moči, vlasů, domácích zeleninových produktů a vajec, prachu z vysavače odebraného v domácnosti a měření aerosolových částic PM10. Kromě arsenu se analyzovalo také množství kadmia, olova a antimonu. Jelikož cílem studie bylo vypočítat denní dávky průměrné expozice stravou a inhalací, nebyly tak analyzovány vzorky půdy, tudíž nemůžeme tyto údaje porovnat s naměřenými výsledky (Rychlíková, 2015).

Dle výsledků výše zmíněné studie, průměrné expoziční limity u obyvatel v rizikové oblasti nebyly překročeny. U několika jedinců však byly překročeny expoziční limity As ve vlasech a moči, takže zdravotní riziko pro celkovou populaci nemůžeme zcela vyloučit. Hlavním zdrojem expozice byla zelenina a ovoce pěstované v kontaminované půdě (Rychlíková, 2015).

Během výzkumu byly pro stanovení obsahu arsenu odebrány vzorky paprik, rajčat a mrkve. Medián obsahu arsenu v zelenině odpovídal hodnotě 0,05 mg/kg (Rychlíková, 2015). Problematikou ohledně obsahu arsenu v zelenině z Kutné Hory se zabývali i Vejvodová et al., kteří zjistili vyšší obsah arsenu u okurek, paprik a cuket, u kterých obsah tohoto prvku překračoval doporučené hodnoty stanovené Ministerstvem zdravotnictví ČR a směrnici EU, což svědčí o zdravotním riziku pro spotřebitele (Vejvodová et al., 2022). Z těchto studií vyplývá, že ve zdravotním riziku chronické expozice mohou být lidé, kteří pravidelně ve větším množství konzumují zeleninu vypěstovanou na kontaminované půdě. Dle Rychlíkové je průměrná denní dávka arsenu přijatá pěstiteli plodin a vajec z Kaňku 0,00025 mg/kg tělesné váhy a ve vyšším riziku expozice jsou především děti (Rychlíková, 2015). Sánka et al. udávají, že počty překročení limitních hodnot obsahů rizikových prvků v zelenině a obilovinách, pěstovaných na rizikovém území Kutné Hory, jsou asi o jeden řád vyšší než v podmínkách běžné zemědělské výroby. Překročení limitů bylo potvrzeno zhruba u 20 % vzorků, zatímco v normálních podmínkách dochází k překročení limitu zhruba u 1-2 % vzorků (Sánka et al., 2003).

Ke snížení rizika expozice obyvatel vydalo město Kutná Hora v rámci osvětové kampaně několik informačních letáků, které poskytují užitečné informace, tipy i rady, jak se bezpečně chovat v místech s vyšším výskytem rizikových prvků v půdě. Jeden z informačních letáků se věnuje samotné problematice rizikových prvků v zelenině a tělech hospodářských zvířat (příloha č. IV).

Výsledky analýzy obsahu rizikových prvků v půdě a hroznech můžeme porovnat s řadou dalších studií, které se zabývají stejnou problematikou. Orescanin et al. v roce 2003 provedli analýzu koncentrace devíti prvků (V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Pb) ve vzorcích půdy, hroznů a vína odebraných z vinařství Vrbnik na ostrově Krk, v severní části Jaderského moře s použitím metody energiově disperzní rentgenové fluorescence. V porovnání s výsledky arsenu v půdě z Kutné Hory byl průměrný obsah arsenu nižší (15,1 mg/kg), i přesto byl arsen stanoven v hroznech vinné révy (0,8 ng/g). Při bližším zkoumání výsledků bylo zjištěno, že arsen byl detekován pouze ve 13 z 31 vzorků hroznů. I když koncentrace As v půdním vzorku z Kutné Hory byla větší než průměrná koncentrace As ve zmiňované studii, v hroznech z Kutné Hory nebyl As detekován ani v jednom vzorku. Příčinou může být rozdílnost v citlivosti metody a detekčním limitu, případně rozdílnost odrůd vinné révy. Roli může hrát i stáří vinice, které se pro účely této práce nepodařilo zjistit. Na okolní vinice, jejichž stáří sahá až do 14. století, se nepodařilo získat přístup. Je důležité zmínit, že na ostrově Krk nebyl As ve víně detekován a všechny další prvky splňovaly povolené limity (Orescanin et al., 2003).

Porovnání obsahu prvků v půdě (Orescanin et al., 2003)			
	Orescanin et al., 2003	Kutná Hora	Rozdíl
As (mg/g)	15,1	53,1	38,0
Pb (mg/kg)	26,6	33,5	6,9
Zn (mg/kg)	117	91,9	24,9
Ni (mg/kg)	18,6	19,4	0,8
Cr (mg/kg)	153	20,7	133
Cu (mg/kg)	56,3	32,3	24,0
Mn (mg/kg)	1399	313	1085

Tabulka 13 Porovnání obsahu prvků v půdě (Orescanin et al., 2003)

Porovnání obsahu prvků v hroznech (Orescanin et al., 2003)			
	Orescanin et al., 2003	Kutná Hora	Rozdíl
As (ng/g)	0,80	ND	0,80
Pb (mg/kg)	$0,45 \cdot 10^{-2}$	0,39	0,39
Zn (mg/kg)	0,74	8,52	7,78
Ni (mg/kg)	$0,24 \cdot 10^{-2}$	0,37	0,37
Cr (mg/kg)	0,98	0,22	0,76
Cu (mg/kg)	0,123	25,2	25,1
Mn (mg/kg)	0,114	8,19	8,08

Tabulka 14 Porovnání obsahu prvků v hroznech (Orescanin et al., 2003)

V tabulce číslo 14 můžeme na první pohled vidět, že v porovnání se studií Orescanin et al., 2003 je obsah zinku, hořčíku a manganu vyšší v hroznech z Kutné Hory. Zajímavé ale je, že množství těchto prvků v půdě je ve zmiňované studii signifikantně vyšší.

Výsledky z Kutné Hory můžeme porovnat i s výsledky studie Bertoldi et al., 2013, kteří ve své studii posuzují riziko přenosu As z kontaminované půdy do vína. Studie posuzuje možné riziko příjmu arsenu v souvislosti s konzumací hroznů a vín vyrobených na 10 vinicích nacházejících se v těžební oblasti bohaté na tento prvek (Trentino v severovýchodní Itálii) v porovnání s daty z nekontaminované oblasti za použití analytické metody ICP-MS. Stejně jako v Kutné Hoře byly analyzovány vzorky půdy, hroznů a listů, a navíc byly analyzovány i vzorky vína. Signifikantně vyšší hodnoty As v porovnání s nekontaminovanou oblastí byly naměřeny v těžební oblasti Trentino. Během jejich studie byl, na rozdíl od vzorků z Kutné Hory, arsen detekován v hroznech ($<0,1 - 36,8 \mu\text{g/kg}$) i listech ($16,3 - 579 \mu\text{g/kg}$). Příčinou může být celkově vyšší obsah arsenu v půdě, který se pohyboval v rozmezí $3,7 - 283 \text{ mg/kg}$. Ve zmiňované studii byl arsen detekován i ve víně, a to v množství $0,12$ to $0,96 \mu\text{g/l}$. Koncentrace As ve vzorcích vína byla vždy nejméně 100krát nižší než koncentrace $200 \mu\text{g/l}$, kterou navrhuje Mezinárodní organizace pro vinnou révu a víno (Bertoldi, 2013).

V obou výše zmíněných studiích obsahují červená vína/hrozny vyšší obsah arsenu než bílá, což lze vysvětlit intenzivnějšími metodami macerace při technologické výrobě (Bertoldi, 2013). Pro účely této práce byly použity hrozny červené. Můžeme tak předpokládat, že bílé hrozny z regionu Kutné Hory by představovaly ještě menší riziko i v případě, že by byly pěstovány na starší vinici s větším obsahem arsenu, kterou lze v Kutnohorské vinařské oblasti pravděpodobně nalézt.

Dle statistického vyhodnocení víme, že některé z hodnot arsenu na jednotlivých místech odběru se od sebe statisticky významně liší. Takovýmto nerovnoměrným rozložením prvků v půdě se zabývá hned několik studií. Například Gong et al, ve své studii o distribuci a environmentálních faktorech ovlivňujících obsah selenu v půdě uvádí, že příčinou nerovnoměrného rozmístění prvku v půdě může být složení půdy, obsah hornin bohatých na daný prvek, nebo úhrn srážek (Gong et al., 2022). Většina studií hodnotila tuto problematiku na regionální úrovni. V Kutné Hoře byl analyzován obsah arsenu pouze na jednom pozemku, můžeme se tak pouze domnívat, že nerovnoměrný obsah arsenu nastal vlivem fyzikálního a chemického složení půdy. Velkou roli hraje i mechanicko-antropogenní vliv při zakládání vinice. Pro přesnější výsledky by bylo možné porovnat naměřené hodnoty arsenu s hodnotami pH nebo zrnitostí půdy. Pro účely této práce tyto parametry nebyly stanoveny, vzhledem k tomu, že cílem práce je hlavně zhodnotit riziko spojené přítomností arsenu v hroznech vinné révy.

11 Závěr

Hypotéza této práce byla potvrzena – arsen nepředstavuje rizikový faktor pro pěstování vinné révy a produkci vína na studované lokalitě. I když byla hypotéza potvrzena, obyvatelé Kutné Hory mohou být v riziku chronické expozice. Lze tedy jen doporučit další výzkum v daném regionu.

Z rešerše a výsledků práce vyplynulo:

- Arsen má prokazatelně toxické účinky na člověka i na některé druhy rostlin. Jeho anorganické formy jsou prokazatelně více toxické a mají karcinogenní účinek. Nejčastěji dochází k expozici kontaminovanou pitnou vodou nebo potravinami.
- Hlavním zdrojem dietární expozice je především rýže, mořští živočichové a kontaminovaná voda. V Kutné Hoře je hlavním zdrojem dietární expozice zelenina pěstovaná na kontaminované půdě.
- Každá rostlina absorbuje z půdy jiné množství arsenu. Záleží na druhu rostliny a půdních podmínkách. I když v listech ani hroznech z Kutné Hory arsen detekován nebyl, v jiných studiích tomu tak je. V některých případech byl arsen detekován i v samotném víně, ale to pouze v nízkých koncentracích, které by neměly ovlivnit zdraví konzumenta. Porovnání výsledků s jinými studiemi naznačuje, že obsah arsenu v půdě a plodech se může významně lišit v závislosti na geografických a environmentálních faktorech.
- Analyzované vzorky půdy překračují dle vyhlášky č. 153/2016 Sb. preventivní i indikační limit rizikových prvků, při jejichž překročení může být ohroženo zdraví lidí a zvířat. Měla by tak být zavedena preventivní opatření, aby se zamezilo riziku ohrožení lidského zdraví.
- Vzhledem k výsledkům této práce doporučuji další detailní výzkum starších vinic, sadů a zahrad.

12 Literatura

Akinyele, I.O. a Shokunbi, O.S.. Comparative analysis of dry ashing and wet digestion methods for the determination of trace and heavy metals in food. *Food Chemistry*. 2015, (173), 682-684. ISSN 0308-8146, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.097>.

Ash, Chris et al, 2013. Potentially Toxic Element Distribution in Soils from the Ag-Smelting Slag of Kutná Hora (Czech Republic): Descriptive and Prediction Analyses. *Journal of Geochemical Exploration*. 144. doi: 10.1016/j.gexplo.2013.11.010.

Balík, Josef a Stávek, Jan. *Vinařská technologie*. Valtice: Národní vinařské centrum, 2017. ISBN 978-80-87498-77-4.

Bentley, Ronald & Chasteen, Thomas. (2002). Arsenic Curiosa and Humanity. *The Chemical Educator*. 7. 51-60. 10.1007/s00897020539a.

Bertoldi D. et al.. Arsenic present in the soil-vine-wine chain in vineyards situated in an old mining area in Trentino, Italy. *Environ Toxicol Chem*. 2013 Apr;32(4):773-9. doi: 10.1002/etc.2119

Buchet, J.P. et al. Comparison of the urinary excretion of arsenic metabolites after a single oral dose of sodium arsenite, monomethylarsonate, or dimethylarsinate in man. *Int Arch Occup Environ Health*. 1981;48(1):71-9. doi: 10.1007/BF00405933

Creasy, G.L., Creasy, L.L. *Grapes*, CABI, 2009. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/czup/detail.action?docID=455750>.

Cubadda, Francesco et al. "Human exposure to dietary inorganic arsenic and other arsenic species: State of knowledge, gaps and uncertainties." *The Science of the total environment* vol. 579 (2017): 1228-1239. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.11.108

Čeryová, Natália, et al. "Phenolic content and antioxidant activity of slovak varietal wines of muscat type." *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences* 10.5 (2021): e4292-e4292.

Dajčl, Julie et al., 2022. Comparison of chromium mobility at naturally enriched and anthropogenically polluted sites: A column leaching experiment. *Soil and Water Research*. 17. doi: 10.17221/129/2021-SWR.

Dominé, André et al. *Víno. Třetí, upravené vydání*. [Praha]: Slovart, 2015. ISBN 978-80-7391-701-2.

Drahota P, Filippi M. Secondary arsenic minerals in the environment: a review. *Environ Int.* 2009 Nov;35(8):1243-55. doi: 10.1016/j.envint.2009.07.004. Epub 2009 Aug 7. PMID: 19665230.

EFSA (European Food Safety Authority), Arcella D, Cascio C and Gómez Ruiz JÁ, 2021. Scientific report on the chronic dietary exposure to inorganic arsenic. *EFSA Journal* 2021;19(1):6380, 50 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6380>

European Food Safety Authority (EFSA), 2014. Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. *EFSA Journal* 2014; 12(3):3597, 68 pp. doi:10.2903/j.efsa.2014.3597

European Food Safety Authority (EFSA). Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). "Scientific opinion on arsenic in food." *EFSA Journal* 7.10 (2009): 1351.

Fayiga, Abioye O et al. Effects of plant arsenic uptake and heavy metals on arsenic distribution in an arsenic-contaminated soil, *Environmental Pollution*, Volume 147, Issue 3, 2007, Pages 737-742, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.09.010>.

Garelick, Hemda, and Jones, Huw. *Reviews of Environmental Contamination Volume 197: Arsenic Pollution and Remediation: An International Perspective*. Vol. 197. Springer Science & Business Media, 2008.

Gong J. et al., 2022. Spatial distribution and environmental impact factors of soil selenium in Hainan Island, China. *Sci Total Environ.* 10;811:151329. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.151329

Hong, Young-Seoub et al. "Health effects of chronic arsenic exposure." *Journal of preventive medicine and public health = Yebang Uihakhoe chi* vol. 47,5 (2014): 245-52. doi:10.3961/jpmph.14.035

International Agency for Research on Cancer (IARC). *List of Classifications. Agents classified by the IARC Monographs, Volumes 1–135*. [online]. Last updated: 2024-01-31 14:47pm (CET). [cit. 2024-02-15] Dostupné z: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>

Jain, C.K. and I. Ali. Arsenic: occurrence, toxicity and speciation techniques. *Water Research.* 2000, (34), 4304-4312. ISSN 0043-1354. Dostupné z: doi:[https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00182-2](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00182-2).

Juhasz A. et al.. In vivo assessment of arsenic bioavailability in rice and its significance for human health risk assessment. *Environ Health Perspect.* 2006 Dec;114(12):1826-31. doi: 10.1289/ehp.9322.

Loffredo, Christopher A et al. "Variability in human metabolism of arsenic." *Environmental research* vol. 92,2 (2003): 85-91. doi:10.1016/s0013-9351(02)00081-6

Mapy CZ, výstřížek z mapy. [online]. Dostupné z <https://mapy.cz/turisticka?q=kutn%C3%A1%20hora&source=muni&id=3774&ds=2&x=15.2670063&y=49.9472879&z=16>

Martínez-Castillo, José Isabel et al. Arsenic stress in plants: A metabolomic perspective. *Plant Stress*. 2022, č. 3. ISSN 2667-064X.

Město Kutná Hora, Informační leták: Lehký život s těžkými kovy – Těžko kovy mohou být v zelenině a i v tělech hospodářských zvířat. [online]. [cit. 2024-04-09] Dostupné z <https://mu.kutnahora.cz/mu/arsen>

Michlovský, Miloš. Lexikon chemického složení vína. Rakvice: Garamon s.r.o., Hradec Králové, 2014. ISBN 978-80-905319-2-5.

Mora, Abrahan et al. Microplastics as a vector of arsenic contamination, *Current Opinion in Environmental Science & Health*, Volume 33, (2023), 100461, ISSN 2468-5844, <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2023.100461>

Národní vinařské centrum. Vinařské regiony v ČR. [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://www.vinarskecentrum.cz/o-vine/vinarske-regiony-v-cr>

Nařízení Komise (EU) 2023/915 ze dne 25. dubna 2023 o maximálních limitech některých kontaminujících látek v potravinách a o zrušení nařízení (ES) č. 1881/2006. [online]. [cit. 2024-01-06] Dostupné z <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32023R0915>

Nemzer, Boris, et al. "Chemical composition and polyphenolic compounds of red wines: Their antioxidant activities and effects on human health—A review." *Beverages* 8.1 (2021): 1.

Orescanin, Visnja et al., 2003. Heavy Metals in Soil, Grape, and Wine, *Journal of Trace and Microprobe Techniques*, 21:1,171-180, DOI: 10.1081/TMA-120017912

Procházka, Václav et al., 2019. Stopové prvky v lesních půdách Česka podle biogeochemického mapování a jejich vztah k horninovému podloží / Trace elements in forest soils of the Czech Republic according to biochemical monitoring and their relation to the geological background. 117-123. 10.3140/zpravy.geol.2019.19.

Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF). [online]. [cit. 2024-04-02]. Dostupné z https://food.ec.europa.eu/safety/rasff_en

Rondevaldova, Johana et al., 2022. Determination of antioxidants, minerals and vitamins in Cambodian underutilized fruits and vegetables. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 17. 1-16. doi: 10.1007/s11694-022-01630-9.

Rychlíková, Eva. Dílčí hodnocení zdravotního rizika obyvatel lokality Kutná Hora – Kaňk. Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, 2015. Dostupné z https://www.kutnahora.cz/file/1281_1_1/download/

Sánka, M. et al, 2003. Riziková analýza a monitorování složek životního prostředí v Kutné Hoře a okolí. Opava: Centrum pro životní prostředí a hodnocení krajiny, EKOTOXA, s.r.o., TOCOEN, s.r.o.

Sarkar, Bibudhendra et al., 2002. Arsenic in the environment: A global perspective. Handbook of heavy metals in the environment. Marcell Dekker Inc., New York (2002): 147-215.

Shimizu H. et al. Variation in the mineral composition of wine produced using different winemaking techniques. J Biosci Bioeng. 2020 Aug;130(2):166-172. doi: 10.1016/j.jbiosc.2020.03.012. Epub 2020 Apr 14. PMID: 32303414.

Singh, Suman & Srivastava, Pankaj, 2020. Bioavailability of arsenic in agricultural soils under the influence of different soil properties. SN Applied Sciences. 2. 10.1007/s42452-019-1932-z.

Situační a výhledová zpráva réva vinná a víno, 2023. Ministerstvo zemědělství, Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1, ISBN 978-80-7434-687-3, ISSN 1211-7692.

Skála J. et al., 2011: Evaluation of arsenic occurrence in agricultural soils of the Bohemian Forest region. – Silva Gabreta 17, 55–67.

UNECE, 2006. Sampling and analysis of Soil. In: Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests. Hamburg, UNECE, CLRTAP, ICP Forests.

Upadhyay, Munish et al., 2018. A review of arsenic in crops, vegetables, animals and food products. Food Chemistry. 276. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.10.069.

Ústřední archiv zeměměřictví a katastru, Výkazy ploch stabilního katastru, 3735-1 Kutná Hora-dříve Kuttenberg (Hora-Kuttna). [online]. [cit. 2024-02-10]. Dostupné z https://ags.cuzk.cz/archiv/openmap.html?typ=vykazyPloch&idrastru=B2_d_1C_Kutna_Hora_3735-1

Vácha, Radim. ARSEN V ZEMĚDĚLSKÝCH PŮDÁCH V OKRESE KUTNÁ HORA. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd Praha oddělení hygieny půdy. (nedatováno) <https://mu.kutnahora.cz/file/923/download/>

Vejvodová, K. et al. Assessment of potential exposure to As, Cd, Pb and Zn in vegetable garden soils and vegetables in a mining region. Sci Rep 12, 13495 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17461-z>

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 2022. Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda. ISBN 978-92-4-004506-4.

Yao L. et al. Release Behaviors of Arsenic and Heavy Metals from Arsenic Sulfide Sludge during Simulated Storage. Minerals. 2019; 9(2):130. <https://doi.org/10.3390/min9020130>

Zákon č. 321/2004 Sb., o vinohradnictví a vinařství a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o vinohradnictví a vinařství). [online]. [cit. 2024-03-11]. Dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-321>

13 Seznam použitých zkratek a symbolů

As = arsen

iAS = anorganický arsen

MMA = monomethylarsonová kyselina

DMA = dimethylarsonová kyselina

ČR = Česká republika

IRAC = International Agency for Research on Cancer (Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny)

HNO₃ = kyselina dusičná

HCl = kyselina chlorovodíková

KHS = Krajská hygienická stanice

RASF = Rapid Alert System for Food and Feed (Systém rychlého varování pro potraviny a krmiva)

EFSA = The European Food Safety Authority (Evropský úřad pro bezpečnost potravin)

EU = Evropská unie

USA = Spojené státy americké

WHO = World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)

oAs = organický arsen

AAS = Atomová absorpční spektrometrie

AFS = Atomová fluorescenční spektrometrie

ICP/OES = Atomová emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

ICP/MS; ICP-MS = Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

14 Seznam obrázků, tabulek a grafů

Graf 1 Maximální odhadovaná dietární expozice anorganickým arsenem v dospělé Evropské populaci (EFSA, 2014)	18
Tabulka 1 Obsah arsenu v rýži (EFSA, 2021).....	14
Tabulka 2 Obsah arsenu u vybraných skupin potravin (EFSA, 2021)	15
Tabulka 3 Obsah arsenu u vybraných potravin (které nejsou popsány ve zprávě EFSA z roku 2021) (EFSA, 2014).....	15
Tabulka 4 Průměrný dietární příjem anorganického arsenu v Evropské populaci u jednotlivých věkových skupin (EFSA, 2021)	18
Tabulka 5 Přepočítání na obsah sušiny hroznů	34
Tabulka 6 Výsledky arsenu v půdě	38
Tabulka 7 Výsledky analýzy	39
Tabulka 8 Obsah dalších prvků v půdě	41
Tabulka 9 Maximální a minimální detekované koncentrace prvků v půdním vzorku	41
Tabulka 10 Obsah dalších prvků v hroznech	42
Tabulka 11 Obsah dalších prvků v listech.....	42
Tabulka 12 Preventivní hodnota rizikových prvků v půdě (Příloha č. 1 k vyhlášce č. 153/2016 Sb)	43
Tabulka 13 Porovnání obsahu prvků v půdě (Orescanin et al., 2003)	46
Tabulka 14 Porovnání obsahu prvků v hroznech (Orescanin et al., 2003).....	46
Obrázek 1 Obsah As v půdě – Kutná Hora (Rychlíková, 2015)	13
Obrázek 2 Absorpce arsenu kořeny rostlin (Martínez-Castillo et al, 2022); poznámka: oAs = organický arsen	22
Obrázek 3 Vinařské oblasti ČR (Národní vinařské centrum)	28
Obrázek 4 Místo odběru vzorku (Mapy CZ).....	32
Obrázek 5 Rozmístění odběru vzorků.....	33
Obrázek 6 Odběr vzorku KH7	33
Obrázek 7 Filtrace vzorku	35
Obrázek 8 ICP/OES.....	36
Obrázek 9 Rozprašovač vzorku.....	37
Obrázek 10 Automatický podavač vzorku	37
Obrázek 11 Výsledek testu ANOVA (Statistica 12)	40
Obrázek 12 Průměry obsahů As (Statistica 12)	40
Obrázek 13 Výsledek Scheffého testu (Statistica 12)	41

Seznam příloh

Příloha č. I Obsah As v půdě

Příloha č. II Emailová komunikace se státním okresním archivem Kutná Hora

Příloha č. III Maximální limity pro arsen v potravinách (Nařízení Komise (EU) 2023/915)

Příloha č. IV Informační leták (Město Kutná Hora, <https://mu.kutnahora.cz/mu/arsen>)

15 Samostatné přílohy

Příloha č. I Obsah As v půdě

Vzorek	As - DIL10x (mg/l)	Přepočet x10	Průměrný obsah As ve vzorku (mg/l)	Průměrný obsah As ve vzorku(mg/kg)	VZOREK
KH1A	0,172	1,721	1,574	78,709	KH1
KH1B	0,143	1,428			
KH2A	0,108	1,084	1,059	52,969	KH2
KH2B	0,104	1,035			
KH3A	0,128	1,284	1,291	64,526	KH3
KH3B	0,130	1,297			
KH4A	0,098	0,975	1,017	50,854	KH4
KH4B	0,106	1,059			
KH5A	0,141	1,406	1,280	64,011	KH5
KH5B	0,115	1,154			
KH6A	0,076	0,764	0,745	37,225	KH6
KH6B	0,072	0,725			
KH7A	0,123	1,233	1,212	60,579	KH7
KH7B	0,119	1,190			
KH8A	0,081	0,806	0,753	37,662	KH8
KH8B	0,070	0,700			
KH9A	0,100	1,004	1,014	50,699	KH9
KH9B	0,102	1,024			
KH10A	0,064	0,642	0,647	32,365	KH10
KH10B	0,065	0,653			
				52,96	PRŮMĚR

Vážená paní kolegyně,

obávám se, že literatura k tomuto tématu se vyčerpává krátkou studií naší někdejší kolegyně Jany Vaněčkové (*Vinařství na Kutnohorsku a Čáslavsku ve starší době*), která vyšla ve sborníku *Trpké býti zdá se*, který máme v naší knihovně k dispozici. Jinak Jana odkazuje ještě na starou studii Františka Augustína Slavíka, *Vinařský řád u Hory Kutné* a na práci Antonína Josefa Zavadila, *Kutnohorsko slovem i obrazem*, sv. III/1.

Stran zmíněné vinice: takto konkrétně to stanovit naprosto jistě nelze. Obecně lze říci, že vinice v okolí chrámu sv. Barbory se pravidelně zmiňují již v nejstarší dochované městské knize, tj. od 20. let 15. století (což mj. znamená, že jsou alespoň částečně ještě starší, snad ze 14. století), nicméně přesnou topografií se dosud nikdo nikdy nezabýval a osobně se domnívám, že ji ani nelze udělat. Chtěla-li byste se pokusit o nějaké přesnější určení, je vám k dispozici série výpisků prvorepublikového kutnohorského archiváře Jana Fialy (v jeho pozůstalosti se nalézají inv. č. 1283 *Vinice – podle míst*, kart. 66 a inv. č. 1360 – *Vinice – místopis*, kart. 67), které lze studovat i bez paleografického školení. Je třeba si uvědomit, že prostor, který vás zajímá, se rozkládá na předměstí, takže není tak zevrubně reflektován městskými prameny. Z mladšího (novověkého) období jsou pak k dispozici i předměstské knihy, které však již vyžadují paleografické dovednosti. Budete-li mít o prostudování některých výše zmíněných materiálů zájem, prosím ozvěte se předem a dohodneme termín Vaší návštěvy u nás.

S pozdravem,
V. Pohanka

Mgr. Viktor Pohanka
archivář
Státní okresní archiv Kutná Hora



Státní okresní archiv Kutná Hora
Benešova 257/33, Kutná Hora, PSČ 284 80
GSM:
Tel: +420 321 024 354
E-mail: viktor.pohanka@soapraha.cz
Web: www.soapraha.cz/kutnahora

Příloha č. III Maximální limity pro arsen v potravinách (Nařízení Komise (EU) 2023/915)

Maximální limity pro arsen v potravinách (Nařízení Komise (EU) 2023/915)		
Anorganický arsen (suma As (III) a As(V))		Maximální limit (mg/kg)
Obiloviny a produkty z obilovin*	Nepředpařená omlétá rýže (leštěná nebo bílá rýže)	0,15
	Předpařená rýže a loupaná rýže	0,25
	Rýžová mouka	0,25
	Pufované rýžové chlebíčky, rýžové oplatky, rýžové krekry (sušenky), rýžové koláčky, rýžové vločky a sníadaňová pufovaná rýže	0,30
	Rýže určená pro výrobu potravin pro kojence a malé děti	0,10
	Nealkoholické nápoje z rýže	0,030
	Počáteční kojenecká výživa, pokračovací kojenecká výživa, potraviny pro zvláštní léčebné účely určené pro kojence a malé děti a výživa pro malé děti	uváděné na trh ve formě prášku
uváděné na trh v tekuté formě		0,010
	Dětské příkrmy	0,020
	Ovocné šťávy, rekonstituované koncentrované ovocné šťávy a ovocné nektary	0,020
Celkový arsen		Maximální limit (mg/kg)
	Sůl	0,50

*Rýže, loupaná rýže, omlétá rýže a předpařená rýže podle definice v normě Codexu 198-1995.



LEHKÝ ŽIVOT S TĚŽKÝMI KOVY

2

Těžké kovy mohou být v zelenině i v tělech hospodářských zvířat

O prospěšnosti zeleniny pro lidské tělo není pochyb. Dává nám vitamíny, minerály, vlákninu i stopové prvky důležité pro správné fungování našeho organismu. Lidé ji po staletí pěstují na svých zahradách. Ne všude je však zahradničení bezpečné. V místech s vysokou koncentrací těžkých kovů se tyto látky dostávají do zeleniny a její konzumace pak pro lidský organismus představuje riziko.

Stejný problém nastává také u hospodářských zvířat, která spásají traviny na haldách nebo požívají zeleninu z rizikových oblastí. Těžké kovy se ukládají v jejich organismech a odtud se prostřednictvím vajec či masa dostávají do lidského těla.

PRAVIDLA BEZPEČNÉHO CHOVÁNÍ

Ovoce je k intoxikaci těžkými kovy méně náchylné, dejte mu přednost před pěstováním listové a kořenové zeleniny.

Nezalévejte vodou z místní studny, nemáte-li rozbor o její nezávadnosti.

Po práci na zahradě si důkladně umyjte ruce.

Domácí mazlíčky pravidelně koupejte, po venčení jim omyjte tlapy.

Zeleninu i ovoce před konzumací důkladně omyjte.

Původní zeminu na záhonech nahraďte nekontaminovanou hlínou nebo založte vyvýšené záhony s nezávadnou zemínou.

Nekonzumujte vejce a maso hospodářských zvířat z rizikových oblastí.

Nekonzumujte houby z rizikových oblastí.



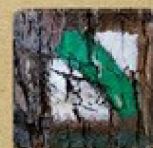
Více na:
<https://mu.kutnahora.cz/mu/arsen>



TIP NA VÝLET

Po Stříbrné stezce

Vydejte se do minulosti hornictví a hutnictví na Kutnohorsku. Trasa naučné stezky je rozdělena na 2 samostatné okruhy - jižní (9,5 km) a severní (14 km). Stezka vás zavede ke starým štolám a dolům, ale představí vám také zdejší památky či cenné přírodní lokality. Ideální pro milovníky turistiky a historie.



Více na: <https://destinace.kutnahora.cz/d/naucna-stezka-po-stopach-dolovani-stribrna-stezka-jizni-a>