

Atmosférická depozícia a kritické záťaže klimaxovej dubiny v Štiavnických vrchoch

V. KUNCA

Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen
(e-mail: vkunca@vslld.tuzvo.sk)

Abstract Air pollutants are for decades the subject of scientific research due to their impact on population health and natural environment in the whole world. On the Skalica locality in Štiavnické vrchy Mts. we retained samples of vertical precipitation which represents atmospheric deposition – the process of air pollutants accumulation on ground surface. With expectations the significant change of chemical components and elements concentrations in rain water after the passing through crowns or forest edges in oak forest ecosystem in comparison with open area is apparent. These samples were judged from acid rains character point of view and of total hydrochemical balance. Calculated deposition loads were compared with critical loads of sulphur and no exceedance was found out.

Key words: acid precipitation, atmospheric deposition, oak forest ecosystem, Štiavnické vrchy Mts.

Lesné ekosystémy stále patria medzi najohrozenejšou zložku prírodného prostredia. Medzi hlavné ohrozenia patrí aj tok polutantov z ovzdušia. Rozhodujúce zdroje znečisťovania ovzdušia predstavujú energetika, vrátane energetických zariadení priemyslových závodov a lokálneho vykurovania, priemyselné technológie najmä metalurgia, chémia a výroba stavebných hmôt a rýchlo sa rozvíjajúca autodoprava. Nepriaznivé následky znečistenia ovzdušia na väčšine územia Slovenska znásobuje jeho mimoriadna členitosť. Rad veľkých priemyslových závodov je umiestnený v hlbokých údoliach a kotlinách so zhoršenými podmienkami pre rozptyl škodlivín v atmosfére. V ich okolí sa pozorujú najväčšie ekologické a environmentálne škody. Následkom diaľkového prenosu škodlivín je celá stredná Európa stále oblasťou s vysokým regionálnym znečistením ovzdušia a kyslosťou zrážkových vôd.

Z predchádzajúceho je zrejmé, že poškodené môžu teda byť nielen lesy v blízkosti priemyselných resp. sídelných oblastí, ale aj lesné ekosystémy relatívne vzdialené od týchto aglomerácií. V prípade nášho výskumu je podobným, relatívne vzdialeným zdrojom emisií, hliníkárňou v Žiari nad Hronom. Emisie z hliníkárne nepredstavujú v celkovej bilancii znečistenia ovzdušia a následného poškodenia lesných ekosystémov na Slovensku významný plošný podiel. No ich kvalitatívna stránka a agresívne vlastnosti v areáli svojho pôsobenia zapríčiňujú deštrukciu lesných ekosystémov a možno ich považovať za zvláštny hliníkársky imisný typ. Nás viac zaujímajú zakysľujúce imisie a preto je dôležité, že hliníkárňa stále opúšťa niekoľko tisíc ton SO₂ ročne, pričom ich plošný rozptyl z 204 m vysokého komína je v tomto regióne pomerne veľký.

Dopad znečisteného ovzdušia na lesné ekosystémy môže sa môže prejavovať v rôznej forme. Zvlášť významné sú pre nás často následné procesy, ktoré sa prebiehajú v pôde.

Môžu sa prípadne prejavovať v znížení mikrobiálnej aktivity organizmov (napr. GÖMÖRYOVÁ a ŠTRÉLCOVÁ, 2006) a aj preto je potrebné takéto procesy hodnotiť a poznať „tlmivú schopnosť“ lesných ekosystémov v špecifickom regióne voči týmto látkam (KUNCA *et al.* 2006).

Kyslé dažde a s nimi súvisiaci proces ukladania takýchto látok na zemský povrch, teda atmosférická depozícia, je tak neustále aktuálny problém, hoci ich v medializácii predbehla klimatická zmena a skleníkový efekt atmosféry. Poznanie procesu vstupu chemických prímies z ovzdušia a kvality zrážok v rôznych lesných ekosystémoch má na Slovensku relatívne dlhú tradíciu. Tu však treba zdôrazniť, že tento typ výskumu sa takmer vždy sústreďoval len do stredohoria až horských oblastí nášho územia, kde je tento proces kvantitatívne významnejší. V dubinách Slovenska sa tieto merania realizovali len do určitej miery, zväčša kolektívom pracovníkov okolo prof. Tužinského (napr. TUŽINSKÝ 2004) a dokonca v Štiavnických vrchoch vôbec. Našou prácou chceme prispieť do poznatkovej databázy problematiky atmosférickej depozície a kyslých dažďov na Slovensku, ale aj distribúcie zrážok po prechode korunami stromov, ktorá bude mať svoje opodstatnenie aj pri posudzovaní novej klimatickej zmeny v lesných ekosystémoch.

Cieľ práce

Ako cieľ sme si stanovili ročné pozorovanie kvantity a kvality zachytených zrážok v pôvodnom dubovom lesnom ekosystéme a ich porovnanie s hodnotami na prilahlej voľnej ploche, na základe meraní kvantifikovať toky atmosférickej depozície a porovnať ich s dostupnými podobnými meraniami a odporúčanými hodnotami kritických záťaží a zhodnotenie významu atmosférických zrážok, hlavne z pohľadu ich kvality, na celkovú hydrochemickú bilanciu dubových lesných ekosystémov.

Metodika práce

Na trvalej výskumnej ploche sa na troch odberných miestach – voľná (kontrolná) plocha, porastová medzera na okraji lesného porastu a pod korunou duba – zachytávali do polyetylénových zrážkometerov (so záchytnou plochou 475,29 cm²) všetky typy vertikálnych zrážok, čiastočne aj horizontálnych zachytených v korunách stromu, a vyhodnotili ich ako zmiešanú („bulk“) depozíciu. Vzorok sme odoberali pravidelne v 10 až 14 dňových intervaloch, príp. podľa potreby. Pri chemických rozboroch sme sa zvlášť sústredili na zakysľujúce (aj potenciálne pre pôdu) chemické zložky ako sírany, dusičnany a amóniový kation. Z hľadiska poznania základnej biochemickej rovnováhy sme stanovili aj základné bázičné kationy a samozrejme aj hodnoty pH vo vzorkách.

Celková ročná depozícia, vyjadrená v kg.ha⁻¹.rok⁻¹, vyjadruje súčet depozícií zložiek stanovených v zrážkových vodách (NH₄⁺, NO₃⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺) odobratých na voľnej ploche, v porastovej medzere a v poraste pod korunou duba zimného. Depozícia každej zložky sa vypočítala ako súčin koncentrácie zložky v mg.l⁻¹ stanovenej v zrážkových vodách a množstva zrážkovej vody spadnutej na jednotku plochy (mm) pre daný odber a potom ako súčet za sledované obdobie (rok).

Spracovanie vzoriek sa uskutočňuje v laboratóriu Technickej univerzity Zvolen na Katedre prírodného prostredia. Aplikované postupy laboratórnych rozborov sú uvedené v tabuľke 1.

Charakteristika výskumnej plochy

Trvalá výskumná plocha (TVP) Skalie sa nachádza na území Školských lesov Kysihýbeľ pri Banskej Štiavnici.

Bola založená koncom roku 2004 za účelom sledovania tokov a kvality atmosférických zrážok v pôvodnom lesnom ekosystéme s prevahou duba zimného. Podľa príslušného lesného hospodárskeho plánu sa plocha nachádza v dieľci 65 na Lesnom hospodárskom celku Kysihýbeľ a ide dvojetážový ochranný les vo veku 180 až 190 rokov so zakmenením 0,7. TVP je v nadmorskej výške cca. 680 m n.m. na svahu s JZ expozíciou so sklonom 70% a pôdnym typom je kambizem. Zastúpenie drevín je nasledovné: dub zimný 80%, buk 10%, hrab 5% a nepôvodný smrek 5%. Typologicky patrí plocha do 2. vegetačného stupňa a skupiny lesných typov Fageto-Quercetum a lesným typom je Presychavá lipnicová buková dúbrava (2302).

Výsledky a diskusia

Najvyššie hodnoty zrážkových úhrnov sme podľa očakávania zistili na voľnej ploche, kde by v prepočte mohlo ísť o 597 mm ročne. Najnižšie hodnoty, ktoré predstavovali len 65% z hodnôt voľnej plochy, sme zistili v porastovej medzere, kde pravdepodobne zohrávajú svoju úlohu dlhé koruny niekoľkých stromov tvoriacich medzeru a následná intercepcia a evaporácia. Zachytné miesto pod dubom pri kmeni je práve charakterizované vysoko umiestnenou krátkou korunou.

Z našich ďalších výsledkov a porovnaní s voľnou plochou je zrejma výrazná zmena koncentrácií chemických zložiek a elementov po prechode korunami alebo ich okrajom v dubovom lesnom ekosystéme (tabuľka 2). Zvlášť výpovedným parametrom je elektrická vodivosť, ktorá vyjadruje celkovú koncentráciu všetkých chemických látok (mineralizáciu) vodného roztoku. Stúpajúca hodnota tohto parametra v poradí voľná plocha – porastová medzera – podkorunový priestor svedčí o výraznom obohatení

Tabuľka 1 Aplikované postupy laboratórnych rozborov (MIHÁLIK et al. 1993)

Stanovený znak	Symbol	Jednotka	Použitá metóda
Aktívna reakcia	pH		potenciometricky, pomocou vysokoohmovej sklenej elektródy
Elektrická vodivosť	EC	μS.cm ⁻¹	konduktometer (Conductivity Meter OK - 102)
Amoniak	NH ₄ ⁺	mg.l ⁻¹	kolorimetricky Nesterovým činidlom
Sírany	SO ₄ ⁻	mg.l ⁻¹	titračne s dusičnanom olovnatým na indikátor ditizón v acetónovom prostredí
Dusičnany	NO ₃ ⁻	mg.l ⁻¹	kolorimetricky so salicylom sodným v prostredí kyseliny sírovej
Celkový vápnik	Ca ²⁺	mg.l ⁻¹	atómová absorpčná spektrofotometria (GBC Avanta)
Celkový horčík	Mg ²⁺	mg.l ⁻¹	atómová absorpčná spektrofotometria (GBC Avanta)
Celkový draslík	K ⁺	mg.l ⁻¹	plameňová fotometria
Celkový sodík	Na ⁺	mg.l ⁻¹	plameňová fotometria

Tabuľka 2 Hodnoty pH, elektrickej vodivosti (EV v μS.cm⁻¹) a priemerných koncentrácií vybraných chemických zložiek v mg.l⁻¹ zrážkových vôd pre TVP Skalie

	pH	EV	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
voľná plocha	6,12	23,38	3,26	0,96	3,84	0,71	0,19	0,62	1,53
por. medzera	5,94	37,53	4,24	1,04	18,19	1,14	0,33	0,73	7,52
pod korunou	5,92	46,08	5,80	1,63	11,87	2,22	0,53	0,90	9,35

Tabuľka 3 Hodnoty atmosférickej depozície v kg. ha⁻¹.rok⁻¹ pre TVP Skalie

	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
voľná plocha	22,89	19,43	5,73	4,21	1,12	3,71	9,11
por. medzera	71,11	16,57	4,07	4,46	1,30	2,87	29,38
pod korunou	55,96	27,35	7,69	10,45	2,49	4,23	44,09

Tabuľka 4 Modelové hodnoty acidifikačnej zložky atmosférickej depozície pre vybrané zóny nadmorskej výšky na voľnej ploche v dubovom lesnom ekosystéme (db) na území Štiavnických vrchov v kg.ha⁻¹.rok⁻¹ (KUNCA 2005)

výšková zóna	S	S db	N-NO ₃	N-NO ₃ db	N-NH ₄	N-NH ₄ db
300 m	8,5	14,4	3,7	4,4	7,2	8,6
550 m	11,7	19,9	4,3	5,2	8,5	10,2
1000 m	13,7	23,2	5,1	6,1	10,0	11,9

zrážkových vôd. Tento narastajúci trend sa zachováva aj pri ďalších zložkách s výnimkou síranov.

Vo všeobecnosti sa za kritickú z pohľadu acidity pre zrážkové vody považuje koncentrácia H⁺ nad 0,3 mg. l⁻¹ alebo pH hodnota 3,5; prípadne hodnota koncentrácie síranov nad 14 mg.l⁻¹. Porovnaním týchto hraničných hodnôt s hodnotami v tabuľke 2 je zrejme, že hodnoty pH sú výrazne nad touto úrovňou a aj pre slovenské pomery pomerne sú vysoké, mierne kyslej chemickej reakcie. Iným prípadom sú prekročenia koncentrácie síranov v lesnom poraste.

V nadväznosti na tieto parametre musíme spomenúť aj celkový vstup týchto látok z atmosféry (tabuľka 3). Tu sú zrejme určité rozdiely medzi jednotlivými chemickými zložkami a lokalizáciou odberu zrážok, zvlášť zaujímavými sa stávajú hodnoty z porastovej medzery, kde je už dávnejšie známy tzv. okrajový efekt korún stromov. Po ďalších prepočtoch je zrejme, že celkový vstup čistého dusíka (aniónová a kationová forma) sa pohybuje zhruba od 13,8 kg. ha⁻¹.rok⁻¹ v porastovej medzere po 23 kg. ha⁻¹.rok⁻¹ pod korunou duba. V prípade čistej síry zo síranov je to od 7,65 po 23,75 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ v inom poradí lokalizácie záchytných nádob – od voľnej plochy po porastovú medzeru.

Pre porovnanie uvádzame aj zistenia KUNCU (2005), ktorý uvádza modelové hodnoty atmosférickej depozície so zakysľujúcim potenciálom v oblasti Štiavnických vrchov pre rôzne výškové zóny (tabuľka 4).

Pre názornosť s možnosťou porovnania uvádza aj príslušné vzájomné vzťahy dvoch aplikovaných jednotiek: 1000 ekv S.ha⁻¹ = 16 kg S.ha⁻¹, 1000 ekv N.ha⁻¹ = 14 kg N.ha⁻¹.

Porovnanie hodnôt depozície s kritickými záťažami nám podáva informáciu o možnom negatívnom dopade atmosférických zložiek vstupujúcich do lesného ekosystému. KUNCA (2005) uvádza pre územie Štiavnických vrchov v dubových lesných ekosystémov kritické záťaž pre maximálnu síru v rozmedzí od 156 do 16374 ekv.ha⁻¹.rok⁻¹ s priemernou hodnotou 2023 ekv.ha⁻¹.rok⁻¹. Po prepočte nami zistených hodnôt a poznaní ďalších podmienok dubového ekosystému, keď najvyšší vstup je 1448 ekv.ha⁻¹.rok⁻¹ v porastovej medzere, je zrejme, že by v prípade výskumnej

plochy Skalie nemalo dochádzať k prekračovaniu kritických záťaží acidity pre síru.

Záver

Z pohľadu vodnej bilancie dubového lesného ekosystému sme najnižšie hodnoty, ktoré predstavovali len 65% z hodnôt voľnej plochy, zistili v porastovej medzere. Z našich ďalších výsledkov a porovnaní s voľnou plochou je zrejme výrazná zmena koncentrácií chemických zložiek a elementov po prechode korunami alebo ich okrajom v dubovom lesnom ekosystéme. V týchto prírodných podmienkach je význam atmosférických zrážok, ich kvality a kvantity, zrejme. Hlavne z pohľadu ich kvality sme zistili niektoré zaujímavé fakty, ktoré môžu výrazne ovplyvniť celkovú hydrochemickú bilanciu dubových lesných ekosystémov – podiel niektorých xenobiotických látok v zrážkach je stále, aj po určitom celoslovenskom znížení rôznych typov emisií, pomerne vysoký (koncentrácia síranov v porastových zrážkach je väčšia ako limitných 14 mg.l⁻¹). Celkový vstup čistého dusíka sa pohybuje zhruba od 13,8 kg. ha⁻¹.rok⁻¹ v porastovej medzere po 23 kg. ha⁻¹.rok⁻¹ pod korunou duba. V prípade čistej síry je to od 7,65 po 23,75 kg. ha⁻¹.rok⁻¹ od voľnej plochy po porastovú medzeru. V prípade výskumnej plochy Skalie by ale nemalo dochádzať k prekračovaniu kritických záťaží acidity pre síru.

Podakovanie

Táto práca vznikla ako súčasť riešenia vedeckého grantového projektu VEGA č. 1/2382/05 a 1/3283/06.

Použitá literatúra

[1.] KUNCA, V., 2005: Zakysľujúca atmosférická depozícia a hodnoty kritických záťaží ako jeden z nových parametrov hodnotenia ekologickej stability lesných ekosystémov na príklade územia Štiavnických vrchov. In Kunca, V., Šteffek, J., Olah, B., Gavlas, V., Wieszik, M., Dynamika ekosystémov Štiavnických vrchov (zhodnotenie z pohľadu zmien využitia krajiny, štruktúry vybraných zoocenóz a stability lesných ekosystémov), Technická univerzita vo Zvolene, s. 85-88.

[2.] KUNCA, V., ŠKVARENINA, J., JAKUŠ, R., MINĎÁŠ, J., BELÁČEK, B., KUKLA, J., 2006: Hodnoty kritických záťaží acidity pre smrekové lesné ekosystémy na troch lokalitách Spiša (na základe výpočtov pomocou modelu Profile). In: Hredzák, S., Bindas, E. (eds.), O ekológii vo vybraných aglomeráciách Jelšavy - Lubeníka a stredného Spiša, XV. medzinárodné vedecké sympóziu, zborník referátov, Hrádok, s. 19-22.

[3.] GÖMÖRYOVÁ, E., STŘELCOVÁ, K, 2006: Mikrobiálne pomery pôd na vybraných lokalitách v regióne Spiša. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVIII, s. 59-71.

[4.] MIHÁLIK, A., KRAJČOVIČ, P., ŠKVARENINA, J., 1993: Zmeny kvality podkorunových zrážok v závislosti od druhu a veku drevín. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 39, č. 2, s. 85-99.

[5.] TUŽINSKÝ, L., 2004: Vodný režim lesných pôd. Monografia. Technická univerzita vo Zvolene, 102 s.