

Název práce: **Nucleation of sulphur acid and water – experimental and atmospheric observations**

Autorka práce: **Mgr. Lenka Škrabalová**

Disertační práce je zaměřena na studium nukleace sekundárního aerosolu v atmosféře, přičemž sleduje nukleaci i další růst částic sestávajících z molekul kyseliny sírové a vody. Částice o tomto složení tvoří frekventovanou složku atmosférického aerosolu zejména v oblastech s antropogenním zatížením. Autorka provedla laboratorní měření nukleačních charakteristik i hodnocení měření terénních, zaměřená zejména pokles koncentrace resp. velikosti částic následující v některých případech po jejich vzniku. Tyto aktivity vedou k řadě původních výsledků týkajících se několika aspektů nukleace sekundárního aerosolu tohoto typu v atmosféře.

Práce se věnuje velmi aktuální problematice vzniku a dalšího vývoje sekundárního atmosférického aerosolu z hlediska fyziky a chemie aerosolů, kde autorka získala původní výsledky vztahující se k podmínkám středních zeměpisných šířek a k nové oblasti sledování následného výparu nově vzniklých částic. Řešená problematika je navíc aktuální i v oblasti vývoje oblaků a vlivu na průběh vývoje srážek. Promítá se i do současných matematických modelů předpovědi počasí, které parametrizují poměrně nejednoznačný vliv spektra aktivity primárního aerosolu na vývoj srážek. Studium částic sekundárního aerosolu je i v tomto smyslu důležitým metodickým přínosem.

Text disertační práce je rozdělen do 5 kapitol a ukončen seznamem více než stovky citací pramenů, přičemž struktura textu je logická a výstižná. Úvodní kapitola představuje kvalitní rešerši současných znalostí z oblasti nukleace z plynné fáze. Na začátku autorka charakterizuje částice atmosférického aerosolu z hlediska jejich módu velikostí, původu a životní doby. Ve druhé části kapitoly se zaměřuje na chování sekundárního aerosolu, který sestává z částic vznikajících z plynné fáze. Jsou uvedeny tři základní teoretické přístupy k nukleaci z plynné fáze (klasická teorie nukleace, kinetický přístup a modelování na molekulární úrovni). Autorka dále uvádí přehled poznatků o nukleačním chování atmosférického aerosolu doložený řadou citovaných prací. Popisuje mechanismy chování vzniklých částic v jednotlivých módech velikosti, výsledky předchozích terénních studií a definuje charakteristiky událostí se vznikem nových částic („NPF events“). V závěru popisuje procesy, které ovlivňují další růst částic směrem od nukleačního módu do oblasti tzv. módu Aitkenova, kde již mohou zasáhnout do kompetice kondenzačních jader.

Ve druhé kapitole autorka popisuje metody a experimentální zařízení užívaná ve fyzice aerosolů ke sledování procesu nukleace, stanovení nukleační rychlosti pro sledované aerosolové částice a určení rozdělení velikosti částic. V první části autorka popisuje tři základní typy zařízení, která se kromě technického provedení liší především způsobem vytvoření definovaného přesycení.

Druhá část kapitoly se věnuje metodám používaným v laboratoři i v terénu, jejichž cílem je získat informace o koncentraci částic a distribuci koncentrace částic v závislosti na jejich velikosti. Popisuje dva typy těchto přístrojů založené na kondenzačním principu (CPC – Condensational Particle Counter) pro stanovení koncentrace částic a na principu hodnocení mobility částic v elektrickém poli (DMPS – Differential Mobility Particle Sizer), který umožňuje stanovení hledané distribuce.

Původní výsledky jsou uvedeny ve dvou následujících kapitolách 3 a 4, přičemž oceňuji věcné shrnutí výsledků v závěrech u obou kapitol.

Kapitola 3 obsahuje popis a výsledky experimentů, které autorka prováděla v laboratoři finského meteorologického ústavu v Helsinkách. Laboratorní experimenty byly zaměřeny na stanovení rychlosti nukleace částic $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ a rychlosti jejich dalšího růstu v definovaných fyzikálních podmínkách. Autorka sledovala dynamiku růstu a navrhla model kondenzačního růstu částic, který bere v úvahu i kondenzaci NH_3 , a model verifikovala měřením.

Vzhledem k mému zaměření na meteorologii, speciálně fyziku oblaků, neposuzuji detaily laboratorních experimentů a v posudku práce jsem se zaměřila zejména na kapitolu 4. Ta je věnována hodnocení měření prováděných v období od května 2012 do dubna 2014 v přírodních podmínkách na pozemní příměstské stanici Praha Suchdol. Hodnocení bylo zaměřeno speciálně na aktuální otázku poklesu celkové hmotnosti nově vzniklých částic vyjádřeného poklesem velikosti popř. koncentrace částic (angl. termín „shrinkage“ zahrnuje oba faktory). Autorka vychází z měření provedených na této stanici a hodnotí výskyt událostí, při nichž byl tento jev zaznamenán. Za základní faktor, který pokles koncentrací určuje, považuje autorka vliv, popř. změnu vlastností vzduchové hmoty, v níž měření probíhá. Na základě pozitivní hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu mezi rychlostí poklesu distribuce a teplotou, konstatuje vliv rostoucí teploty na zvýšení výparu částic. Uvádí řadu převážně současných prací, které se zabývají vlivem chemického složení částic na dynamiku jejich vývoje. Závěr kapitoly tvoří diskuse dvou případových studií, které dokumentují pokles koncentrací částic ve vazbě na podmínky v atmosféře. V obou případech autorka zdůrazňuje vliv pokrytí oblačností, škoda, že sledování oblačnosti nebylo součástí vstupních dat. Druhá případová studie připisuje význam i vertikálnímu promíchávání.

Po formální stránce je text práce připraven pečlivě a na velmi dobré grafické i strukturální úrovni. U převzatých obrázků je vždy uveden zdroj a také obrázky a grafy týkající se výsledků autorky jsou na kvalitní. Práce je psaná v angličtině a nejsem kompetentní posuzovat úroveň anglického jazyka. Nicméně anglický text je zcela srozumitelný a má, podle mého názoru, velmi dobrou úroveň. Prakticky jsem nezaznamenala výrazné jazykové nedostatky, které by porozumění bránily.

Uvádím následující drobné technické nedůslednosti.

- Název práce uvedený v autoreferátu se formálně liší od názvu textu disertace. Jde o použití výrazu laboratory (autoreferát) a experimental (text disertace). Nejde o posunutí významu nadpisu, nicméně při citaci práce bude nutné použít nadpis z textu práce.

- V prohlášení autorka používá termín závěrečná práce, zatímco jde o doktorskou disertaci, ale nepředpokládám, že jde o závažnou záležitost.

- Vzhledem k poměrně velké četnosti odborných zkratk by byl seznam použitých zkratk přínosem k lepší orientaci v textu. Také použití zkratk není zcela důsledné. Příkladem je zavedení zkratky NPF (New Particle Formation, viz str. 8), kterou však v dalším textu autorka často nepoužívá.

Tyto technické připomínky však naprosto nepovažuji za natolik významné, aby ovlivnily kvalitu disertační práce a mé pozitivní závěry.

Ocenila bych odpověď na dvě bazální otázky, které se týkají hlavně vlivu meteorologických podmínek na výsledky měření na stanici.

- Byla do souboru výsledku zahrnuta i měření při srážkách? Pokud ano, projevil se vliv srážek na výsledcích?

- V práci je zmíněn ne zcela jednoznačný vliv relativní vlhkosti. Jde o charakteristiku, která závisí na teplotě (při zvýšení teploty a konstantní absolutní vlhkosti RH klesá) a nebere v úvahu zakřivení povrchu (Kelvinův efekt). Nebylo by lepší použít některou charakteristiku absolutní vlhkosti (koncentrace vodní páry, směšovací poměr, specifická vlhkost aj.).

Celkově se domnívám, že spolupráce meteorologa by prospěla podrobnější charakteristice období, při nichž dochází ke sledovaným událostem poklesu koncentrace částic.

Závěrem konstatuji, že předložená disertační práce je věnována aktuální problematice vzniku a vývoje částic kyseliny sírové a vody, které tvoří sekundární složku atmosférického aerosolu. Svědčí o velkém rozsahu provedené experimentální i hodnotící práce. Je také připravena na velmi dobré formální úrovni a dokumentuje velmi dobrou orientaci autorky v pojednávané problematice. Nejpodstatnějším faktorem je získání původních výsledků s využitím velmi kvalitního experimentálního vybavení a zasvěcené hodnocení získaných poznatků. Tyto výsledky mají přesah i do oblasti současné meteorologie a klimatologie.

Na základě těchto závěrů jednoznačně doporučuji předloženou disertační práci k obhajobě.

Praha, 12. 4. 2016

doc. RNDr. Daniela Řezáčová, CSc.