



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

NANOČÁSTICE PLATINOVÝCH KOVŮ V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

NANOPARTICLES OF PLATINUM METALS IN THE ENVIRONMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michal Berka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Mgr. Renata Komendová, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Číslo práce: FCH-BAK1262/2017
Ústav: Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí
Student: **Michal Berka**
Studijní program: Chemie a chemické technologie
Studijní obor: Chemie a technologie ochrany životního prostředí
Vedoucí práce: **Mgr. Renata Komendová, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

Název bakalářské práce:

Nanočástice platinových kovů v životním prostředí

Zadání bakalářské práce:

Zpracování přehledné literární rešerše, týkající se výskytu a chování platiny a palladia a jejich nanočástic v životním prostředí.

Provedení pilotních experimentů s nanočásticemi a zjištění jejich vlivu na půdní systémy.

Zhodnocení dosažených výsledků.

Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2018

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí bakalářské práce.

Michal Berka
student(ka)

Mgr. Renata Komendová, Ph.D.
vedoucí práce

doc. Ing. Jiří Kučerík, Ph.D.
vedoucí ústavu

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.

děkan

V Brně dne 31.1.2018

ABSTRAKT

Platinové nanočástice, uvolňující se převážně z automobilových katalyzátorů, představují pro životní prostředí možné riziko. Cílem této bakalářské práce je provedení výzkumu vlivu platinových nanočástic na půdní vlastnosti při různých vlhkostech. Konkrétně ovlivnění stability vodíkových můstků, stability alifatických krystalitů a zadržky vody v půdě. Pro analýzu vztahů mezi platinovými nanočásticemi, vodou a půdou byla využita metoda termické analýzy, a to diferenciální kompenzační kalorimetrie. Teoretická část práce je věnována obecnému seznámení s platinovými kovy a nanočásticemi. Dále také jejich přípravou, charakterizací a vlastnostmi. Výsledkem provedených experimentů je, že platinové nanočástice ovlivňují poměrně výrazně vlastnosti půdy.

ABSTRACT

Platinum nanoparticles, mainly released from automotive catalysts, pose a potential risk to the environment. The aim of this bachelor thesis is to investigate the effect of platinum nanoparticles on soil properties at different humidities. Specifically, how nanoparticles affect the stability of hydrogen bridges, the stability of aliphatic crystals, and water retention in soil. For the analysis of relations between platinum nanoparticles, water and soil, a method of thermal analysis was used, namely differential scanning calorimetry. The theoretical part is devoted to the general introduction to platinum metals and nanoparticles. And the preparation of nanoparticles, their characterization and their properties. The result of the experiments is that platinum nanoparticles affect the soil properties relatively significantly.

KLÍČOVÁ SLOVA

Platinové kovy, nanočástice, půda, vodní molekulové můstky, diferenciální kompenzační kalorimetrie.

KEYWORDS

Platinum metals, nanoparticles, soil, water molecule bridges, differential scanning calorimetry.

BERKA, M. *Nanočástice platinových kovů v životním prostředí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2018. 40 s. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Renata Komendová, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně odcitoval. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....
podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval své vedoucí bakalářské práce paní Mgr. Renatě Komendové, Ph.D. za trpělivost, ochotu, odborné rady a čas, který mi věnovala.

OBSAH

1	Úvod.....	7
2	Teoretická část.....	8
2.1	Platinové kovy	8
2.1.1	Platina a palladium	8
2.2	Složky životního prostředí.....	10
2.2.1	Půda.....	10
2.2.2	Vodní ekosystém	11
2.2.3	Ovzduší.....	12
2.3	Automobilový katalyzátor	13
2.4	Vliv platinových kovů na živé organismy.....	14
2.4.1	Rostliny	14
2.4.2	Lidský organismus	14
2.5	Nanočástice.....	15
2.5.1	Nanočástice na bázi uhlíku.....	15
2.5.2	Kovové nanočástice.....	16
2.5.3	Keramické nanočástice.....	16
2.5.4	Polovodičové nanočástice	16
2.5.5	Nanočástice na bázi lipidů.....	17
2.6	Příprava nanočástic.....	17
2.6.1	Top-down metoda	18
2.6.2	Bottom-up metoda.....	19
2.7	Charakterizace nanočástic	19
2.7.1	Strukturní charakteristika	19
2.7.2	Optická charakteristika.....	19
2.8	Morfologie	20
2.8.1	Elektronová mikroskopie	20
2.9	Chemicko-fyzikální vlastnosti nanočástic.....	20
2.9.1	Magnetické vlastnosti.....	20
2.9.2	Mechanické vlastnosti	21
2.9.3	Tepelné vlastnosti.....	21
2.10	Toxicita nanočástic	21

2.11	Platinové nanočástice	21
2.11.1	Příprava Pt nanočástic	22
2.12	Diferenciální kompenzační kalorimetrie.....	22
2.13	WaMB.....	24
2.14	Lipidy.....	24
3	Experimentální část	25
3.1	Použité přístroje.....	25
3.2	Příprava vzorků.....	25
3.3	Příprava vzorků pro měření na DSC.....	25
3.4	Měření stability vodních molekulových můstků (WaMB).....	26
3.5	Měření stability alifatických krystalitů.....	26
3.6	Měření množství vody ve vzorku	26
4	Výsledky a diskuze.....	27
4.1	Stabilita vodních molekulových můstků	27
4.1.1	Záznam a vyhodnocení.....	27
4.1.2	Výsledky a diskuze.....	27
4.2	Měření stability alifatických krystalitů.....	29
4.2.1	Záznam a vyhodnocení.....	29
4.2.2	Výsledky a diskuze.....	29
4.3	Měření množství vody ve vzorku	31
4.3.1	Záznam a vyhodnocení.....	31
4.3.2	Výsledky a diskuze.....	31
5	Závěr.....	34
6	Seznam použitých zdrojů	35
7	Seznam zkratk	40

1 ÚVOD

První zmínky o nanočásticích pocházejí již ze 4. století, kdy Římští skláři použili nevědomky nanotechnologii při výrobě Lykurgových pohárů. Samotný pojem nanotechnologie poprvé použil japonský vědec Norio Tamaguči v roce 1974 v souvislosti s vytvořením nového vědního oboru. Od té doby obor nanotechnologií zaznamenává strmý růst.

Avšak, nanočástice mohou představovat pro životní prostředí velké riziko, a to z důvodu, že se zde bavíme o velikosti částic v řádech desítek atomů (v experimentu byly použity částice platiny o velikosti 3 nm a atomový poloměr platiny je 139 pm). Jako velký problém pro životní prostředí se jeví nanočástice platinových kovů, jejichž koncentrace se v životním prostředí neustále zvyšuje, v důsledku vzrůstající automobilové dopravy. Paradoxně katalyzátory, které se v automobilech využívají k odstranění jedné škodlivých látek, na druhou stranu emitují částice, jejichž škodlivost může být ve výsledku daleko horší. Právě automobilové katalyzátory se jeví jako hlavní zdroj nanočástic platinových kovů.

Škodlivostí takto malých částic se doposud zabývala jen hrstka odborných prací. To byl také jeden z důvodů, proč jsem se rozhodl touto problematikou zabývat a provést pilotní průzkumy vlivu platinových nanočástic na jednu ze složek životního prostředí, a to konkrétně půdu.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Platinové kovy

Do třídy platinových kovů patří chemické prvky: platina (Pt), palladium (Pd), rhodium (Rh), iridium (Ir), ruthenium (Ru) a osmium (Os). Tyto prvky můžeme nalézt v přírodě jen ve velmi malém množství. Konkrétně v zemské kůře se jejich množství odhaduje na 10^{-2} až 10^{-4} mg/kg. Přirozeně se vyskytují v elementární formě jako příměsi sulfidických a arsenidových rud. Jsou to vysoce tvrdé, ušlechtilé, chemicky málo reaktivní kovy, které mají vysoké body tání a varu. Jedno z nejvýznamnějších použití těchto kovů je v automobilových katalyzátorech, kde se používají ke katalyzování oxidačně-redukčních reakcí. Dále se používají ve sklářství, v ropném, elektrickém a elektronickém průmyslu a ve šperkařství. Kromě toho jsou tyto kovy využívány na výrobu léků na léčbu rakoviny a přípravu zubních výplní [1], [2].

2.1.1 Platina a palladium

Vyskytují se spolu s dalšími platinovými kovy, a to buď v ryzí formě (Obrázek 1) nebo vázány v rudách. Jsou to stříbřitě lesklé kovy, které mají dobrou tažnost a kujnost a díky tomu se dobře zpracovávají. Jednou z důležitých vlastností platiny je její koeficient roztažnosti. Sodné sklo má tento koeficient s platinou stejný a díky tomu můžeme platinu do sodného skla zatavit. Hustota a teplota tání je u palladia nejnižší ze všech platinových kovů (Tabulky 1, 2).

Tabulka 1: Fyzikální vlastnosti platiny [3]

Chemický symbol	Pt
CAS číslo	7440-06-4
Molární hmotnost	195,08 g/mol
Hustota	21,45 g/cm ³
Teplota tání	1772 °C
Teplota varu	3827 °C

Tabulka 2: Fyzikální vlastnosti palladia [4]

Chemický symbol	Pd
CAS číslo	7440-05-3
Molární hmotnost	106,42 g/mol
Hustota	12,02 g/cm ³
Teplota tání	1554 °C
Teplota varu	2970 °C

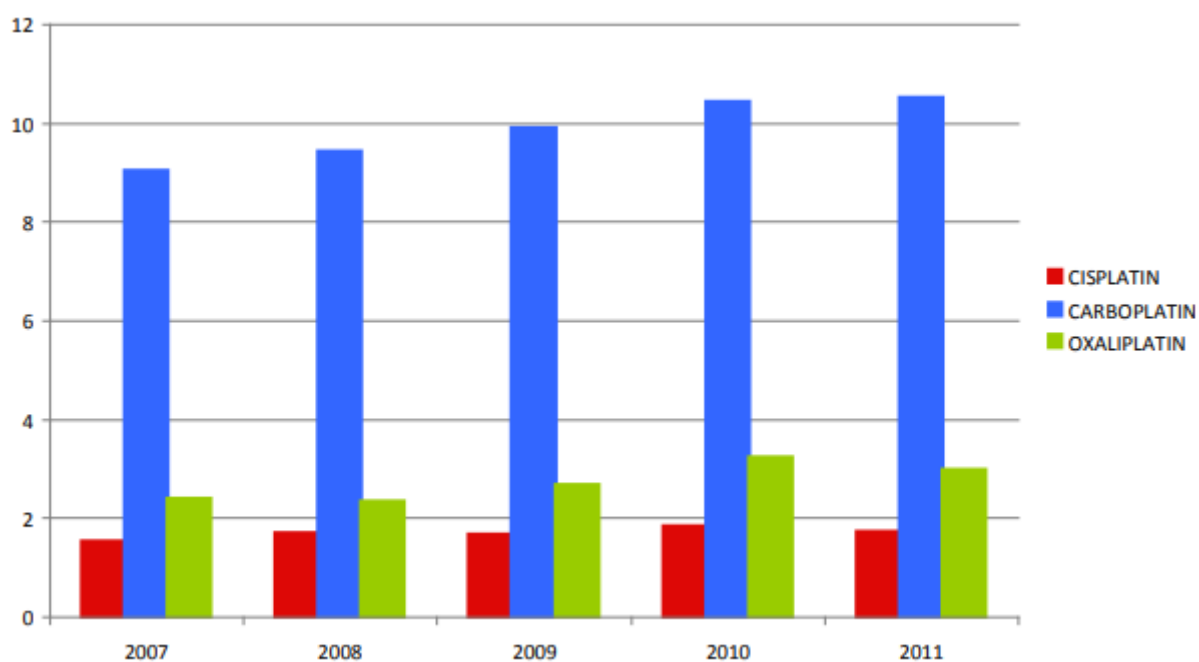
Jestliže jsou palladium nebo platina v kompaktním stavu, tak nejsou moc reaktivní. Odolávají proto atmosférickým účinkům. Palladium při zahřívání na vzduchu oxiduje a na povrchu se pokrývá ochrannou vrstvou oxidu. Platina je chemicky velmi odolná a z minerálních kyselin se rozpouští pouze v lučavce královské (HCl:HNO₃ 3:1).



Obrázek 1: Valounek ryzí platiny [5]

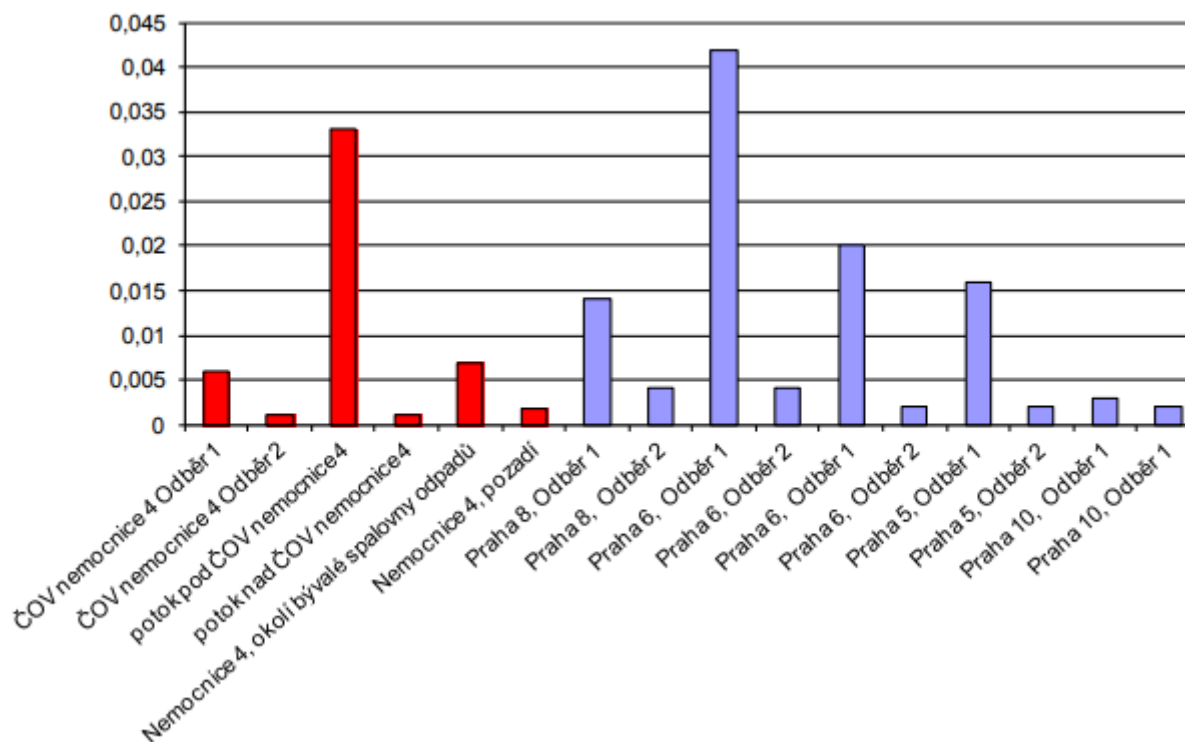
Hlavním zdrojem znečištění životního prostředí jsou automobilové katalyzátory. Zvýšené koncentrace platiny se také objevují v oblastech, kde se těží nikelnaté rudy, v nichž se platina v malých množstvích vyskytuje ve formách minerálů PtAs₂ a PtS.

Platinové komplexy mají velký lékařský význam. V jedné studii se uvádí, že komplexy Pt (např. (NH₄)₂[PtCl₆]), obsažené v kulturách *Escherichia coli*, mají vliv na inhibici buněčného dělení, a také vykazují silnou protinádorovou činnost. V důsledku vysokého počtu léčby rakoviny lze uvést, že dalším zdrojem znečištění jsou tato nemocniční zařízení a odpadní vody z nich (Graf 1).



Graf 1: Spotřeba platinových cytostatik v letech 2007-2011 v České republice (kg) [6]

Cisplatina, kterou pacienti dostávají jako cytostatikum, se poté z těla vyloučí ve formě monoaquy cisplatinu, která je vysoce aktivní a cytotoxická. Dalšími používanými cytostatiky jsou karboplatina a oxaliplatin. Odpadní vody z nemocnic jsou ošetřeny, avšak i přes to se dostávají tyto sloučeniny do životního prostředí (Graf 2). Dále se také odhaduje, že až 70 % cisplatinu pacienti vyloučí do 5 dnů od podání v nemocnici a v případě propuštění jsou pak kontaminovány odpadní vody v místě bydliště pacienta [7].



Graf 2: Obsah platiny v zemině (sedimentu) (mg/kg) [6]

2.2 Složky životního prostředí

2.2.1 Půda

Půda je jednou z nejvíce znečištěných složek životního prostředí, co se týče platinových kovů. Řada studií prokázala, že v půdě v okolí silnic dochází, v důsledku automobilové dopravy, k výraznému znečištění půdy platinovými kovy (Tabulka 3).

Z důvodu toho, že se zvýšené koncentrace platinových kovů v půdě objevily relativně nedávno, je informací o dlouhodobém působení těchto kovů velmi málo. Pohyblivost platinových kovů v půdě je závislá na mnoha faktorech, jako pH, redoxní potenciál a salinita půdy. Platinové kovy postupně prostupují do půdy a jejich obsah klesá úměrně s hloubkou. Mechanismy přeměn platinových kovů vedoucích k formování jejich biologicky dostupných forem jsou většinou spojeny s chemickými oxidačními reakcemi, tvorbou komplexů s organickými ligandy vyskytujícími se v půdě a biochemickými procesy za přítomnosti půdních bakterií [2].

Tabulka 3: Průměrná koncentrace platinových kovů v okolí silnic (2000) z 5 různých míst (1. příjezd ke kruhovému objezdu na silnici Oxford Ring Road, A40; 2. křižovatka Oxford Ring Road, A34; 3. odjezd od kruhového objezdu na silnici A4074; 4. silnice A404; 5. křižovatka na silnici A40) dle [8]

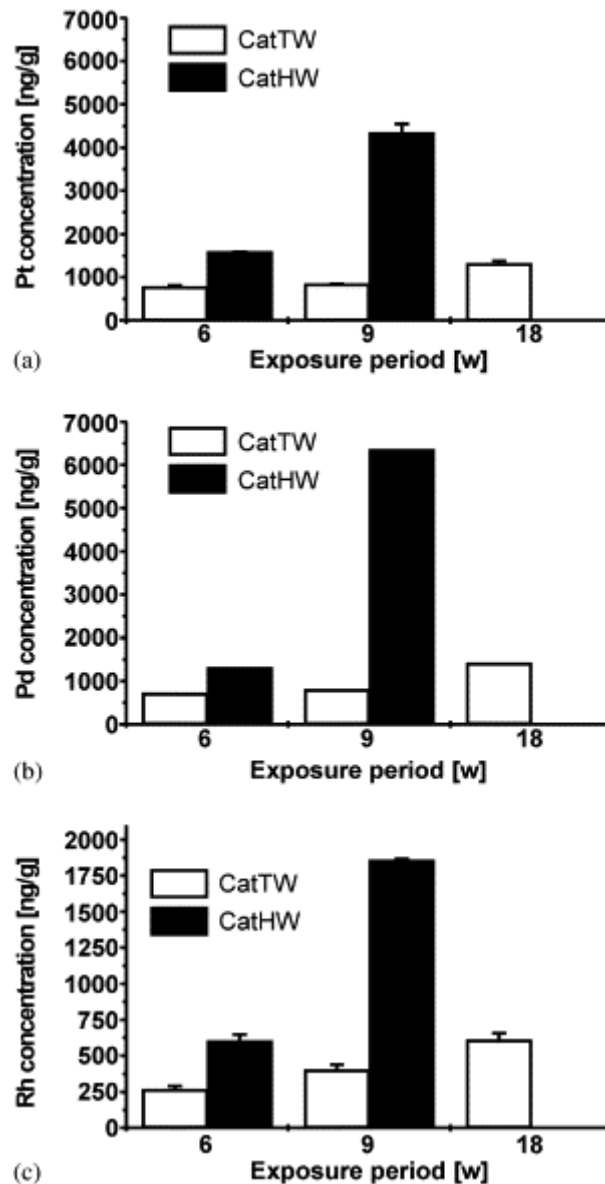
	Vzdálenost od silnice (m)	Koncentrace v půdě (µg/kg suché hmoty)	Koncentrace v trávě (µg/kg suché hmoty)
Platina	0	15,94 ± 7,54	12,04 ± 8,26
	1	9,18 ± 2,89	8,27 ± 6,92
	2	4,13 ± 1,74	5,52 ± 3,15
	5	2,04 ± 1,35	6,60 ± 6,69
	Palladium	0	120,82 ± 12,03
	1	107,88 ± 10,67	7,48 ± 2,03
	2	94,05 ± 8,94	7,98 ± 4,26
	5	84,20 ± 10,88	7,13 ± 3,46
Rhodium	0	22,40 ± 4,73	2,34 ± 0,72
	1	13,90 ± 6,22	1,31 ± 0,36
	2	6,68 ± 3,54	1,51 ± 0,60
	5	3,51 ± 1,96	0,90 ± 0,19

2.2.2 Vodní ekosystém

Zvýšené hodnoty koncentrace platinových kovů ve vodních ekosystémech jsou jednoznačně způsobeny emisemi výfukových plynů z automobilových katalyzátorů. Z toho důvodu lze předpokládat, že nejvyšší koncentrace platinových kovů budou v blízkosti silnic (až 50 µg/kg). V řekách se koncentrace pohybuje okolo 0,4 – 10,8 µg/m³. Ve vodních ekosystémech je relativně nízká koncentrace platinových kovů v porovnání s ostatními složkami životního prostředí. Avšak i tyto malé koncentrace dokáží ovlivnit vodní živočichy díky jejich schopnosti bioakumulace [2].

2.2.2.1 Bioakumulace

Podle studie [9] bylo prokázáno, že vodní živočichové (konkrétně slávička mnohotvárná – *Dreissena polymorpha*) v sobě akumulují platinové kovy. Slávky byly uměle vystaveny platinovým kovům v 10 litrové nádrži, ve které byla koncentrace platinových kovů následující: Pt – 241 µg/l, Pd – 266 µg/l, Rh – 121 µg/l. Bylo pozorováno zvyšování koncentrace těchto kovů v měkkých tkáních slávek po dobu 18 týdnů. U slávek, které byly v prostředí bez přídavku platinových kovů (slepé vzorky), se jejich koncentrace pohybovaly v řádu desítek ng/g tkáně. Naproti tomu u slávek vystavených platinovým kovům se jejich koncentrace pohybovaly v řádech tisíců ng/g tkáně. Dále bylo zjištěno, že ve vodě bohaté na živiny je bioakumulace výrazně vyšší než v kohoutkové vodě (Graf 3) [9].



Graf 3: Koncentrace platiny (a), palladia (b) a rhodia (c) ve vzorcích měkké tkáně škeble *Dreissena polymorpha* po expozici platinovými kovy ve vodě obohacené o huminové látky (CatHW) a ve vodě z vodovodu (CatTW) [9]

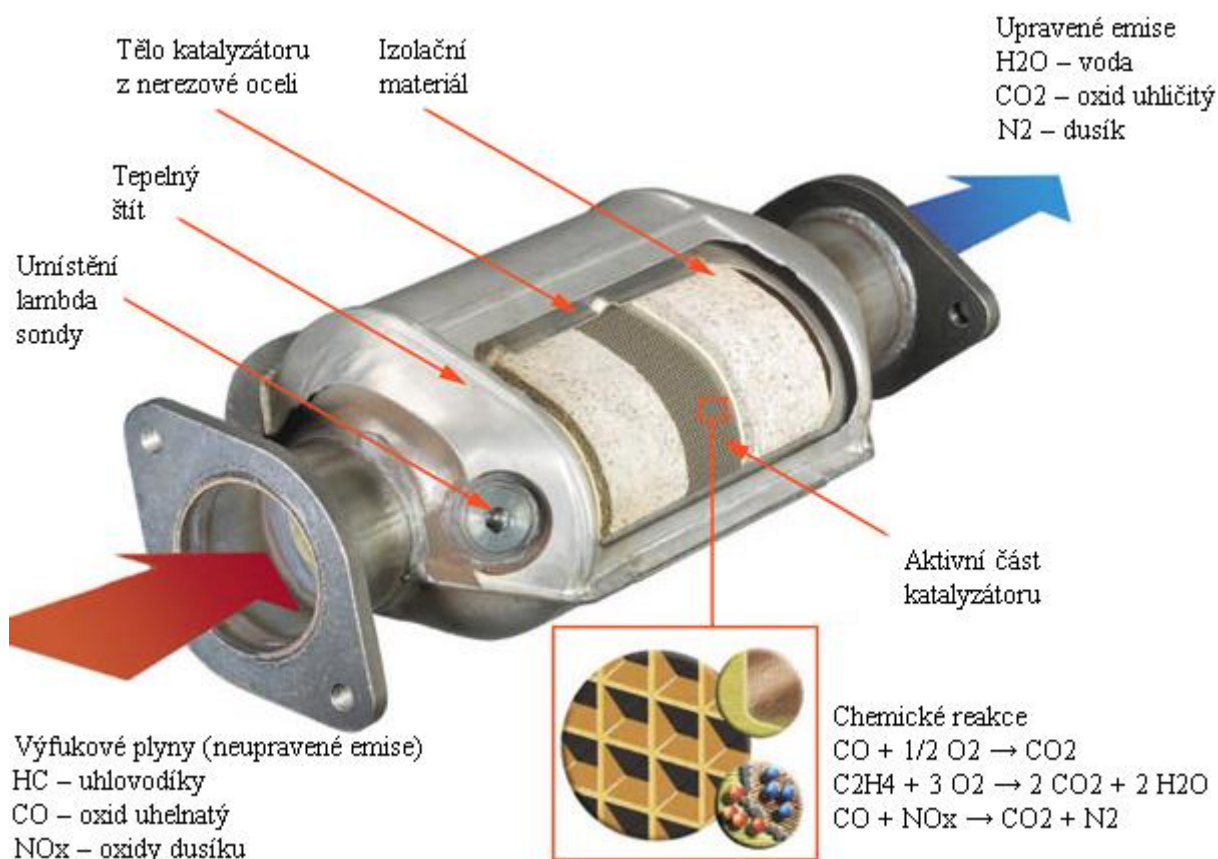
2.2.3 Ovzduší

Vzduch je složkou životního prostředí, jejímž primárním zdrojem platinových kovů je silniční doprava. Částičky mohou být přenášeny vzduchem na vzdálenosti v řádech několika stovek kilometrů od místa zdroje. Z atmosféry se částičky dostanou do půdy nebo vody buďto suchou nebo mokrou atmosférickou depozicí. Suchá atmosférická depozice využívá gravitačních sil a mokrá depozice probíhá pomocí vymývání atmosférickou vodou. V době před zavedením automobilových katalyzátorů (70. léta 20. století) se pohybovala koncentrace platiny pod hranicí detekce (0,05 až 1 pg/m³). V současné době je množství mnohonásobně větší a dosahuje většinou řádů stovek pg/m³ (Tabulka 4) [2].

Tabulka 4: Koncentrace platiny v ovzduší dle [10]

Město/stát	Specifikace	Koncentrace platiny (pg/m ³)	Zdroje
Kalifornie, USA		< 0,05	[11] (1975)
Dortmund, Německo	dálnice	30	[12] (1993)
	městská oblast (1991-1992)	0,02-5,1	
Mnichov, Německo	v autobusech a tramvajích (1993-1994)	7,3	[13] (2000)
	v autobusech a tramvajích (1995-1996)	21,5	
Česká republika	různá místa	9-62	[14] (1999)
Madrid, Španělsko	dálnice, PM ₁₀	15-19	[15] (2003)
Vídeň, Rakousko	týdenní průměr, PM ₁₀	4,3	[16] (2003)
	týdenní průměr, částice < 30 μm	38,1	

2.3 Automobilový katalyzátor



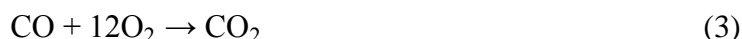
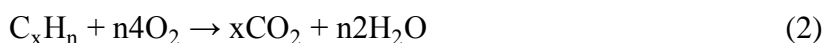
Obrázek 2: Popis automobilového katalyzátoru dle [17]

Benzínová směs se skládá ze směsi parafinů a aromatických uhlovodíků. Tato směs se poté spaluje za přístupu vzduchu, tuto reakci nám zjednodušeně ukazují rovnice (1).

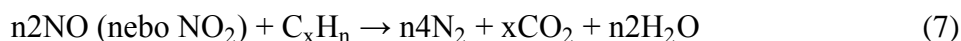
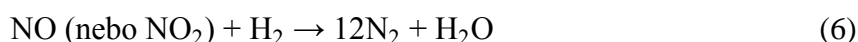
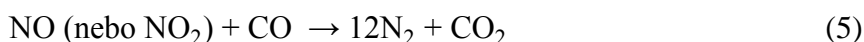


Spalování v motoru však není dokonalé a vniká celá řada vedlejších produktů. Vzniká oxid uhelnatý (CO), nespálené uhlovodíky (HC), oxidy dusíku (NO_x), vodík (H₂), voda (H₂O), oxid uhličitý (CO₂) a kyslík (O₂). Hlavními polutanty jsou nespálené uhlovodíky, oxid uhelnatý a oxidy dusíku.

CO a HC jsou ze zplodin odstraněny pomocí oxidace podle rovnic (2), (3), (4).



Odstranění NO_x probíhá redukčními reakcemi, které jsou znázorněny rovnicemi (5), (6), (7).



Všechny výše uvedené reakce probíhají na katalyzátoru (Obrázek 2), který začíná pracovat při teplotě cca 300 °C [18].

Platina a rhodium katalyzují redukci oxidu dusíku na dusík a kyslík a platina spolu s palladiem katalyzují reakci kyslíku s oxidem uhelnatým a uhlovodíky [19].

2.4 Vliv platinových kovů na živé organismy

2.4.1 Rostliny

Rostliny řadíme mezi primární producenty, představují první článek v potravním řetězci. Jejich schopnost absorbovat (bioakumulovat) platinové kovy z půdy může být tedy pro člověka velkým rizikem. Podle provedených výzkumů bylo zjištěno, že nejvyšší koncentrace platinových kovů se nachází v podzemních částech rostliny. Různé druhy rostlin se také liší svou schopností absorbovat platinové kovy z půdy. Například dvouděložné rostliny jsou schopné pohlcovat větší množství kovů než rostliny jednoděložné, a to z důvodu vyspělejšího transportního systému. Z platinových kovů nejnáze prostupuje do rostlin palladium. Nejvyšší koncentrace platinových kovů v rostlinách byla pozorována v blízkosti frekventovaných silnic. To potvrzuje to, že hlavními zdroji platinových kovů jsou emise z automobilových katalyzátorů [2], [20].

2.4.2 Lidský organismus

Mezi všemi platinovými kovy má největší škodlivé účinky na živé organismy platina, jelikož se váže na bílkoviny. Její toxicita závisí na stupni její oxidace. Alergie na platinu je vyvolána jen tehdy, když je zastoupena ve sloučenině, která obsahuje reaktivní ligand (zejména chloridy). Frekvence alergických reakcí na soli platiny se zvyšuje s počtem těchto

substituentů. V kovovém stavu je platina považována za biologicky inertní a nealergickou. Z jejího primárního zdroje (automobilové katalyzátory) je uvolňována ve formě kovu nebo oxidu. Nicméně kovová platina se může dostat do půd, vod a sedimentů a dále do potravního řetězce. Platinové kovy mohou v lidském těle způsobit řadu negativních příznaků, a to astma, potrat, alergickou reakci, nevolnost, vypadávání vlasů, kožní onemocnění a podráždění sliznice. Dlouhodobé vystavení sloučeninám platiny může způsobit poškození ledvin nebo anémii. Koncentrace platiny v tkáních roste s věkem, což poukazuje na to, že dlouhodobé vystavení tomuto kovu způsobuje jeho hromadění v tělních orgánech [2].

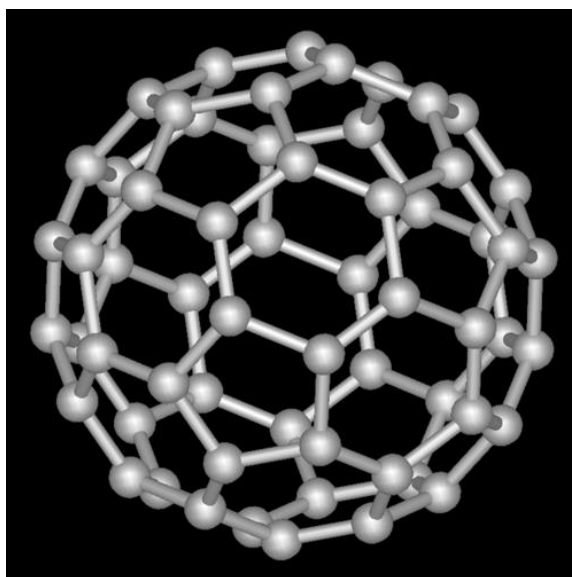
2.5 Nanočástice

Nanomateriál lze definovat jako chemickou látku nebo materiál složený z částic, jejichž velikost je alespoň v jednom směru 1 až 100 nanometrů. Nanomateriál má v mnoha případech jiné vlastnosti než stejný materiál na makroúrovni. Jako příklad si můžeme uvést platinu, která se považuje za biokompatibilní materiál, a proto se využívá k výrobě endoprotéz a kardiostimulátorů. Na druhou stranu platinové nanočástice jsou díky svým katalytickým schopnostem velmi nebezpečné. Snadno se dostávají přes buněčnou membránu a při vdechnutí dochází velmi často ke vzniku zánětu plic. V přírodě však běžně dochází k rychlému shlukování do částic větších rozměrů, což má pozitivní vliv na snižování jejich toxicity [21], [22].

Nanočástice se dělí do různých kategorií podle jejich morfologie, velikosti a chemických vlastností. Níže jsou uvedeny některé známé třídy nanočástic, dělených podle jejich fyzikálních a chemických vlastností [23].

2.5.1 Nanočástice na bázi uhlíku

Fullereny a uhlíkové nanotrubičky představují dvě hlavní třídy nanočástic na bázi uhlíku. Fullereny (Obrázek 3) obsahují nanomateriály, které jsou vyrobené z globulárních dutých klecí, jako příklad si můžeme uvést alotropickou modifikaci uhlíku.

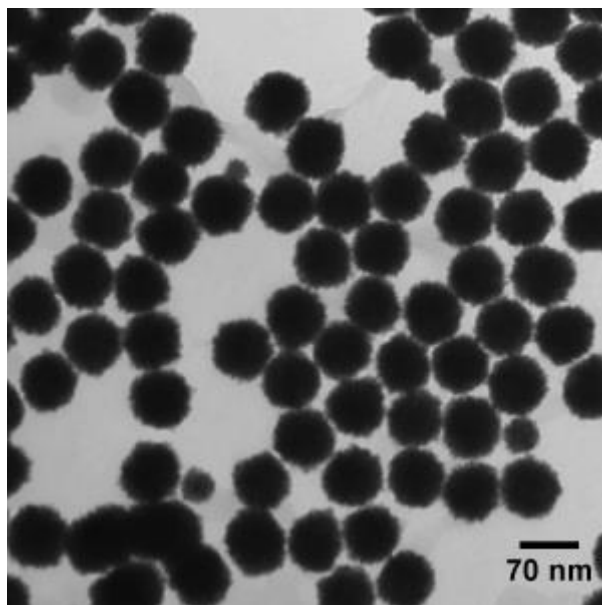


Obrázek 3: Fulleren C_{60} [24]

Svět se o ně začal zajímat díky jejich elektrické vodivosti, vysoké pevnosti, struktuře, afinitě elektronů a jejich všestrannosti. Tyto materiály mají uspořádané pentagonální a hexagonální uhlíkové jednotky a každý uhlík je sp^2 hybridizován. Nanotrubice se díky jejich unikátním fyzikálním, chemickým a mechanickým vlastnostem využívají pro mnoho komerčních aplikací a mohou sloužit jako plniva, účinné absorbenty plynů pro sanaci životního prostředí nebo jako nosné médium pro různé anorganické a organické katalyzátory [23].

2.5.2 Kovové nanočástice

Výchozí látkou při výrobě kovových nanočástic jsou čistě jenom kovy, jako příklad si můžeme uvést platinu (Obrázek 4). Tyto nanočástice mají jedinečné optoelektrické vlastnosti. Například nanočástice vyrobené z alkalických a ušlechtilých kovů (Cu, Ag, Au) absorbují velkou část spektra viditelného elektromagnetického slunečního záření. Jejich optických vlastností se využívá v mnoha oblastech výzkumu. Například zlatých nanočástic se využívá u skenovací elektronové mikroskopie, kde zvyšují kvalitu pořízených snímků [23].



Obrázek 4: Nanočástice platiny [25]

2.5.3 Keramické nanočástice

Jsou to anorganické pevné látky, které jsou připravovány za zvýšené teploty s následným zchlazením. Primárně jsou vyráběny z oxidů, karbidů, fosfátů a uhličitánů kovů a metaloidů jako je vápník, titan, křemík. Vyskytují se v amorfních, polykrystalických, porézních nebo dutých formách. Mají širokou škálu aplikací díky své vysoké tepelné odolnosti a díky tomu, že jsou chemicky inertní. Největší využití nalézají v biomedicíně jako nosiče pro léčiva, geny a proteiny. Bývají také využívány k léčbě rakoviny [23], [26].

2.5.4 Polovodičové nanočástice

Mnohé z nich absorbují světlo, jehož energie je větší než energie zakázaného pásma a emitují fluorescenci, jejíž energie odpovídá energii zakázaného pásma. Bývají využívány v oblastech katalýzy, fotokatalýzy (fotodegradace barviv) a k zobrazovacím aplikacím [23] [27].

2.5.4.1 Fotokatalýza

Při fotokatalýze dochází u polovodičových materiálů (TiO_2 , sulfidy kovů) k absorpci světelné energie, což způsobí vytvoření párů elektron-díra. Vzniklé páry následně reagují s vodou a kyslíkem za vzniku volných radikálů. Vzniklé volné radikály jsou velmi účinnými oxidačními činidly organických látek. Polovodičové nanočástice mají oproti objemnějším částicím vyšší poměr povrchu k objemu, a to zapříčiňuje větší absorpci fotonů na povrchu fotokatalyzátoru a tím i vyšší fotokatalytickou aktivitu [28].

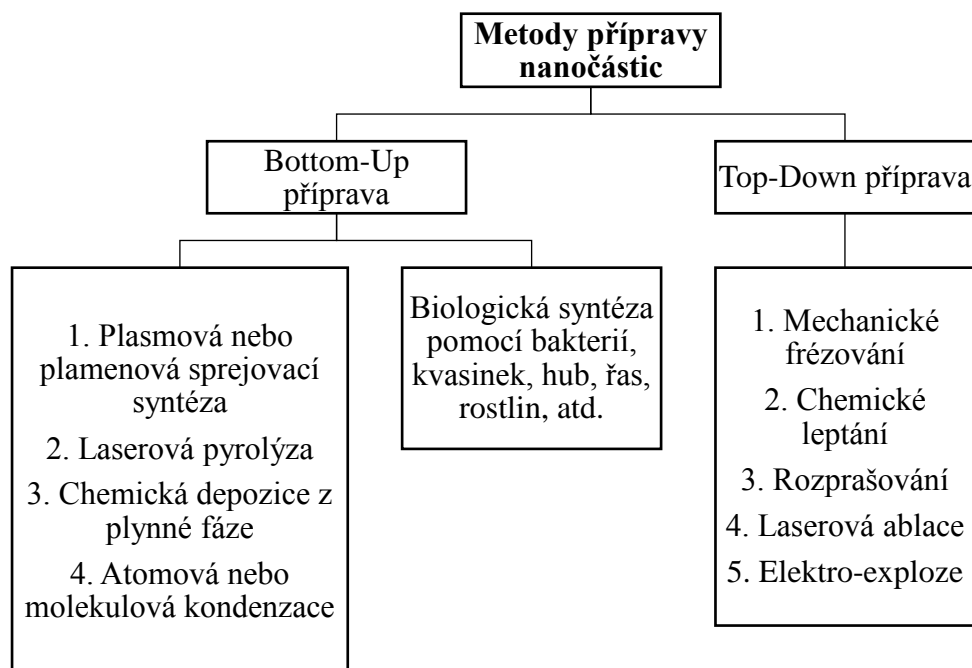
2.5.5 Nanočástice na bázi lipidů

Obecně jsou lipidové nanočástice charakteristické svým sférickým tvarem a průměrem v rozmezí 10-1000 nm. Mají pevné jádro z lipidů a matrice obsahuje rozpustné lipofilní molekuly. Oblast lipidové nanotechnologie se zaměřuje na navrhování a syntézu lipidových nanočástic pro různé aplikace, jako jsou například nosiče pro transport léků [23].

2.6 Příprava nanočástic

Pro výrobu nanočástic lze využít různých metod. Ty lze rozdělit na dva základní typy:

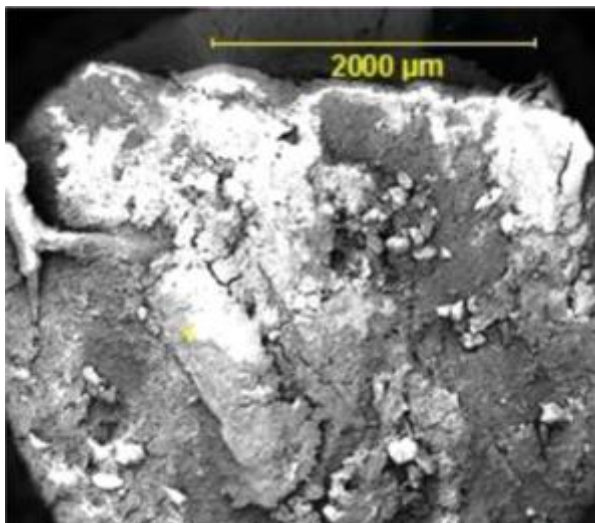
- Top-down metody (shora dolů)
- Bottom-up metody (zdola nahoru)



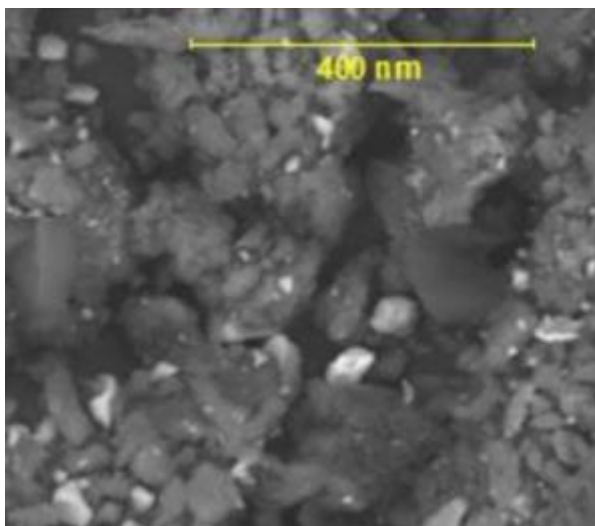
Obrázek 5: Metody přípravy nanočástic dle [23]

2.6.1 Top-down metoda

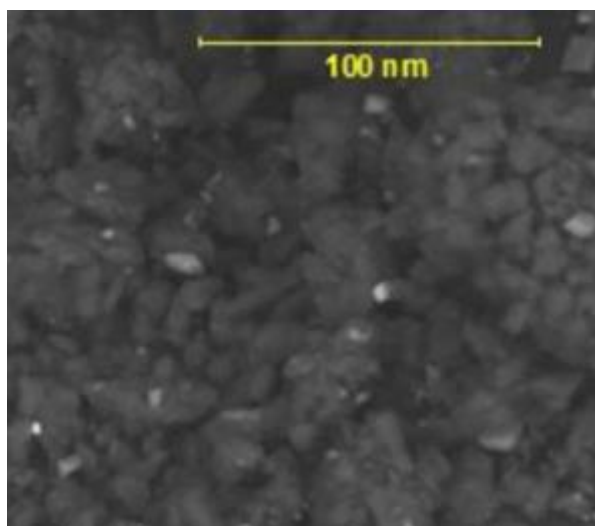
Tato metoda je založena na principu destrukce. Vše začíná velkými molekulami, které se rozpadají na menší částice a poté se tyto částice převedou na vhodné nanočástice. Příkladem této metody je mletí. Tohoto postupu se využívá k syntéze nanočástic kokosových skořápek, kdy skořápky jsou umístěny do planetárního mlýna a pomocí keramických kuliček jemně rozemlety. Čím je doba mletí delší, tím jsou vzniklé nanočástice menší (Obrázky 6, 7, 8). Vzniklé kokosové nanočástice se používají jako výztuž polymerů a kovů při výrobě ekologických nanokompozitů [23], [29].



Obrázek 6: Fotka kokosové skořápky před mletím ze skenovacího elektronového mikroskopu [29]



Obrázek 7: Fotka kokosové skořápky po 16 hodinovém mletí ze skenovacího elektronového mikroskopu [29]



Obrázek 8: Fotka kokosové skořápky po 46 hodinovém mletí ze skenovacího elektronového mikroskopu [29]

2.6.2 Bottom-up metoda

Tento postup je také nazýván jako budování, jelikož nanočástice jsou tvořeny z jednodušších látek. Příkladem mohou být sedimentační a redukční techniky [23].

2.7 Charakterizace nanočástic

Fyzikálně-chemické vlastnosti nanočástic jsou získávány pomocí různých technik, a to například pomocí rentgenové difrakce, rentgenové fotoelektronové spektroskopie, infračervené spektroskopie a mnoha dalších [23].

2.7.1 Strukturní charakteristika

Rentgenová krystalografie je jednou z nejdůležitějších technik pro zkoumání strukturních vlastností nanočástic. Dobře funguje při identifikaci jednotlivých i vícefázových nanočástic, ale od velikosti částic menších než stovky nanometrů, může být měření obtížné.

Rentgenová fotoelektronová spektroskopie je považována za nejcitlivější techniku a je široce používána k určování elementárního poměru a druhů vazeb mezi prvky v materiálech nanočástic. Jedná se o povrchově citlivou metodu, která může být využita ke studiu složení v závislosti na hloubce. Samotná metoda je založena na klasických spektroskopických metodách a měří se závislost vazebné energie elektronů na jejich počtu.

Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací a Ramanova spektroskopie je využívána ke studiu vibrační charakteristiky nanočástic [23].

2.7.2 Optická charakteristika

Tyto charakteristiky jsou založeny na známém Lambert-Beerově zákoně a základních principech světelného záření. Poskytují nám informace o absorpci, odrazivosti, luminiscenci a fosforescenčních vlastnostech nanočástic. Například zejména kovové a polovodičové nanočástice mají různé barvy a jsou tedy nejvíce využívány v aplikacích spojených s fotografiemi. Je tedy dobré znát hodnotu absorpce a odrazivosti z toho důvodu, abychom

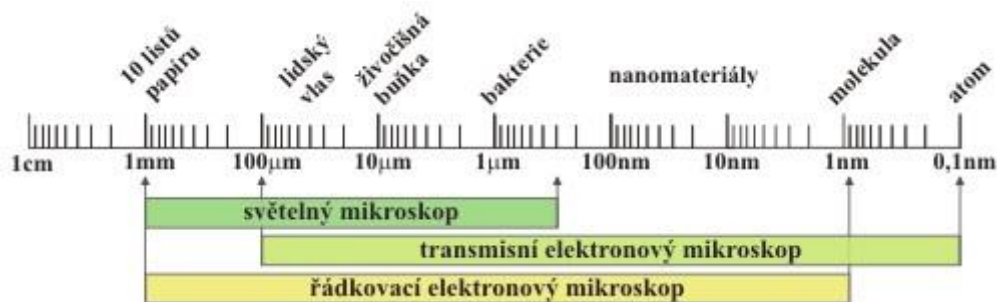
porozuměli základnímu mechanismu každé aplikace. Ke studiu optických vlastností se nejvíce využívá UV-VIS spektrofotometrie a fotoluminiscence [23].

2.8 Morfologie

Tvar nanočástic vzbuzuje velký zájem vědců, protože právě ten ovlivňuje většinu jejich vlastností. Pro studium tvaru se nejvíce uplatňují mikroskopické techniky jako polarizovaná optická mikroskopie, skenovací elektronová mikroskopie a transmisní elektronová mikroskopie [23].

2.8.1 Elektronová mikroskopie

Elektronové mikroskopy řadíme mezi optické přístroje. Namísto světelného paprsku, využívaného u klasického světelného mikroskopu, se zde používají elektrony, které jsou urychleny elektrickým polem. Místo běžně používaných skleněných čoček jsou zde použity čočky elektromagnetické. Aby nedocházelo k ovlivňování dráhy letících elektronů atmosférou, je vzorek i svazek elektronů ve vakuu. Díky tomu, že elektronové záření má vlnovou délku mnohonásobně menší než viditelné světlo, dává nám to možnost dosáhnout mnohem vyššího rozlišení. Na obrázku 9 je názorně zobrazeno, jak velké objekty lze pomocí elektronových mikroskopů sledovat.



Obrázek 9: Velikosti objektů, které lze sledovat elektronovým mikroskopem. Pro představu je uveden i světelný mikroskop [30].

Díky elektronovým mikroskopům můžeme získat souhrnné informace o struktuře, krystalografii, chemickém složení a mnoha dalších vlastnostech zkoumaného vzorku.

Elektronové mikroskopy dělíme na dvě základní skupiny:

- řádkovací (SEM – scanning electron microscope),
- transmisní (TEM – transmission electron microscope) [30].

2.9 Chemicko-fyzikální vlastnosti nanočástic

Díky vlastnostem jako je velká plocha jejich povrchu, mechanická odolnost, optická aktivita a chemická reaktivita se nanočástice stávají velmi žádané v mnoha různých aplikacích [23].

2.9.1 Magnetické vlastnosti

Nanočástice dosahují nejlepších magnetických vlastností, když je jejich velikost menší než kritická (10-20 nm). Při takovýchto rozměrech jsou magnetické vlastnosti u nanočástic

dominantní a díky tomu jsou velmi ceněné a používané v různých aplikacích. Vlivem nerovnoměrného rozložení elektronů v nanočásticích, se na nich vytváří magnetické pole [23].

2.9.2 Mechanické vlastnosti

Kvůli zjištění přesné mechanické povahy nanočástic se u nich měří různé parametry, jako jsou modul pružnosti, tvrdost, napětí, deformace, adheze a tření. Nanočástice disponují odlišnými vlastnostmi v porovnání s mikročásticemi [23].

2.9.3 Tepelné vlastnosti

Kovové nanočástice mají tepelnou vodivost větší než tekutiny. Například tepelná vodivost mědi je při pokojové teplotě asi 700krát větší než u vody a asi 3000krát větší než u motorového oleje. Lze tedy předpokládat, že tekutina obsahující suspendované nanočástice (neboli tzv. nanofluid) bude mít výrazně vyšší tepelnou vodivost oproti konvenčně využívaným kapalinám na přenos tepla. Pro tuto aplikaci je vhodné použít částice s co největším povrchem, a to z důvodu, že přenos tepla probíhá právě na povrchu částic. Nejběžněji se jako kapaliny využívá vody, ethylenglykolu nebo olejů [23].

2.10 Toxicita nanočástic

Kromě průmyslového a lékařského využití, kde jsou nanočástice velmi prospěšné, na druhou stranu existuje mnoho toxických účinků připisovaných právě pouze nanočásticím. Nanočástice se nepozorovaně dostávají do složek životního prostředí díky různým antropogenním činnostem. Přednosti magnetických nanočástic, jako je jejich malá velikost, vysoká reaktivita a velká kapacita se tak mohou stát potenciálními velmi nebezpečnými faktory, jelikož budou působit na buňky škodlivě a toxicky, naproti mikročásticím, u kterých jsou tyto škodlivé vlivy neobvyklé. Nanočástice se mohou do organismů dostávat přes trávicí nebo dýchací systém. V rámci těla se poté mohou přesunovat do různých tělních orgánů, kde se projeví jejich toxicita způsobená jejich vysokou reaktivitou. Nanočástice se v bio aplikacích využívají velmi hojně, a přesto ještě nebyly stanoveny jejich potenciální zdravotní rizika u člověka, způsobené jejich dlouhodobou expozicí v organismu. Nanočástice mají schopnost koncentrovat se v okolí bílkovin. Toto spojení má za následek mnoho nepříznivých následků, jako je rozklad bílkovin, fibrilace a ztráta enzymatické aktivity [23], [31].

2.11 Platinové nanočástice

Nanočástice platiny jsou velmi široce využívány v chemickém průmyslu pro jejich skvělé katalytické schopnosti a jejich elektrické vlastnosti. Další uplatnění nacházejí při tvoření komplikovaných 2D struktur (deponovaných-ukládáných) FIB-CVD procesy. Těchto struktur se využívá v mnoha odvětvích díky využití jejich vlastností:

- optických – difrakční struktury, kvantové tečky,
- elektromagnetických – nanoantény, nanoelektrody, senzory, solární články,
- mechanických – MEMs aplikace [32].

2.11.1 Příprava Pt nanočástic

Platinové nanočástice mohou být připravovány redukcí hexachloroplatičitanu. K roztoku hexachloroplatičitanu se za rychlého míchání přidává redukční činidlo (plynný vodík), což způsobí to, že se platinové ionty redukují na neutrální atomy platiny. Roztok se rychle přesycuje vznikajícími atomy platiny, což má za důsledek vysrážení platiny ve formě nanočástic. Agregaci nanočástic zabráníme tím, že do roztoku přidáme stabilizační činidlo, jako je např. polyakrylát sodný [33].

2.12 Diferenciální kompenzační kalorimetrie

Diferenciální kompenzační kalorimetrie (zkráceně DSC) je metodou tepelné analýzy, zabývající se tepelnými vlastnostmi materiálů. Tato metoda se využívá ke stanovení teplot tání, skelných přechodů a krystalizací nejrůznějších materiálů.

Měření spočívá v konstantním ohřívání (chlazení) dvou nádob, z nichž jedna je referenční a v druhé je vzorek (Obrázek 12). Tepelný tok do jednotlivých nádob se bude lišit z důvodu složení vzorku a fázových změn probíhajících ve vzorku. Měří se tedy rozdíl tepelných toků do jednotlivých nádob. Jako reference se používá inertní materiál (ve zvoleném teplotním režimu v něm neprobíhají žádné fázové změny), obvykle prázdný kelímek [34], [35].



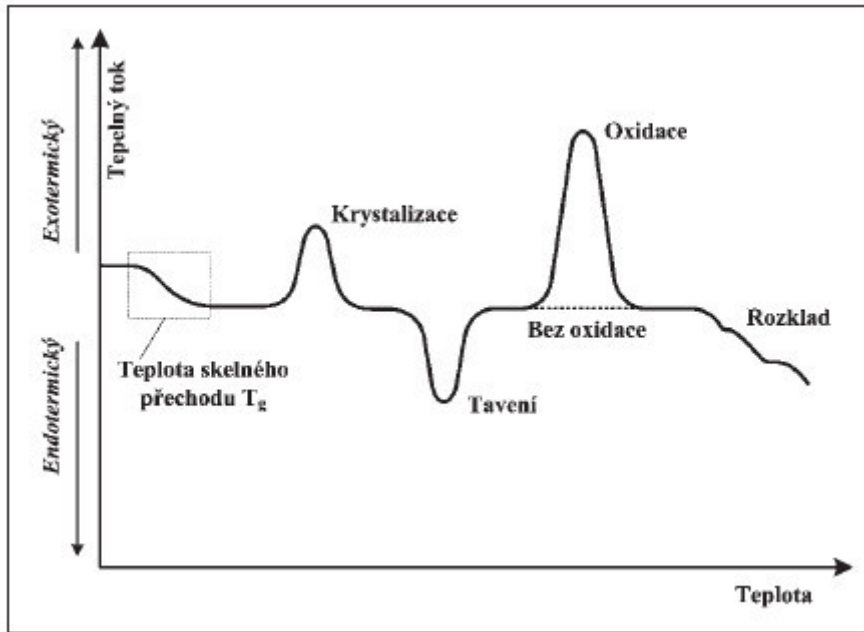
Obrázek 10: Diferenciální kompenzační kalorimetr [36]

Fázová transformace I. druhu

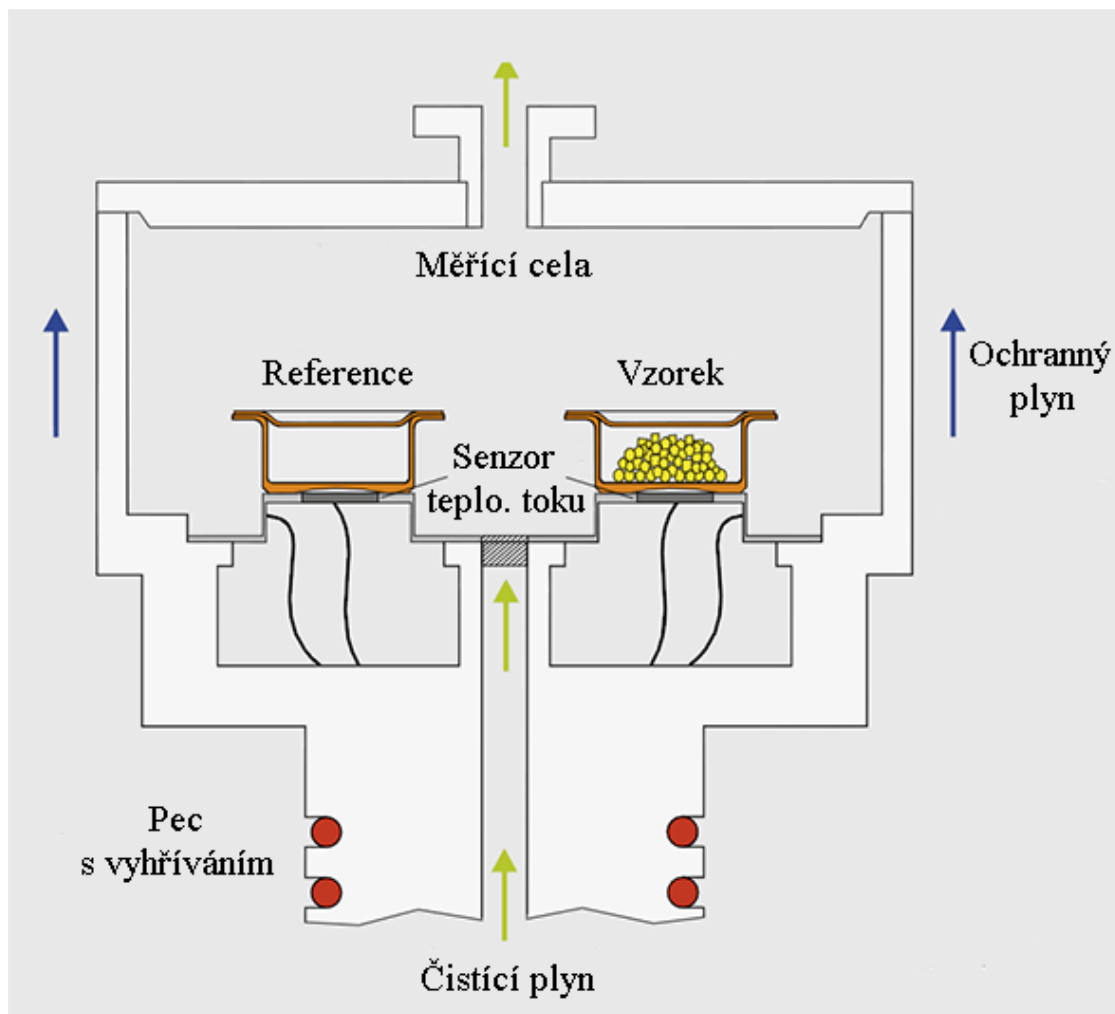
- fázové změny v materiálech doprovázené exotermickou reakcí (uvolňování tepla) nebo endotermickou reakcí (spotřebováváním tepla),
- tato změna se v DSC projeví jako pík.

Transformace II. druhu

- skoková změna tepelné kapacity materiálu,
- tato změna se v DSC projeví jako náhlá změna základní linie záznamu [35].



Obrázek 11 – Křivka DSC zobrazující základní typy změn vyskytujících se v polymerních materiálech [37]



Obrázek 12: Pracovní schéma diferenciální kompenzační kalorimetrie [38]

2.13 WaMB

Je obtížné popsat reaktivitu půdní organické hmoty vůči cizím molekulám, protože díky interakcím s okolním prostředím je půdní organická hmota velmi heterogenní a polydisperzní. Půdní organická hmota se skládá z organických sloučenin pocházejících z různých zdrojů (rostlinné a živočišné tkáně, mikroorganismy). Molekuly vody významně přispívají k organizační struktuře organické půdní hmoty. Vodní molekulové můstky spojují jednotlivé segmenty půdní organické hmoty. V důsledku toho je supramolekulární struktura organické půdní hmoty stabilizovaná vodními interakcemi, dynamickým systémem, který pružně reaguje na změny podmínek prostředí (teplota, vlhkost, pH a přítomnost cizích sloučenin). Předpokládá se, že WaMB může významně přispět k fyzické imobilizaci organických molekul v půdní organické hmotě, protože WaMB spojuje jednotlivé segmenty a může zabránit znečišťujícím organickým chemikáliím vstoupit do konkrétních oblastí nebo je opustit [39].

2.14 Lipidy

Interakce organických molekul a alifatických krystalů nejsou zcela vyzkoumány. Alifatické krystaly mohou pocházet ze zbytků rostlinných biopolymerů (kůra, suberan, suberin) nebo z vosků vyšších rostlin obsahujících lineární alkany, mastné kyseliny a mastné alkoholy [40].

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Použité přístroje

- Diferenciální kompenzační kalorimetr DSC 2500 – TA Instruments
- Analytické váhy – SCALTEC
- Analytické váhy – DENVER INSTRUMENT
- TZERO PRESS – TA Instruments

3.2 Příprava vzorků

- Do 18 skleněných vialek bylo na analytických vahách naváženo 300 mg přesáté rašeliny (s přesností na tisícinu gramu).
- Do každé vialky byla přidána suspenze platinových nanočástic o různé koncentraci podle Tabulky 5. Zásobní roztok je zakoupená suspenze nanočástic o koncentraci 1000 $\mu\text{g Pt/ml}$ vody. Pracovní roztok o koncentraci 10 $\mu\text{g Pt/ml}$ vody je získaný naředěním zásobního roztoku (10 μl zásobního roztoku + 990 μl vody).

Tabulka 5: Ředění suspenze platinových nanočástic

Č.	Hmotnost Pt	Objem suspenze Pt nanočástic a vody	Použitý roztok Pt
1	0 $\mu\text{g Pt}$ (blank)	0 $\mu\text{l Pt}$ + 1000 μl destilované vody	
2	0,1 $\mu\text{g Pt}$	10 $\mu\text{l Pt}$ + 990 μl destilované vody	Pracovní
3	1 $\mu\text{g Pt}$	100 $\mu\text{l Pt}$ + 900 μl destilované vody	
4	10 $\mu\text{g Pt}$	10 $\mu\text{l Pt}$ + 990 μl destilované vody	Zásobní
5	100 $\mu\text{g Pt}$	100 $\mu\text{l Pt}$ + 900 μl destilované vody	
6	1000 $\mu\text{g Pt}$	1000 $\mu\text{l Pt}$ + 0 μl destilované vody	

- Rašelina ve vialce byla se suspenzí promíchána.
- Od každé koncentrace byly připraveny 3 vialky.
- Vždy skupina 6 vialek byla umístěna na 1 měsíc do příslušného exsikátoru podle potřebné vlhkosti (viz Tabulka 6).

Tabulka 6: Exsikátory

Exsikátor	Chemikálie udržující vlhkost	Teoretická vlhkost	Relativní vlhkost změřená
A	KNO_3	92 %	95 %
B	NaCl	75 %	77 %
C	K_2CO_3	43 %	44 %

3.3 Příprava vzorků pro měření na DSC

- Po měsíčním stání v exsikátoru byly od každého vzorku připraveny 3 vzorkovnice pro měření na DSC.
- Vzorek rašeliny se suspenzí byl diferenciatně navážen na analytických vahách do hliníkových vzorkovnic. Vzorkovnice byla zavíčkovaná a tlakem uzavřena.
- Takto bylo připraveno 54 vzorkovnic.

3.4 Měření stability vodních molekulových můstků (WaMB)

- Vzorkovnice byly pomocí autosampleru vkládány do měřicí cely kompenzačního kalorimetru.
- Byl spuštěn příslušný program, kdy se teplota snižovala rychlostí 10 °C za minutu do -50 °C, následně se teplota zvyšovala opět rychlostí 10 °C za minutu do 110 °C. Poté se měření opakovalo z důvodu změření stability alifatických krystalitů.

3.5 Měření stability alifatických krystalitů

- Měření probíhalo souběžně s měřením stability vodních molekulových můstků.
- V prvním kole se změřila stabilita WamB, následně byl celý proces za stejných podmínek opakován a v druhém kole se změřila stabilita alifatických krystalitů.

3.6 Měření množství vody ve vzorku

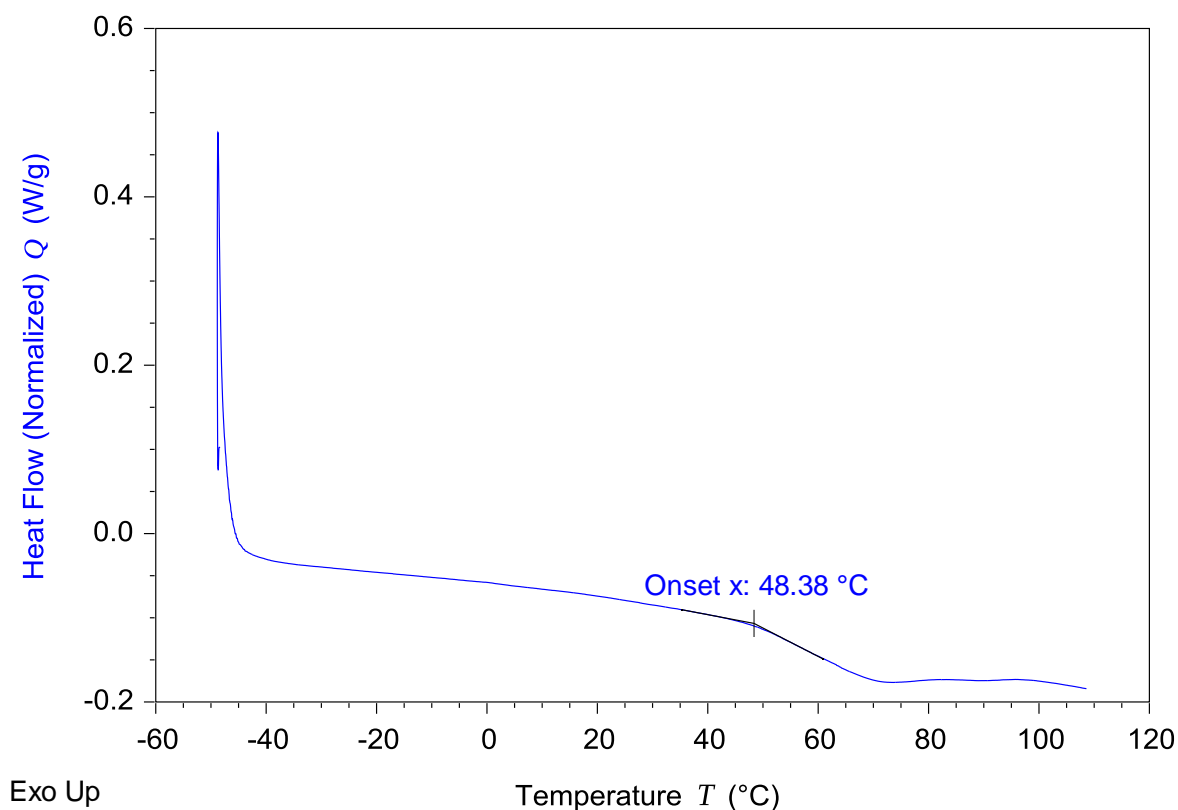
- Byly použity ty samé již připravené vzorkovnice se vzorky.
- Před samotným měřením byla vzorkovnice zvážena, její víčko třikrát propíchnuto, vložena do přístroje a bylo spuštěno měření.
- Při měření byla teplota vzorku snížena na -30 °C a poté byla teplota zvyšována rychlostí 7 °C za minutu až do cca 185 °C (do ustanovení konstantního tepelného toku).
- Po dokončení byla vzorkovnice ihned znovu zvážena.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Stabilita vodních molekulových můstků

4.1.1 Záznam a vyhodnocení

DSC_0990 SP_PtNP_100_44_01



Graf 4: Záznam měření stability vodních molekulových můstků na DSC pro vzorek o koncentraci 100 $\mu\text{g Pt}/300 \text{ mg pŕdy}$ a 44% vlhkost

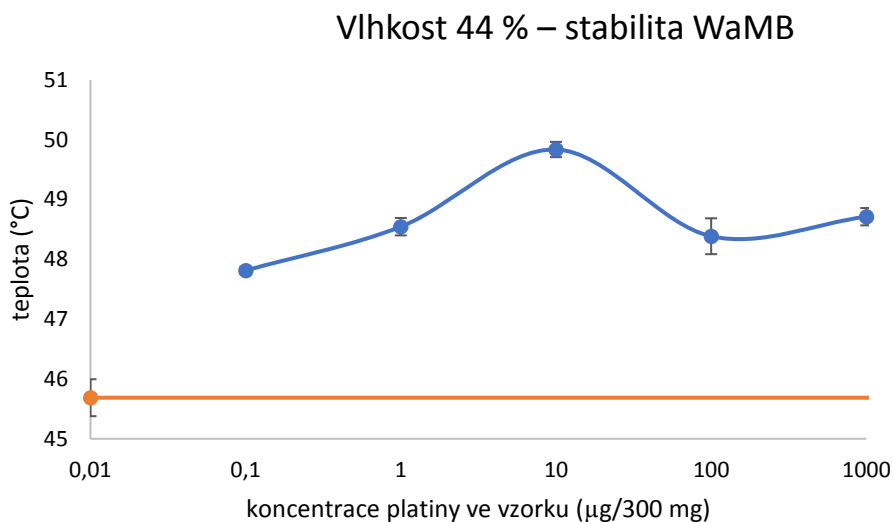
Záznam byl vyhodnocen v programu Trios v4.3.0 od firmy TA Instruments. Záznam byl analyzován funkcí „Onset point“.

4.1.2 Výsledky a diskuze

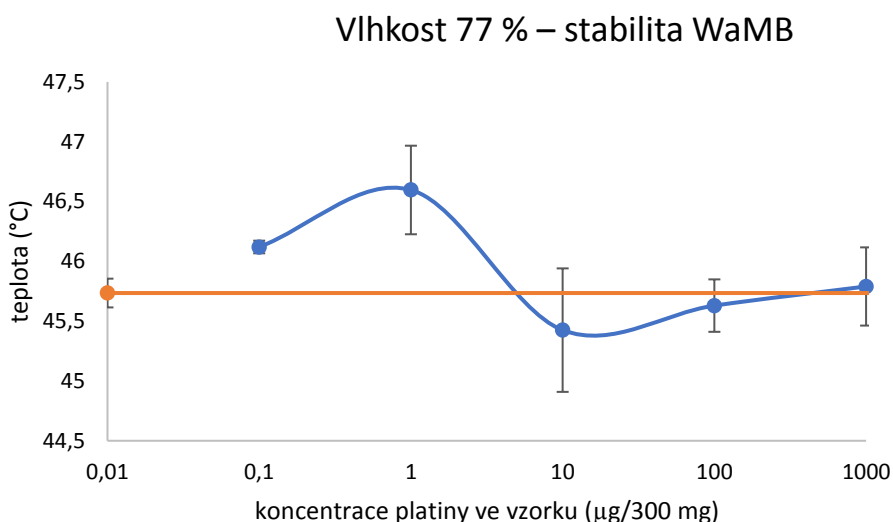
Na grafech 5 a 6 jsou znázorněny výsledky měření stability vodních molekulových můstků.

Na x-ové ose je nulová koncentrace znázorněna jako 0,01, a to z důvodu použití logaritmického měřítka.

Pro porovnání se vzorkem s nulovým množstvím platinových nanočástic, je nulová koncentrace vždy znázorněna jako oranžová čára.



Graf 5: Závislost teploty na koncentraci platiny ve vzorku pro 44% vlhkost.



Graf 6: Závislost teploty na koncentraci platiny ve vzorku pro 77% vlhkost.

Z grafů je patrné, že platinové nanočástice mají výrazný vliv na vodní molekulové můstky při nižších vlhkostech.

Konkrétně bylo prokázáno, že u 44% vlhkosti dochází již od koncentrace 0,1 $\mu\text{g}/300 \text{ mg}$ k výraznému zesílení vodních molekulových můstků. Svého maxima dosáhlo zesílení při 10 $\mu\text{g}/300 \text{ mg}$. U vyšších koncentrací došlo k malému poklesu.

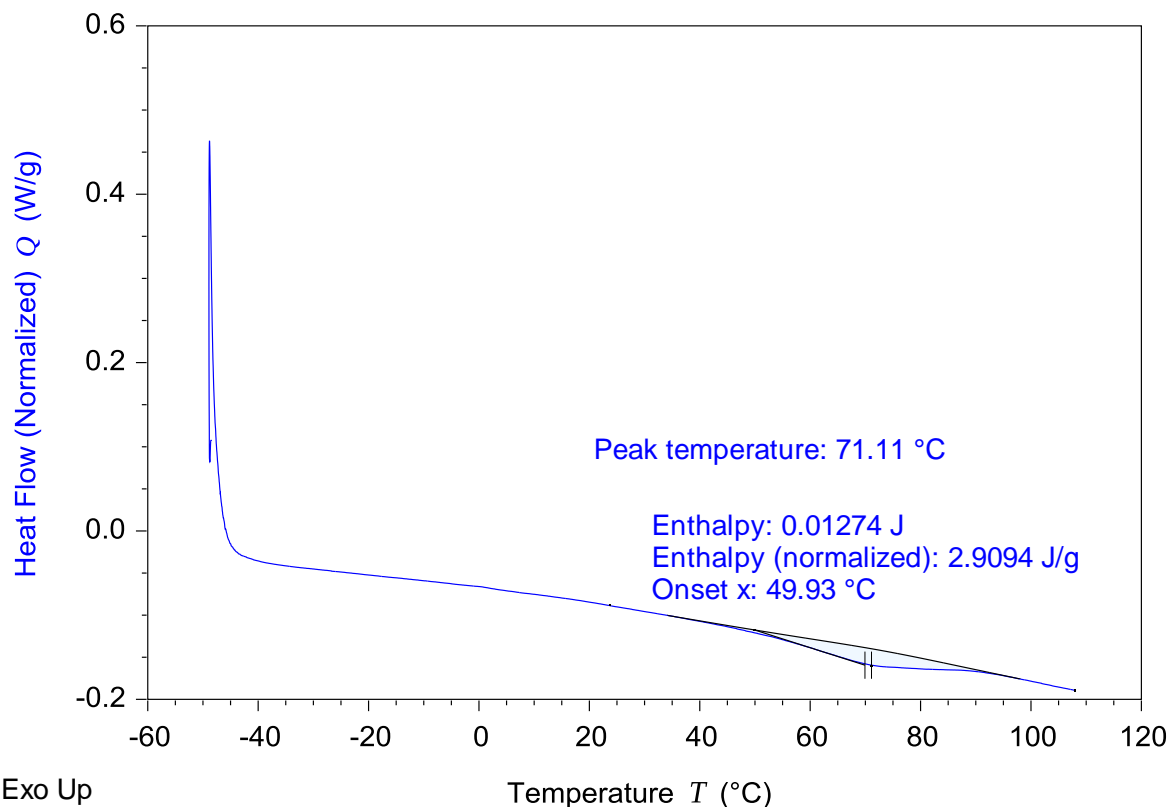
U 77% vlhkost bylo pozorováno zesílení WaMB jen do koncentrace 1 $\mu\text{g}/300 \text{ mg}$, u vyšších koncentrací platinových nanočástic není zřejmý vliv na WamB.

Pro 95% vlhkost nejsou výsledky vyhodnotitelné, protože vzorek obsahoval velké množství volné vody.

4.2 Měření stability alifatických krystalitů

4.2.1 Záznam a vyhodnocení

DSC_0990 SP_PtNP_100_44_01



Graf 7: Záznam měření stability alifatických krystalitů na DSC pro vzorek o koncentraci 100 μg Pt/300 mg půdy a 44% vlhkost

Záznam byl vyhodnocen v programu Trios v4.3.0 od firmy TA Instruments. Záznam byl analyzován funkcí „Peak integration“, kdy jako typ základní čáry byla zvolena sigmoidní křivka s manuálně nastavitelnými tečnami na pravé i levé straně. Pomocí nastavitelných tečen byla hledána nejvyšší možná hodnota entalpie. Funkce „Peak integration“ vypočítává plochu píku, což nás informuje o velikosti entalpie.

4.2.2 Výsledky a diskuze

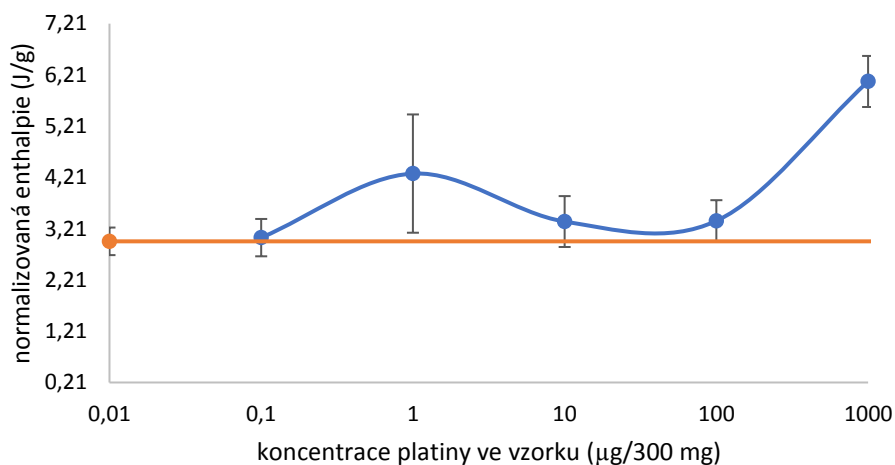
Při měření nejdříve došlo k roztátí lipidů, následnému zchlazení, při kterém nejspíše došlo k interakci mezi lipidy a nanočásticemi a poté k opětovnému zahřátí, při kterém pozorujeme změnu normalizované entalpie, která vypovídá o množství krystalického podílu ve vzorku.

Na grafech 8 a 9 jsou znázorněny výsledky měření normalizované entalpie vypovídající o množství krystalického podílu ve vzorku.

Na x-ové ose je nulová koncentrace znázorněna jako 0,01, a to z důvodu použití logaritmického měřítka.

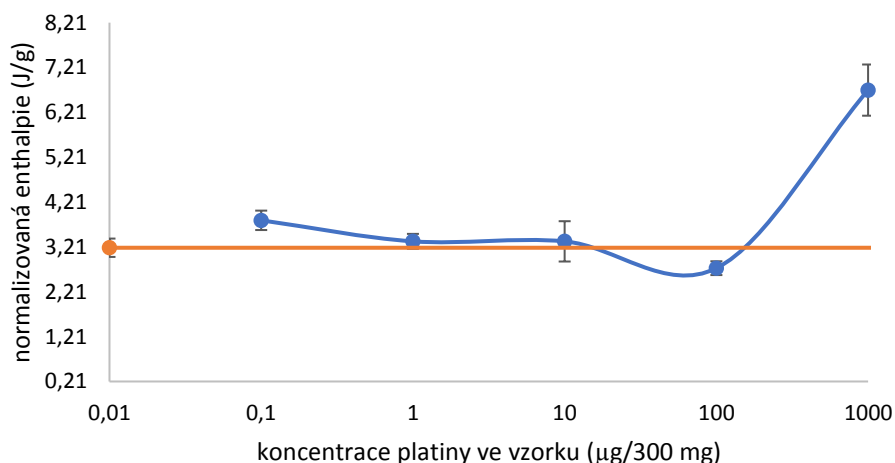
Pro porovnání se vzorkem s nulovým množstvím platinových nanočástic, je nulová koncentrace vždy znázorněna jako oranžová čára.

Vlhkost 44 % – stabilita alifatických krystalitů



Graf 8: Závislost normalizované entalpie na koncentraci platiny ve vzorku pro 44% vlhkost.

Vlhkost 77 % – stabilita alifatických krystalitů



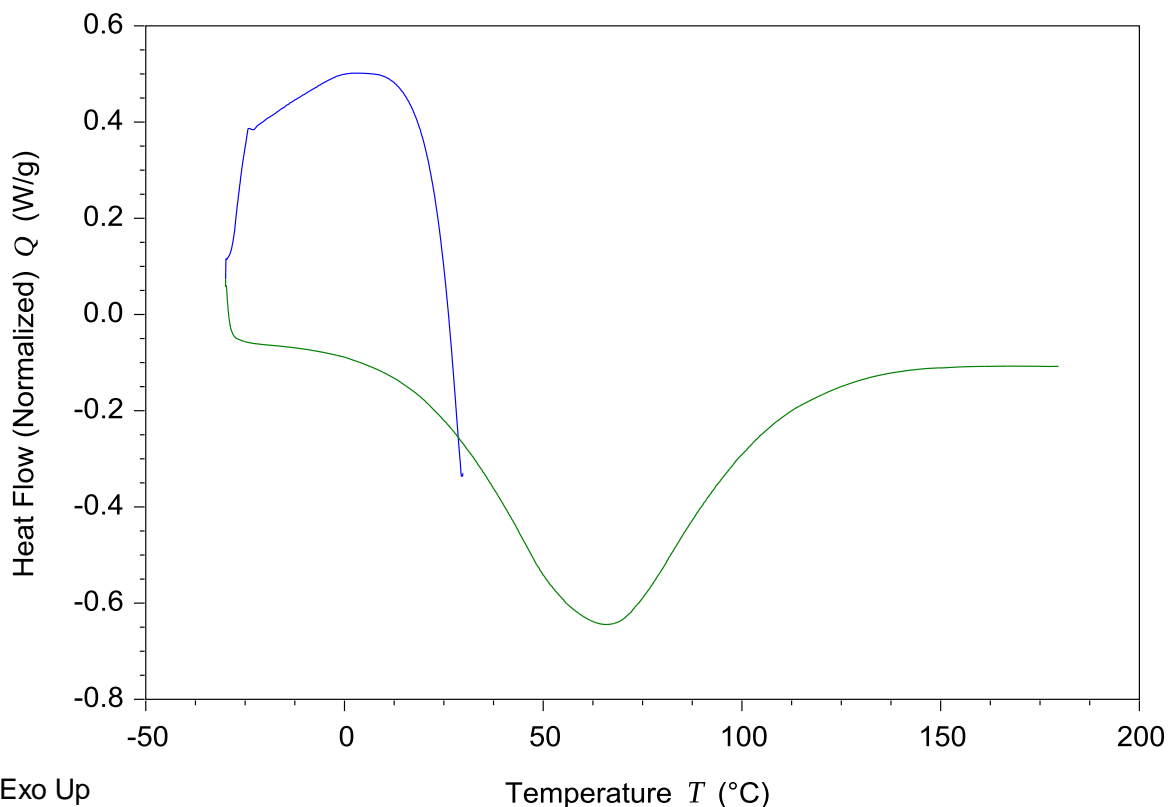
Graf 9: Závislost normalizované entalpie na koncentraci platiny pro 77% vlhkost.

Z grafů je patrné, že platinové nanočástice mají na tání lipidů jistý vliv. S vyšší koncentrací (od 100 $\mu\text{g}/300 \text{ mg}$) dochází ke zvýšení normalizované entalpie, což vypovídá o zvýšení množství krystalického podílu ve vzorku.

4.3 Měření množství vody ve vzorku

4.3.1 Záznam a vyhodnocení

DSC_1057 SP_PtNP_100_44_01_ev



Graf 10: Záznam měření množství vody ve vzorku na DSC pro vzorek o koncentraci 100 $\mu\text{g Pt}/300 \text{ mg}$ půdy a 44% vlhkost

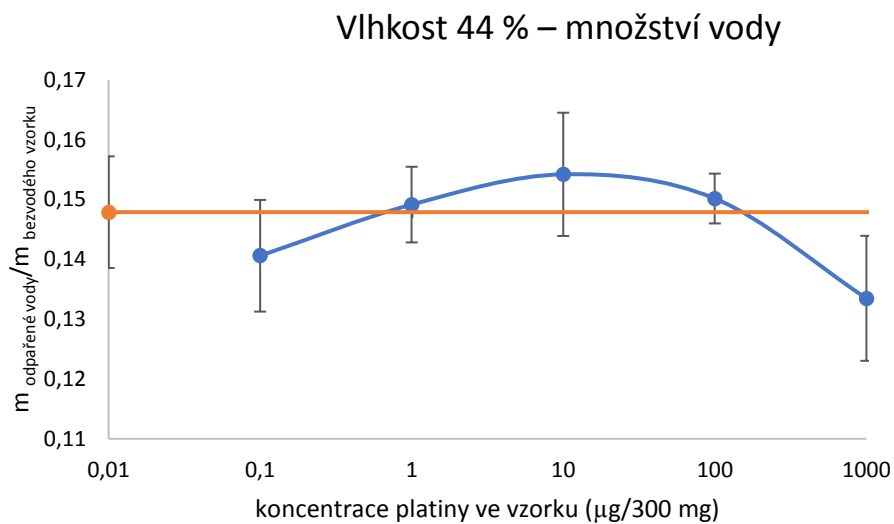
Hmotnost vzorkovnice po měření byla odečtena od hmotnosti vzorkovnice před měřením, tím byla získána hmotnost odpařené vody ze vzorku.

4.3.2 Výsledky a diskuze

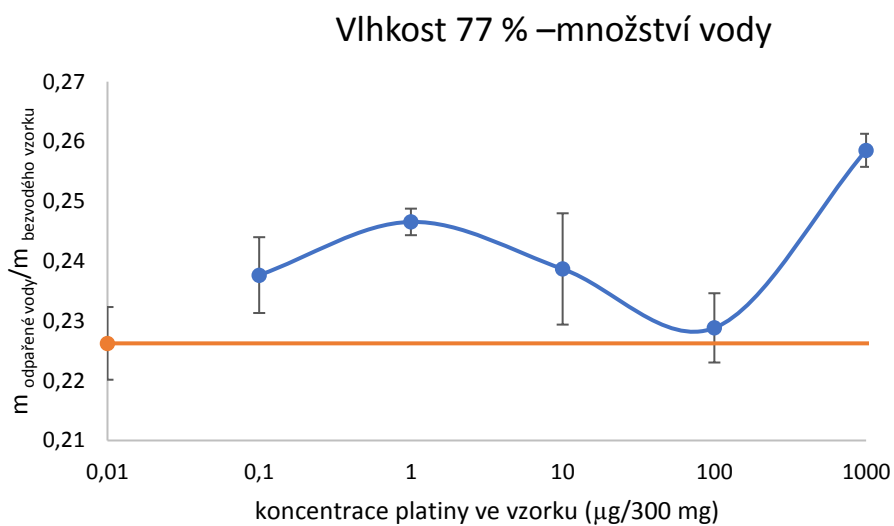
Na následujících grafech 11, 12 a 13 jsou znázorněny výsledky měření množství vody ve vzorku.

Na x-ové ose je nulová koncentrace znázorněna jako 0,01, a to z důvodu použití logaritmického měřítka.

Pro porovnání se vzorkem s nulovým množstvím platinových nanočástic, je nulová koncentrace vždy znázorněna jako oranžová čára.

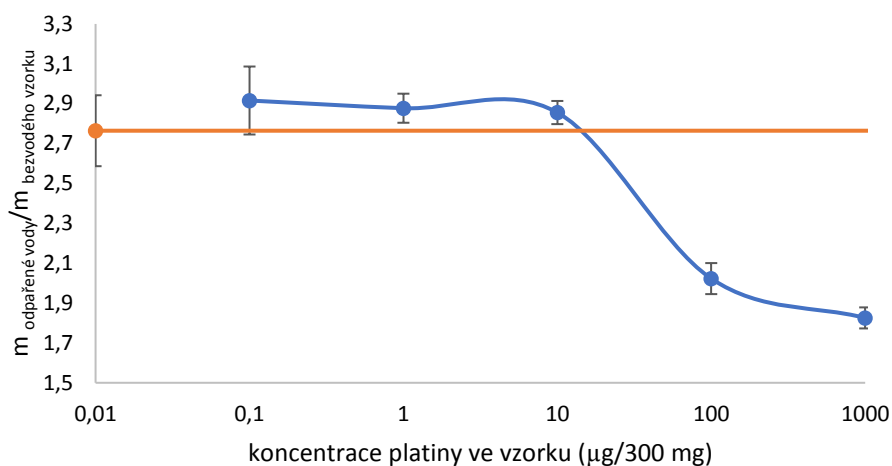


Graf 11: Závislost poměru hmotnosti odpařené vody k hmotnosti bezvodého vzorku na koncentraci platinových nanočástic ve vzorku pro 44% vlhkost.



Graf 12: Závislost poměru hmotnosti odpařené vody k hmotnosti bezvodého vzorku na koncentraci platinových nanočástic ve vzorku pro 77% vlhkost.

Vlhkost 95 % – množství vody



Graf 13: Závislost poměru hmotnosti odpařené vody k hmotnosti bezvodého vzorku na koncentraci platinových nanočástic ve vzorku pro 95% vlhkost.

Z grafů je patrné, že platinové nanočástice mají vliv na zádrž vody v půdě. Tento vliv se nepotvrdil pouze u 44% vlhkosti, u které se hodnoty pohybují v rozmezí směrodatné odchylky nulové koncentrace. U 77% vlhkosti dochází při vyšších koncentracích (od 100 µg/300 mg) ke snížení zádrže vody. U 95% vlhkosti pozorujeme od koncentrace 10 µg/300 mg půdy opačný vliv, kdy nanočástice naopak zvýší zádrž vody v půdě.

5 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce byla zaměřena na problematiku nanočástic platinových kovů v životním prostředí. Teoretická část byla věnována obecnému seznámení s platinovými kovy a nanočásticemi.

V experimentální části jsem se věnoval pilotnímu zkoumání vlivu platinových nanočástic na vlastnosti půdy konkrétně na vodní molekulové můstky, zádrž vody a stabilitu alifatických krystalitů. Analýza vzorků probíhala na diferenciální kompenzační kalorimetrii. Bylo dokázáno, že u rašeliny, která představuje modelový zdroj organické hmoty, dochází vlivem platinových nanočástic k zesílení vodních molekulových můstků. Tento vliv byl nejsilnější u 44% vlhkosti. Dále bylo prokázáno, že při vlhkosti jak 44 % tak i 77 % dochází při vyšších koncentracích platinových nanočástic ve vzorku (100–1000 $\mu\text{g}/300 \text{ mg}$) ke zvýšení normalizované entalpie, což nejspíše souvisí s tím, že nanočástice figurují jako iniciátoři krystalizace lipidů, ale procesy, které tam probíhají nejsou ještě zcela známy. U 95% vlhkosti měření ovlivnila volná voda obsažená ve vzorku, proto nejsou výsledky pro tuto vlhkost uváděny. Dále byl také zkoumán vliv na množství zadržené vody. U 95% vlhkosti dochází při koncentraci platinových nanočástic větší než 10 $\mu\text{g}/300 \text{ mg}$ ke zvýšení zádrže vody. U 77% vlhkosti naopak dochází ke snížení zádrže vody vlivem platinových nanočástic.

Výsledkem této bakalářské práce je konstatování, že platinové nanočástice mají vliv na vlastnosti půdy a do budoucna je potřeba se hlouběji touto problematikou zabývat.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Platinové kovy. TOUŽÍN, Jiří. *Stručný přehled chemie prvků*. V Tribunu EU vyd. 1. Brno: Tribun EU, 2008, s. 196-205. Knihovnicka.cz. ISBN 978-80-7399-527-0.
- [2] PAWLAK, Justyna, Elżbieta ŁODYGA-CHRUŚCIŃSKA a Jakub CHRUSTOWICZ. Fate of platinum metals in the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2014, **28**(3), 247-254. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2014.03.005>. ISSN 0946672x. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0946672X14000467>
- [3] Platinum. *Sigma-Aldrich* [online]. Darmstadt: Merck KGaA, 2018 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/357375?lang=en®ion=CZ>
- [4] Palladium. *Sigma-Aldrich* [online]. Darmstadt: Merck KGaA, 2018 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/gf12546581?lang=en®ion=CZ>
- [5] JIRÁSEK, Jakub a Martin VAVRO. Rudní suroviny. In: *Geologie.vsb.cz* [online]. Vysoká škola báňská - technická universita Ostrava, 2007 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/rudy/ryz%C3%AD%20Ptkovy.html>
- [6] ZIMOVÁ, Magdalena, Anna CIDLINOVÁ a Zdenka WITTLINGEROVÁ. *Výzkum technologií a metod odstraňování těžkých kovů Pt skupiny z biologických odpadů a možnosti jejich recyklace*. ČR, 2012. Dostupné také z: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/prednasky/puda/zimova2012a.pdf>
- [7] Nikl, palladium a platina. GREENWOOD, N.N. a A. EARNSHAW. *Chemie prvků*. 1. vyd. Praha: Informatorium, 1993, s. 1416-1454. ISBN 80-85427-38-9.
- [8] HOODA, P., A. MILLER a A. EDWARDS. The plant availability of auto-cast platinum group elements. *Environmental Geochemistry and Health*. 2008, **30**(2), 135-139. DOI: 10.1007/s10653-008-9134-4. ISSN 1573-2983. Dostupné také z: <https://doi.org/10.1007/s10653-008-9134-4>
- [9] ZIMMERMANN, Sonja, Jürgen MESSERSCHMIDT, Alex VON BOHLEN a Bernd SURES. Uptake and bioaccumulation of platinum group metals (Pd, Pt, Rh) from automobile catalytic converter materials by the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Environmental Research*. 2005, **98**(2), 203-209. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2004.08.005>. ISSN 0013-9351. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935104001604>

- [10] RAVINDRA, Khaiwal, László BENCS a René VAN GRIEKEN. Platinum group elements in the environment and their health risk. *Science of The Total Environment*. 2004, **318**(1), 1-43. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00372-3](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00372-3). ISSN 0048-9697. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969703003723>
- [11] JOHNSON, D, J TILLERY a R PREVOST. Levels of platinum, palladium, and lead in populations of Southern California. *Environmental Health Perspectives*. 1975, **12**, 27-33. ISSN 0091-6765. Dostupné také z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1475032/>
- [12] ALT, F., A. BAMBAUER, K. HOPPSTOCK, B. MERGLER a G. TÖLG. Platinum traces in airborne particulate matter. Determination of whole content, particle size distribution and soluble platinum. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*. 1993, **346**(6), 693-696. DOI: 10.1007/BF00321274. ISSN 1432-1130. Dostupné také z: <https://doi.org/10.1007/BF00321274>
- [13] SCHIERL, Rudi. Environmental monitoring of platinum in air and urine. *Microchemical Journal*. 2000, **67**(1), 245-248. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0026-265X\(00\)00068-0](https://doi.org/10.1016/S0026-265X(00)00068-0). ISSN 0026-265X. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X00000680>
- [14] VLAŠÁNKOVA, R, V OTRUBA, J BENDL, M FIŠERA a V KANICKÝ. Preconcentration of platinum group metals on modified silicagel and their determination by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry and inductively coupled plasma mass spectrometry in airborne particulates. *Talanta*. 1999, **48**(4), 839-846. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0039-9140\(98\)00100-3](https://doi.org/10.1016/S0039-9140(98)00100-3). ISSN 0039-9140. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039914098001003>
- [15] GOMEZ, M., M. GOMEZ a M. PALACIOS. ICP-MS determination of Pt, Pd and Rh in airborne and road dust after tellurium coprecipitation. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. The Royal Society of Chemistry, 2003, **18**(1), 80-83. DOI: 10.1039/B209727N. ISSN 0267-9477. Dostupné také z: <http://dx.doi.org/10.1039/B209727N>
- [16] KANITSAR, Katherina, Gunda KOELLENSPERGER, Stephan HANN, Andreas LIMBECK, Hans PUXBAUM a Gerhard STINGEDER. Determination of Pt, Pd and Rh by inductively coupled plasma sector field mass spectrometry (ICP-SFMS) in size-classified urban aerosol samples. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. The Royal

- Society of Chemistry, 2003, **18**(3), 239-246. DOI: 10.1039/B212218A. ISSN 0267-9477. Dostupné také z: <http://dx.doi.org/10.1039/B212218A>
- [17] JANCO, Marcel. Automobilový katalyzátor. In: *Autorubik* [online]. Považská Bystrica, 2017 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://www.autorubik.sk/clanky/na-co-sluzi-a-ako-funguje-katalyzator/>
- [18] HECK, Ronald a Robert FARRAUTO. Automobile exhaust catalysts. *Applied Catalysis A: General*. 2001, **221**(1), 443-457. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0926-860X\(01\)00818-3](https://doi.org/10.1016/S0926-860X(01)00818-3). ISSN 0926-860X. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926860X01008183>
- [19] SAJDL, Jan. Jak funguje automobilový katalyzátor?. *Enviweb* [online]. Brno: Enviweb, 1999-2018 [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/89130>
- [20] SCHÄFER, J, D HANNKER, J.-D ECKHARDT a D STÜBEN. Uptake of traffic-related heavy metals and platinum group elements (PGE) by plants. *Science of The Total Environment*. 1998, **215**(1), 59-67. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(98\)00115-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00115-6). ISSN 0048-9697. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969798001156>
- [21] Nanomateriály. *Evropská agentura pro chemické látky* [online]. Annankatu 18, P.O. Box 400, FI-00121 Helsinki, Finland, 2007-2017 [cit. 2017-11-14]. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/cs/regulations/nanomaterials>
- [22] KOLÁŘOVÁ, Lucie. *Úvod do nanovědy a nanotechnologií* [online]. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014 [cit. 2017-11-14]. ISBN 978-80-244-4179-5. Dostupné z: <http://mofychem.upol.cz/KA4/Nanotechnologie.pdf>
- [23] KHAN, Ibrahim, Khalid SAEED a Idrees KHAN. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry*. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011>. ISSN 18785352. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535217300990>
- [24] Fullereny. In: *Wikipedia* [online]. ČR: Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fullerene-C60.png>
- [25] Nanočástice platiny. In: *Nanocomposix* [online]. San Diego: nanoComposix, INC., 2018 [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: <https://nanocomposix.eu/products/70-nm-platinum-nanoparticles>
- [26] THOMAS, Shindu, Bentham HARSHITA, Pawan MISHRA a Sushama

- TALEGAONKAR. Ceramic Nanoparticles: Fabrication Methods and Applications in Drug Delivery. *Current Pharmaceutical Design* [online]. 2015, **21**(42), 6165-6188 [cit. 2018-03-05]. DOI: 10.2174/1381612821666151027153246. ISSN 13816128. Dostupné z: <http://www.eurekaselect.com/136144/article>
- [27] DONGQING LI (ED.), . *Encyclopedia of microfluidics and nanofluidics: Semiconductor Nanoparticles* [online]. [Online-Ausg.]. New York: Springer, 2008 [cit. 2018-03-05]. ISBN 978-038-7489-988. Dostupné z: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-0-387-48998-8_1395
- [28] POURETEDAL, Hamid, Abbas NOROZI, Mohammad KESHAVARZ a Abolfazl SEMNANI. Nanoparticles of zinc sulfide doped with manganese, nickel and copper as nanophotocatalyst in the degradation of organic dyes. *Journal of Hazardous Materials*. 2009, **162**(2), 674-681. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.05.128>. ISSN 0304-3894. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389408007759>
- [29] BELLO, Sefiu, Johnson AGUNSOYE a Suleiman HASSAN. Synthesis of coconut shell nanoparticles via a top down approach: Assessment of milling duration on the particle sizes and morphologies of coconut shell nanoparticles: Assessment of milling duration on the particle sizes and morphologies of coconut shell nanoparticles. *Materials Letters*. 2015, **159**, 514-519. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2015.07.063>. ISSN 0167-577X. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167577X15302561>
- [30] Elektronovým mikroskopem do nitra materiálů aneb jak vypadá jejich struktura. JÄGER, A. a V. GÄRTNEROVÁ. *Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.* [online]. ČR, 2008-2017 [cit. 2017-11-14]. Dostupné z: <https://www.fzu.cz/popularizace/elektronovym-mikroskopem-do-nitra-materialu-aneb-jak-vypada-jejich-struktura>
- [31] KLOUDA, Karel, Lenka FRIŠHANSOVÁ a Josef SENČÍK. *Nanočástice, nanotechnologie a nanoproducty a jejich vazba na bezpečnost a ochranu zdraví při práci* [online]. Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti. 2016, **9**(0) [cit. 2017-11-14]. ISSN 1803-3687. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/josra/nanocastice-nanotechnologie-nanoproducty-jejich-vazba-na-bezpecnost-ochranu-zdravi-pri-praci>
- [32] HOŠEK, Jan. *Úvod do nanotechnologie*. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04555-8.
- [33] Platinum Nanoparticles - Properties, Applications. In: *AZoNano* [online]. Manchester: AZoNetwork, 2000-2018 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3299>

- [34] *Diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC)*. Fakulta chemicko-inženýrská VŠCHT Praha, 2018. Dostupné také z: <https://fchi.vscht.cz/files/uzel/0010367/cwl2js87vLAsPwUA.pdf?redirected>
- [35] Diferenční skenovací kalorimetrie (DSC). *Katedra fyziky materiálů MFF UK* [online]. Praha, 2008 [cit. 2018-04-04]. Dostupné z: <https://material.karlov.mff.cuni.cz/cs/pristroje/dsc>
- [36] DSC 2500. In: *TA Instruments* [online]. New Castle, 2018 [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <http://www.tainstruments.com/wp-content/uploads/DSC2500-1.png>
- [37] Křivka DSC. In: *DSP elektronika od A do Z* [online]. 2018 [cit. 2018-04-04]. Dostupné z: <https://www.dps-az.cz/mereni/id:5219/moznosti-vyuziti-strukturalnich-analyz-pri-diagnostice-epoxidovych-laminatu>
- [38] Differential Scanning Calorimetry. In: *Netzsch* [online]. Selb, 2018 [cit. 2018-04-04]. Dostupné z: https://dcyd0ggl1hia3.cloudfront.net/fileadmin/_processed_/opt_ms_dsc_principle_72c36b8f7e.png?1439998395
- [39] ONDRUCH, Pavel. *Soil organic matter aging processes and their contribution to the sequestration of pollutants in soil*. Koblenz-Landau, 2018. Diplomová práce. Universität Koblenz-Landau.
- [40] ONDRUCH, Pavel, Alexander JÄGER, Jiri KUCERIK, Marko BERTMER a Gabriele SCHAUMANN. Influence of organic chemicals on aliphatic crystallites analyzed in whole soils. *Geoderma*. 2017, **291**, 40-46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.12.016>. ISSN 0016-7061. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706116304207>

7 SEZNAM ZKRATEK

WaMB	vodní molekulové můstky (water molecule bridges)
SEM	řádkovací elektronový mikroskop (scanning electron microscope)
TEM	transmisní elektronový mikroskop (transmission electron microscope)
DSC	diferenciální kompenzační kalorimetrie (differential scanning calorimeters)