

Throughfall chemistry and atmospheric deposition in an Norway spruce – subalpine climax forest in Poľana biosphere reserve, Slovakia

J. ŠKVARENINA ⁽¹⁾, K. MIHALÍKOVÁ ⁽²⁾, K. STŘELCOVÁ ⁽¹⁾ and E. GÖMÖRYOVÁ ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Faculty of Forestry, Technical University in Zvolen, Masarykova 24, Slovak Republic (e-mail: jarosk@vsld.tuzvo.sk)

⁽²⁾ (e-mail: MihalikovaK@zoznam.sk)

Abstract This work deals with chemism of precipitation and atmospheric deposition in the climax spruce stand of Poľana. The samples of vertical precipitation and throughfall were caught at research plot at Predná Poľana for years 2004 – 2006. Precipitation was collected from two plots, the spruce forest stand and the open area. Purpose of the work is interpret the chemical-physical facilities of rain water (pH, electric conductivity), concentration analysis of selected chemical components (H^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , NH_4^+) and evaluation of wet atmospheric depositions main elements (H+, S,N and basic elements).

The increase of acidity precipitation was found out and significant pollution enriching in stand precipitation in compare (comparison) with open area.

The pH values of throughfall range from 3,43 to 6,09, of lysimeter waters to 3,29 – 5,86 and of open area from 4,9 – 6,42. The results show increase of value pH, decrease of following elements concentration and deposition on open area and in the stand as well.

Key words: *vertical precipitation, throughfall, chemism of precipitation, atmospheric deposition, acidification*

1 Úvod a problematika

Činnosť človeka na prelome 2. a 3. tisícročia zámerne či nezámerne ovplyvňuje prakticky celé životom obývané prostredie Zeme. Rozvojom priemyselnej a poľnohospodárskej činnosti, automobilovej či leteckej dopravy a premenou krajiny sa systematicky narušuje rovnováha prírodného prostredia.

Jedným z negatívnych dopadov je aj znečistenie ovzdušia, ktoré neuznáva žiadne hranice. Emisie v ovzduší podliehajú celému radu chemických transformácií, rozptylu, šíreniu a diaľkovému prenosu. Cudzie látky sa tak nachádzajú často aj niekoľko desiatok či stovky kilometrov od zdrojov znečistenia. Z ovzdušia vstupuje do lesných a ostatných ekosystémov okrem zrážkovej vody aj množstvo iných chemických prvkov a zlúčenín, ktoré spôsobujú a urýchľujú acidifikáciu prírodného prostredia. Dopad antropogénnych imisíí a súvisiacich aktivít na lesné ekosystémy je stále aktuálnym problémom. Slovenská republika sa nachádza v strede Európy, na okraji oblasti s najväčším regionálnym znečistením ovzdušia na tomto kontinente. Úroveň regionálneho znečistenia rozhodujúcou mierou ovplyvňuje imisnú záťaž

väčšiny lesných plôch územia SR a preto sa mu venuje rozhodujúca pozornosť. Transhraničný diaľkový prenos škodlivín predstavuje pri prevládajúcom zonálnom prúdení vzduchu približne 60%. Škodlivému vplyvu sa teda nevyhlo ani naše najväčšie sopečné pohorie Poľana.

Prírodné prostredie CHKO – BR Poľana bolo už od 60-tych rokov miestom štúdií prírodného prostredia, predovšetkým zo strany pracovníkov zvolenskej vysokej školy (SLÁVIKOVÁ 1993). Za osobitnú zmienku však stojí práca MIHALÍKA – SLÁVIKA (1988), ktorí už v 80-tych rokoch zamerali pozornosť na znečistenie zrážok v masíve Poľany. Od roku 1991 sa imisné pomery detailnejšie študovali pracovníkmi Lesníckeho výskumného ústavu a Lesníckej fakulty, vznikol komplexný výskumno-demonštračný objekt Poľana – Hukavský Grúň. Od roku 2002 sa mokrá atmosférická depozícia monitoruje aj na výskumnej lokalite Predná Poľana, situovanej v horskej hrebeňovej smrečine v nadmorskej výške 1347 m n. m., odkiaľ pochádzajú aj údaje použité v predloženej práci.

2 Metodika práce

Vzorky z výskumnej plochy Predná Poľana boli odoberané počas vegetačného obdobia rokov 2004 – 2006, priemerne 1 až 2-krát do mesiaca. V roku 2004 v období od 24.6. do 10.11., v roku 2005 16.6. do 15.11., v roku 2006 od 30.5 do 30.11.

Na zachytávanie vertikálnych zrážok, resp. porastových zrážok boli použité polyetylénové zberače z chemicky inertného materiálu voči dažďovej vode so záchytnou plochou 200 cm² (d = 15,95 cm). Na zachytenie lyzimetrických vôd slúžili platňové lyzimetre z nehrdzavejúcej ocele so záchytnou plochou 500 cm² (rozmery 20 x 25 cm). Na zachytávanie zrážok bol použitý jeden typ zrážkomera i lyzimetra. Záchytná plocha (*P*) sa vypočítala na základe rozmerov pre zrážkomery ako obsah kruhu, pre lyzimetre ako obsah obdĺžnika.

Na výskumnej ploche Predná Poľana sa zrážky odoberali z 5 kolektorov a 4 lyzimetrov, Na voľnej ploche bol umiestnený 1 kolektor, v mladine, rôznovekej skupine, porastovej medzere a pod starým smrekom 1 kolektor a 1 lyzimeter. Lyzimetre boli nainštalované pod humusovým horizontom v hĺbke 30 cm.

V celej práci sú použité nasledovné skratky pre jednotlivé odberové miesta (tabuľka 2.1):

Tabuľka 2.1 Prehľad skratiek pre jednotlivé miesta odberu vzoriek

Popis jednotlivých plôch	Označenie
Voľná plocha	PV
Zrážkomer umiestnený v mladine	PZ1
Zrážkomer umiestnený v rôznovekej skupine	PZ2
Zrážkomer umiestnený v porastovej medzere	PZ3
Zrážkomer umiestnený pod starým smrekom	PZ4
Lyzimeter umiestnený v mladine	PL1
Lyzimeter umiestnený v rôznovekej skupine	PL2
Lyzimeter umiestnený v porastovej medzere	PL3
Lyzimeter umiestnený pod starým smrekom	PL4

Symbole 04, 05, 06, ktorými sú doplnené dané označenia, znamenajú rok odberu.

Chemické laboratórne analýzy sa vykonali štandardne podľa metodických pokynov uvedených v tabuľke 2.2 (podľa MIHÁLIKA *et al.* 1992 a novších laboratórnych postupov KPP).

Tabuľka 2.2 Metódy chemických analýz použitých na zistenie koncentrácií jednotlivých komponentov vo vzorkách

PRVOK	METÓDA	JEDNOTKA
pH	potenciometricky, pomocou vysokoohmovej elektródy	
vodivosť	konduktometer	μS.cm ⁻¹
SO ₄ ²⁻	titračne s dusičnanom olovnatým na indikátor ditizon v acetónovom prostredí	mg.l ⁻¹
NO ₃ ⁻	kalorimetricky so salicylom sodným v prostredí kyseliny sírovej	mg.l ⁻¹
K ⁺	atómová absorpčná spektrofotometria	mg.l ⁻¹
Na ⁺	atómová absorpčná spektrofotometria	mg.l ⁻¹
Mg ²⁺	atómová absorpčná spektrofotometria	mg.l ⁻¹
Ca ²⁺	atómová absorpčná spektrofotometria	mg.l ⁻¹
NH ₄ ⁺	kolometricky Nesslerovým činidlom	mg.l ⁻¹

Súbory hodnôt, získané chemickými analýzami, boli spracované pomocou PC v programovom prostredí Microsoft Excel. Boli vypočítané nasledovné štatistické charakteristiky (ŠMELKO 1998): aritmetický priemer, vážený aritmetický priemer, medián, modus, smerodajná odchýlka, variačný koeficient, percentily (10%, 25%, 75%, 90%). Okrem týchto veličín sa zisťovala aj maximálna

a minimálna hodnota súboru a suma zrážkového úhrnu. Zrážkový úhrn (Z) v mm sa vypočítal zo záchytnej plochy (P) v cm^2 a objemu (V) v ml podľa vzorca:

$$Z = V / 0,1 \cdot P$$

Pre výpočet atmosférických depozícií bol zrážkový úhrn za vegetačné obdobie prepočítaný na úhrn za rok. Hodnoty depozícií boli potom vypočítané podľa vzorca:

$$AD = v_p \cdot Z$$

kde v_p je vážený priemer komponentu, Z ročný úhrn zrážok. K získaniu elementárnych prvkov zo zlúčenín bolo potrebné použiť prepočítavacie koeficienty – 0,334 pre S-SO_4^{2-} , 0,226 pre N-NO_3^- , 0,7765 pre N-NH_4^+ .

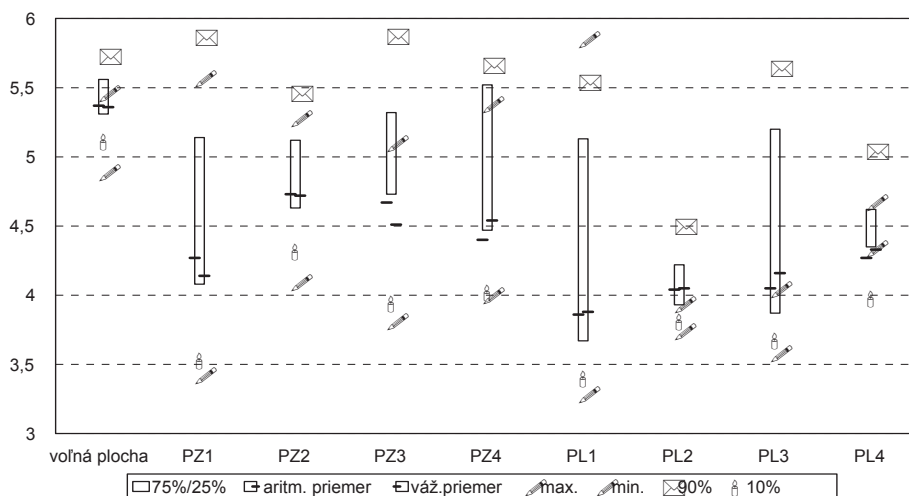
Štatistická významnosť rozdielov aritmetických priemerov veličín jednotlivých plôch odberov zrážok bola otestovaná analýzou variancie Duncanovým testom pomocou programu Statistika 6.0. Na grafické spracovanie štatistických ukazovateľov predložených výsledkov bol použitý program Microsoft Excel a Harvard Graphics. Kvôli prehľadnosti sú v grafoch zobrazené len nasledovné charakteristiky: 75%, 25%, 90%, 10%, aritmetický priemer, vážený priemer, maximum, minimum.

3 Výsledky a diskusia

Daná kapitola uvádza zistené výsledky sledovania chemizmu zrážok a ich porovnie s výsledkami niektorých autorov. Výsledky sú spracované súhrnne za obdobie rokov 2004 - 2006 i jednotlivito za uvedené roky. Diskusia je doplnená grafickým a tabuľkovým zobrazením niektorých výsledkov.

3.1 Hodnoty pH, depozícia H^+ , elektrická vodivosť

Grafické znázornenie štatistických charakteristík pH hodnôt prináša obrázok 3.1. Hodnoty pH zistené na skúmanej ploche Predná Poľana sa pohybujú vo variačnom rozpätí 3,29 (PL1 04) - 6,42 (PV 05). Vážené priemery pH majú rozpätie od 3,45 (PL 1 04) do 5,57 (PV 05). Najvyššiu aciditu vykazujú podkorunové zrážky (4,27) aj lyzimetrické vody (3,86) v mladine (PZ1). Najnižšia kyslosť bola preukázaná na voľnej ploche (5,57). V priebehu sledovaného obdobia 2004 – 2006 možno pozorovať rast pH hodnôt a ich mierny pokles v roku 2006. Výnimkou sú plochy PZ1, PZ2, PL1, kedy dochádza k zvyšovaniu pH aj v roku 2006. Lyzimetrické vody v porovnaní s podkorunovými zrážkami sú kyslejšie.



Obrázok 3.1 Zobrazenie štatistických hodnôt pH za obdobie 2004 – 2006

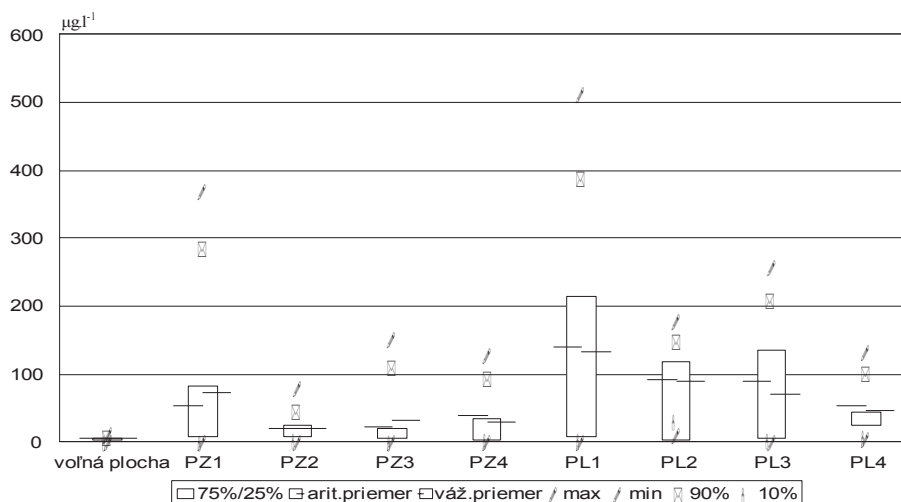
Podľa výsledkov analýzy variancie a Duncanovho testu, pri porovnaní pH vertikálnych zrážok voľnej plochy a podkorunových zrážok, sa ako štatisticky veľmi významné (hladina významnosti $\alpha < 0,01$) ukázali rozdiely medzi PV a všetkými ostatnými plochami, okrem PZ4, kde je rozdiel štatisticky významný (hladina významnosti $\alpha < 0,05$).

Porovnajme naše výsledky s meraniami LVÚ (PAVLENDÁ *et al.* 2007) na Poľane a s výsledkami stanice EMEP v Starej Lesnej (RONCHETTI *et al.* 2005). V tabuľke 3.1 vidíme, že naše výsledky hodnôt pH sú porovnateľné. V obidvoch rokoch zrážkové vody z našich voľných plôch vykazujú nižšiu aciditu ako uvedené lokality. MINĎAŠ – KUNCA (1997) na Poľane – Hukavskom Grúni uvádzajú vážený priemer pH za rok 1995 4,01. BUBLINEC – DUBOVÁ (2000) zistili tiež v oblasti Poľany (1430 m n. m.) za obdobie rokov 1991 – 1997 hodnoty pH na voľnej ploche 4,88 – 5,66, v poraste 3,75 – 5,24).

Tabuľka 3.1 Porovnanie ročných vážených priemerov hodnôt pH na ploche Predná Poľana s meraniami LVÚ a so stanicou EMEP v Starej Lesnej

Rok	Plocha	Predná Poľana				LVÚ Poľana		EMEP St. Lesná	
		PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	voľ. plocha	porast	voľ. plocha	voľ. plocha
2004		3,64	4,55	4,13	4,62	5,21	4,33	4,44	4,72
2005		4,25	5,12	5,43	4,79	5,57	4,67	4,58	4,73

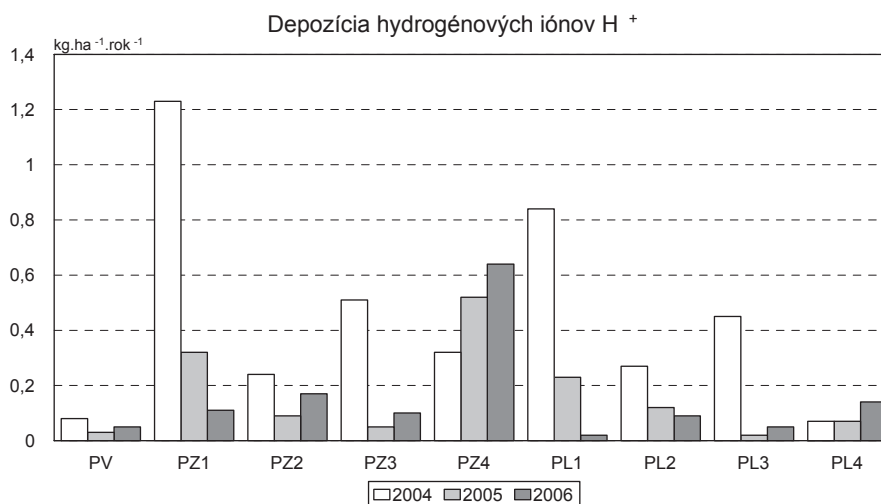
Zo štatistického spracovania koncentrácií H^+ na obrázku 3.2 je zrejmé veľké variačné rozpätie hodnôt koncentrácií H^+ od $0,38 \mu.l^{-1}$ (PV) až po $512,86 \mu.l^{-1}$ (PL1). Ročný vážený priemer za obdobie 2004 – 2006 na voľnej ploche nadobúda hodnotu $4,29 \mu.l^{-1}$. Oproti hodnotám v podkorunových zrážkach (interval priemerných hodnôt $54,18 - 178,38 \mu.l^{-1}$) je to 4,3 – 12,6-krát menej. Najvyššie koncentrácie H^+ možno pozorovať v lyzimetroch, kde rozmedzie hodnôt je $53,44 - 139,47 \mu.l^{-1}$. Maximálne koncentrácie H^+ sú dosiahnuté v mladine v zrážkovej i pôdnej vode. V porovnaní s rokom 2004 možno sledovať pokles koncentrácie H^+ na všetkých plochách okrem PZ4 a PL4, kde hodnoty majú rastúcu tendenciu. Najvýraznejšia zmena koncentrácie je na ploche PZ1 z $227,71 \mu.l^{-1}$ v r. 2004 na $7,5 \mu.l^{-1}$ v r. 2006 a v lyzimetroch PL1 z $358,34 \mu.l^{-1}$ na $8,36 \mu.l^{-1}$, PL2 z $18,45 \mu.l^{-1}$ na $66,64 \mu.l^{-1}$.



Obrázok 3.2 Zobrazenie štatistických hodnôt H^+ za obdobie 2004 – 2006

Grafické vyhodnotenie depozície H^+ znázorňuje obrázok.3.3. Priemerné hodnoty depozície H^+ v roku 2004 sa pohybujú v rozpätí $0,07 - 1,23 kg.ha^{-1}.rok^{-1}$. V roku 2005 dochádza k výraznému, viac

ako 50%-nému zníženiu depozície H^+ na všetkých plochách okrem PZ4 a PL4, kde je depozičný vstup vyšší. Priemerné hodnoty H^+ sa pohybujú v rozpätí $0,02 - 0,52 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. V roku 2006 možno pozorovať na väčšine plôch mierny nárast depozície H^+ , tento sa pohybuje od $0,02$ do $0,12 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Za celé sledované obdobie najvyšší depozičný vstup bol zaznamenaný pod korunami porastu na ploche PZ1 04 ($1,23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$) PZ4 05 ($0,52 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$), PZ4 06 ($0,64 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$), v lyzimetoch na ploche PL1 04 ($0,84 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$), PL1 05 ($0,23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$), PL4 06 ($0,14 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$) naopak najnižší na voľnej ploche (PV). Depozícia v lyzimetoch je nižšia ako v poraste.



Obrázok 3.3 Grafické znázornenie depozície H^+

LVÚ (PAVLENDA *et al.* 2007) uvádza na Poľane na voľnej ploche depozíciu H^+ v roku 2004 $0,08 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, v roku 2005 $0,02 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Naše výsledky sú vyššie, no v roku 2005 je hodnota depozície porovnateľná ($0,03 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$). Depozície H^+ v poraste sú v oboch rokoch väčšie (rok 2004 $0,24 - 1,23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$; r. 2005 $0,05 - 0,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$) ako ich zistenia (rok 2004 $0,08 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$; rok 2005 $0,03 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$).

Elektrická vodivosť (EV) je mierou celkového obsahu iónov v roztoku. Na výskumnej ploche Predná Poľana najvyššie hodnoty EV vykazujú lyzimetre, o niečo menšie podkorunové zrážky a najmenšie voľná plocha. Vážený priemer EV za obdobie 2004 – 2006 dosahuje na voľnej ploche (PV) $18,48 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, v podkorunových zrážkach rozpätie $16,46 - 37,79 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, v lyzimetrických vodách $41,7 - 68,44 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Ako znázorňuje tabuľka 3.2, najnižšie hodnoty EV na voľnej ploche boli namerané na stanici Stará Lesná, naše výsledky dávajú menšie hodnoty ako LVÚ. EV podkorunových zrážok na Prednej Poľane je v oboch rokoch s výnimkou plochy PZ1 menšia ako dané merania LVÚ.

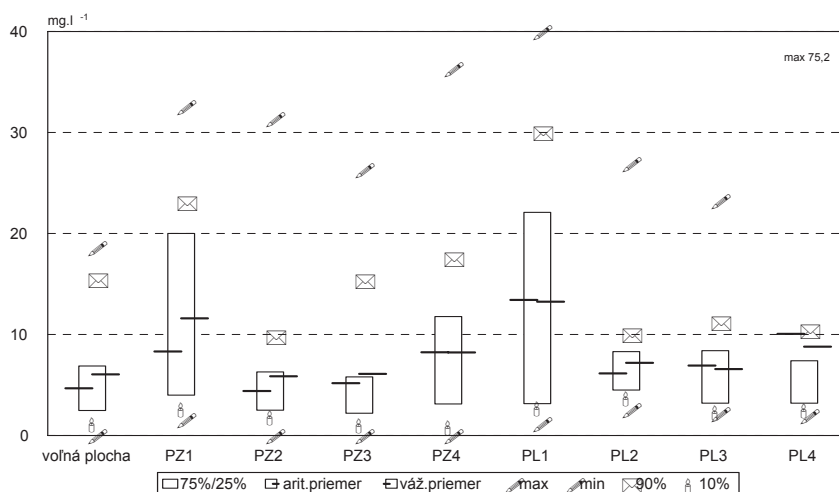
Tabuľka 3.2 Porovnanie ročných vážených priemerov (v $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) hodnôt elektrickej vodivosti na ploche Predná Poľana s meraniami LVÚ a so stanicou EMEP v Starej Lesnej

Rok	Plocha	Predná Poľana					LVÚ Poľana		EMEP St. Lesná
		PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	voľ. plocha	porast	voľ. plocha	voľ. plocha
2004		62,10	12,03	24,39	22,58	17,99	29,38	19,03	18,20
2005		27,79	21,53	19,18	12,09	13,72	22,39	28,76	13,70

3.2 Koncentrácia síranov a depozícia $S - SO_4^{2-}$

Grafické znázornenie štatistických charakteristík koncentrácie síranov je na obrázku 3.4. Priemerné hodnoty koncentrácií SO_4^{2-} za celé obdobie sa nachádzajú v rozpätí 4,41 – 13,43 $mg.l^{-1}$. Absolútne namerané maximum – koncentrácia 75,2 $mg.l^{-1}$ bola zistená na ploche PL4 v roku 2006, minimum 0,8 $mg.l^{-1}$ na ploche PZ3 v roku 2004. V podkorunových zrážkach sú priemerné hodnoty v rozpätí 4,41(PZ2) – 8,32 $mg.l^{-1}$ (PZ1), v lyzimetrických vodách od 6,15 (PL2) do 13,43 $mg.l^{-1}$ (PL1). Voľná plocha vykazuje najnižšiu priemernú koncentráciu SO_4^{2-} 4,68 $mg.l^{-1}$. Z obrázku 3.4 je zrejmé, že lyzimetre kopírujú priebeh podkorunových zrážok na jednotlivých miestach odberu, avšak ich hodnoty sú posunuté nahor. Tento trend je zachovaný aj v rokoch 2004 a 2005. Odlišné zistenia sú v roku 2006. Za sledované obdobie možno pozorovať zníženie koncentrácií oproti roku 2004. Výnimkou je plocha PZ4 a lyzimeter PL4, kde naopak v roku 2006 bolo zistené vysoké zvýšenie.

Výsledky Duncanovho testu potvrdzujú významnosť rozdielov aritmetických priemerov len medzi voľnou plochou a lyzimetrom v mladine (PL1). Ako informuje tabuľka 3.3, naše výsledky v porovnaní s LVÚ (PAVLENDA *et al.* 2007) a stanicou EMEP (RONCHETTI *et al.* 2005), sa vyznačujú vyššou priemernou koncentráciou SO_4^{2-} v poraste i na voľnej ploche.



Obrázok 3.4 Zobrazenie štatistických hodnôt SO_4^{2-} za obdobie 2004 – 2006

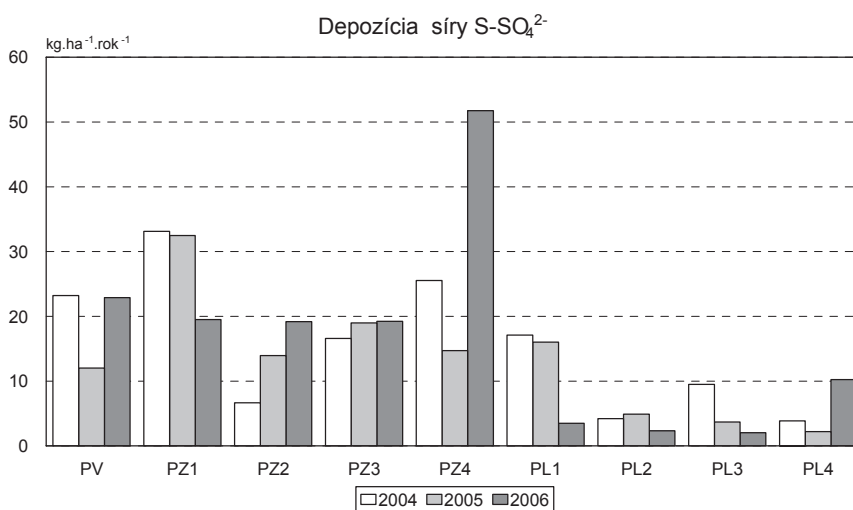
Tabuľka 3.3 Porovnanie ročných vážených priemerov koncentrácií SO_4^{2-} (v $mg.l^{-1}$) na ploche Predná Poľana s meraniami LVÚ a so stanicou EMEP v Starej Lesnej

Rok	Predná Poľana					LVÚ Poľana		EMEP St. Lesná
	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	voľ. plocha	porast	voľ. plocha	voľ. plocha
2004	18,58	4,55	4,13	4,62	5,21	4,21	3,09	1,98
2005	16,99	3,72	4,25	2,80	3,57	3,05	1,92	1,70

MIHÁLIK – SLÁVIK (1988) zistili na Prednej Poľane priemernú koncentráciu SO_4^{2-} na voľnej ploche 7,36 $mg.l^{-1}$, v podkorunových zrážkach smrekového porastu až 53,29 $mg.l^{-1}$. MINDÁŠ – KUNCA (1997) na Poľane – Hukavskom Grúni uvádzajú vážené priemery koncentrácií síranových aniónov na voľnej ploche 3,99 (rok 1995) a 3,90 $mg.l^{-1}$ (rok 1996), v podkorunových zrážkach 8,5 (rok 1995) a 13,81 $mg.l^{-1}$ (rok 1996). BUBLINEC – DUBOVÁ (2000) uvádzajú pre smrekový porast Poľany koncentráciu síranov za obdobie 1991 – 1997 5,24 – 31,18 $mg.l^{-1}$, ŠKVARENINA (1998) pre jedľovo-bukový porast Brestová 8,2 $mg.l^{-1}$. Z týchto zistení je zrejmé pokles koncentrácie SO_4^{2-} v období posledných rokov.

Grafické znázornenie depozície síry na jednotlivých odberových miestach podáva obrázok 3.5. Priemerné hodnoty depozície S sa v roku 2004 pohybovali pod porastom v rozpätí 6,66 (PZ2) – 33,12

kg.ha⁻¹.rok⁻¹ (PZ1), v lyzimetrech od 3,88 (PL4) do 17,11 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ (PL1) a na voľnej ploche (PV) 23,11 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. V roku 2005 dochádza k zníženiu depozície na všetkých plochách okrem PL3 a PL2. Depozičný vstup síry v podkorunových zrážkach (13,94 – 32,49 kg.ha⁻¹.rok⁻¹) je vyšší ako na voľnej ploche (12,03 kg.ha⁻¹.rok⁻¹). V lyzimetrech dosahuje priemerné hodnoty 3,7 (PL1) – 16,03 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ (PL3). V roku 2006 je priebeh depozície síry v poraste vyrovnaný, dosahuje hodnoty 19,2 – 19,52 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, okrem plochy PZ4, kedy depozičný vstup predstavuje maximum (51,74 kg.ha⁻¹.rok⁻¹) za celé obdobie 2004 – 2006. Podobne sa vyvíja aj depozícia v lyzimetrech, spadá do intervalu od 2,04 do 3,51 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, v lyzimetri PL4 bola zistená hodnota 10,24 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. Tento fakt je spôsobený najvyšším zrážkovým úhrnom a zároveň koncentráciou na ploche PZ4 oproti predchádzajúcim rokom. Depozícia na voľnej ploche je 22,9 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. Depozícia v lyzimetrech je nižšia ako v poraste, hoci koncentrácie mali opačnú tendenciu.



Obrázok 3.5 Grafické zobrazenie depozície elementárnej síry

Porovnanie našich výsledkov s meraniami LVÚ (PAVLENDÁ *et al.* 2007) a stanicou EMEP (RONCHETTI *et al.* 2005) podáva tabuľka 3.4. Zo vzájomného porovnania možno konštatovať, že v sledovaných rokoch bola depozícia síry na ploche Predná Poľana zistená podstatne vyššia depozícia síry ako v Starej Lesnej a na Poľane.

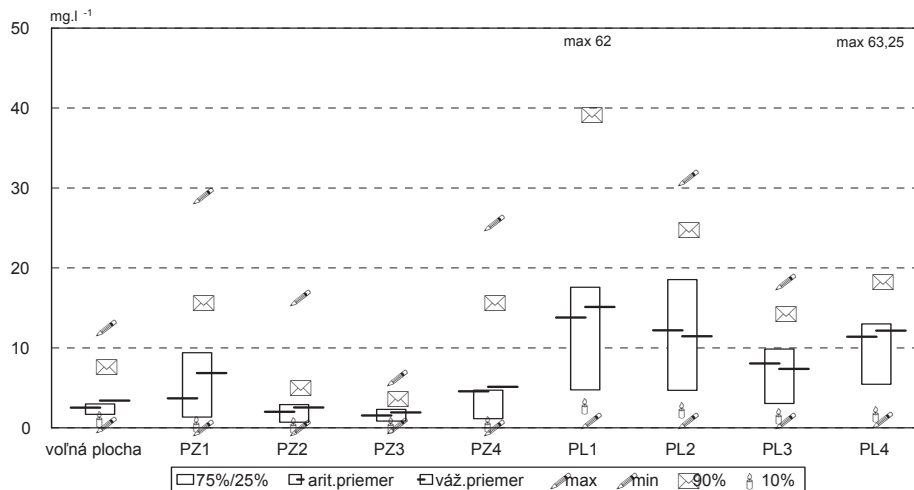
Tabuľka 3.4 Porovnanie depozície síry (v kg.ha⁻¹.rok⁻¹) na ploche Predná Poľana s meraniami LVÚ a so stanicou EMEP v Starej Lesnej

Rok \ Plocha	Predná Poľana		LVÚ Poľana		EMEP St. Lesná
	porast	voľ. plocha	porast	voľ. plocha	voľ. plocha
2004	6,66 – 33,12	23,21	10,53	9,33	5,80
2005	14,07 – 32,49	12,03	7,52	5,70	4,1

Bublinec – Dubová (2000) zistili v smrekovom poraste Poľany v r. 1995 depozíciu síry na voľnej ploche 87,8 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, v poraste 197,8 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, v rokoch 1996 a 1997 depozícia v poraste dosahovala maximálne 78,0 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. ŠKVARENINA (1998) pre jedľovo-bukový porast Brestová uvádza depozíciu 35,7 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. MINĎÁŠ (1999), pre smrekový porast na Poľane – Hukavskom Grúni za obdobie 1993 – 1997 hodnotu 26,8 kg.ha⁻¹.rok⁻¹.

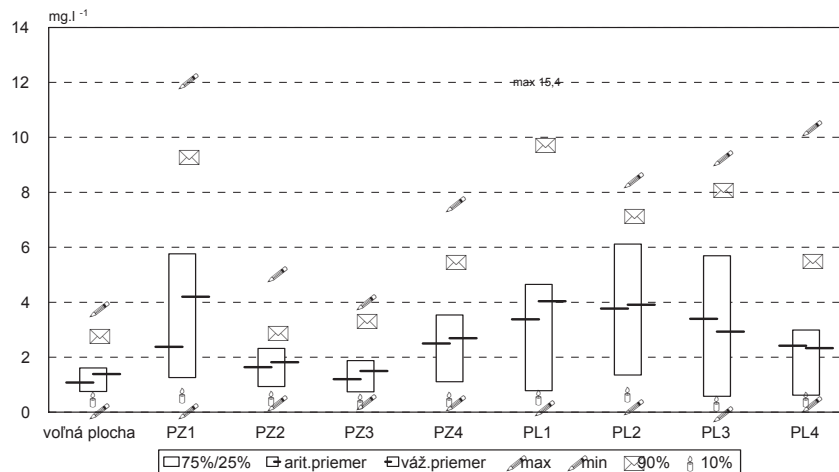
3.3 Koncentrácia NO_3^- , NH_4^+ a celková depozícia dusíka

Grafické vyhodnotenie koncentrácie NO_3^- znázorňuje obrázok 3.6, koncentrácie NH_4^+ obrázok 3.7. Priemerné hodnoty koncentrácie za celé obdobie 2004 – 2006 sa pohybujú v rozpätí 1,55 (PZ3) – 13,81 mg.l^{-1} (PL1). Absolútne namerané maximum – koncentrácia 63,25 mg.l^{-1} , bola zistená na ploche PL4 06, minimum 0,2 mg.l^{-1} na ploche PZ2 04 05. Voľná plocha vykazuje priemernú koncentráciu NO_3^- 2,52 mg.l^{-1} . V podkorunových zrážkach sú priemerné hodnoty v rozpätí 1,55 (PZ3) – 4,57 (PZ4) mg.l^{-1} , v lyzimetrických vodách od 8,05 (PL3) do 13,81 mg.l^{-1} (PL1), čo je 3,7 – 6-krát viac v porovnaní s podkorunovými zrážkami. Vývoj hodnôt koncentrácií v jednotlivých rokoch je veľmi rozkolísaný, no možno konštatovať ich zníženie do roku 2006 na väčšine plôch. Najmarkantnejší je tento pokles v lyzimetrických vodách (okrem PL4). V roku 2004 sa vážený priemer nachádzal v rozmedzí 12,35 – 22,28 mg.l^{-1} , v roku 2006 od 3,38 do 4,75 mg.l^{-1} .



Obrázok 3.6 Zobrazenie štatistických hodnôt NO_3^- za obdobie 2004 – 2006

Pokiaľ ide o druhú formu dusíka v zrážkach, amóniového kationu NH_4^+ , jeho priemerné koncentrácie v zrážkach na voľnej ploche spadali do intervalu 0,10 – 3,82 mg.l^{-1} , v podkorunových zrážkach 0,08 – 12,1 mg.l^{-1} , lyzimetrických vodách 0,21 – 15,4 mg.l^{-1} . Väčšiu výpovednú hodnotu majú však priemerné hodnoty. Najvyššie priemerné koncentrácie dosahujú lyzimetre od 2,42 -3,77 mg.l^{-1} s maximálnym váženým priemerom na ploche PL2. Vážené priemery podkorunových zrážok sú v rozpätí 1,2 – 2,38 mg.l^{-1} , pričom najvyšším váženým priemerom sa vyznačuje plocha PZ1. Na voľnej ploche bola zistená najnižšia priemerná koncentrácia NH_4^+ 1,08 mg.l^{-1} . Rovnaký priebeh v rámci hodnotenia voľná plocha – porast – lyzimetre možno pozorovať aj v jednotlivých rokoch, no vývoj hodnôt koncentrácií podľa miest odberu je veľmi rôznorodý.



Obrázok 3.7 Zobrazenie štatistických hodnôt NH_4^+ za obdobie 2004 – 2006

Výsledky analýzy variancie preukazujú štatisticky veľmi významný rozdiel (hladina významnosti $\alpha < 0,01$) koncentrácií NO_3^- medzi voľnou plochou a plochami PL2, PL3 pri koncentrácii NH_4^+ sa ako štatisticky veľmi významné ukázali rozdiely medzi PV a PZ1, PZ2, PZ3.

Pri konfrontácii našich výsledkov s výsledkami LVÚ (PAVLENDÁ *et al.* 2007) a so stanicou EMEP (RONCHETTI *et al.* 2005), sú porovnateľné priemerné hodnoty koncentrácie NO_3^- v podkorunových zrážkach, ktoré okrem plochy PZ1, vykazujú nižšie koncentrácie ako zistenia LVÚ a EMEP. Protichodne sa správa voľná plocha.

Z tabuľky 3.5 a 3.6 vyplývajú jasne koncentrovanejšie zrážky NO_3^- a NH_4^+ na voľnej ploche aj pod porastom na Prednej Poľane.

Tabuľka 3.5 Porovnanie vážených priemerov koncentrácií NO_3^- (v mg.l^{-1}) na ploche Predná Poľana s meraniami LVÚ a so stanicou EMEP v Starej Lesnej

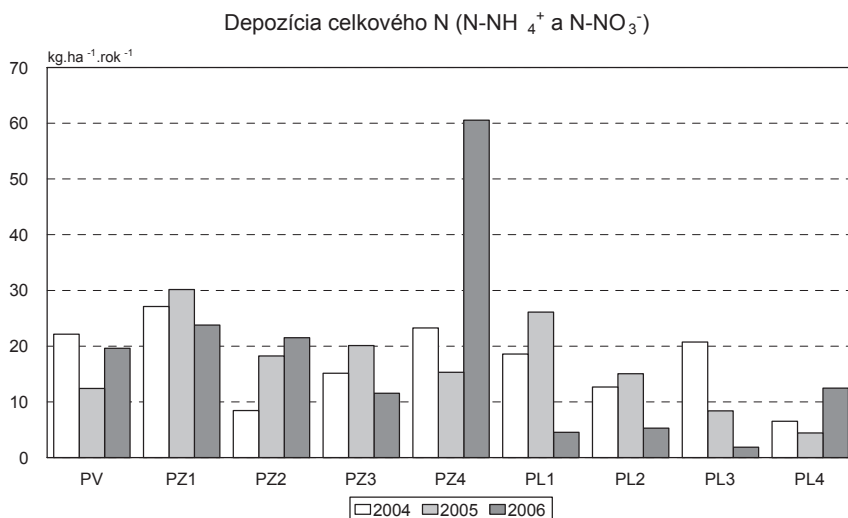
Rok	Predná Poľana				LVÚ Poľana		EMEP St. Lesná	
	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	voľ. plocha	porast	voľ. plocha	voľ. plocha
2004	8,01	1,63	2,69	1,11	3,00	2,98	2,58	1,68
2005	8,14	0,89	0,96	1,43	2,36	3,89	2,26	1,77

Tabuľka 3.6 Porovnanie vážených priemerov koncentrácií NH_4^+ (v mg.l^{-1}) na ploche Predná Poľana s meraniami LVÚ a so stanicou EMEP v Starej Lesnej

Rok	Predná Poľana				LVÚ Poľana		EMEP St. Lesná	
	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	voľ. plocha	porast	voľ. plocha	voľ. plocha
2004	4,14	0,81	2,04	1,96	1,24	1,26	0,88	0,44
2005	4,33	1,81	1,63	0,82	0,88	0,92	0,44	0,36

MIHÁLIK – SLÁVIK (1988) zistili na Prednej Poľane priemerné koncentrácie NO_3^- 8,31 mg.l^{-1} , NH_4^+ 7,13 mg.l^{-1} v smrekovom poraste, na voľnej ploche koncentrácie NO_3^- 2,07 mg.l^{-1} a 1,36 mg.l^{-1} NH_4^+ (rok 1986), BUBLINEC – DUBOVÁ (2000) taktiež na danej lokalite za obdobie 1991 – 1997 uvádzajú hodnoty 1,56 – 3,59 mg.l^{-1} NO_3^- , 1,10 – 3,29 mg.l^{-1} NH_4^+ na voľnej ploche, 1,56 – 4,59 mg.l^{-1} NO_3^- , 1,74 – 4,53 mg.l^{-1} NH_4^+ v podkorunových zrážkach. Pri komparácii našich výsledkov so staršími meraniami, je pozorovateľný pokles koncentrácií NO_3^- v priebehu daného časového intervalu.

Ročná depozícia celkového anorganického dusíka bola vypočítaná ako súčet depozície dusíka z dvoch chemických zlúčenín NO_3^- a NH_4^+ . Výsledné hodnoty depozície celkového N v rokoch 2004 – 2006 znázorňuje obrázok 3.8. Priemerné hodnoty depozície celkového N sa v roku 2004 pohybovali pod porastom v rozpätí 8,46 (PZ4) – 27,13 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ (PZ1), v lyzimetoch od 6,53 (L3) do 20,75 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ (PL4) a na voľnej ploche (PV) 22,16 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. V roku 2005 sa depozícia na voľnej ploche znížila na hodnotu 12,43 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Na ostatných plochách s výnimkou PZ2, PZ4, PL3, PL4 možno pozorovať nárast depozície celkového N. V poraste dosahuje rozpätie 15,3 (PZ4) – 30,16 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ (PZ1), v lyzimetoch 4,43 (PL4) – 26,12 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ (PL1). V roku 2006 depozícia N na voľnej ploche dosahuje 19,62 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Zvýšenie je viditeľné aj na plochách PZ2, PZ4, PL3 a PL4. Ako pri ostatných prvkoch, depozície dusíka v lyzimetoch sú nižšie ako v poraste.



Obrázok 3.8 Grafické zobrazenie depozície celkového dusíka

Podľa tabuľky 3.7 možno vo všeobecnosti konštatovať, že v sledovaných rokoch bola depozícia dusíka na Prednej Poľane podstatne vyššia ako v Starej Lesnej a Poľane.

Tabuľka 3.7 Porovnanie depozície dusíka (v $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$) na ploche Predná Poľana s meraniami LVÚ a so stanicou EMEP v Starej Lesnej

Rok	Predná Poľana					LVÚ Poľana		EMEP St. Lesná
	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	voľ. plocha	porast	voľ. plocha	voľ. plocha
2004	27,13	8,46	15,15	23,28	22,16	11,91	10,13	6,95
2005	30,16	18,24	20,11	15,30	12,43	10,99	7,46	5,47

Uvedme zistenia už vyššie nami citovaných autorov. BUBLINEC – DUBOVÁ (2000) namerali v roku 1995 depozíciu celkového dusíka pod porastom 62,4 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, ŠKVARENINA (1998) pre lokalitu Mláčik 24 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$.

3.4 Koncentrácia a depozícia bázičných katiónov

Všeobecne možno pre všetky sledované bázičné prvky skonštatovať nárast ich koncentrácií v lyzimetrických vodách a v podkorunových zrážkach oproti zrážkam na voľnej ploche, pričom najväčšie obohatenie vykazuje pôdny roztok. Pri sledovaní hodnôt bázičných katiónov na výskumnej ploche PP, možno vidieť, že na voľnej ploche má najväčšie zastúpenie Ca^{2+} (0,77 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a Na^+ (0,51 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), v podkorunových zrážkach sú to K^+ a Ca^{2+} . Výrazný nárast koncentrácie K^+ a Ca^{2+} v podkorunových zrážkach naznačuje, že pôvod týchto prvkov je v biomase, ktorá po styku s agresívnymi kyslými zrážkami katióny K^+ a Ca^{2+} intenzívne vylúhuje. Nárast koncentrácie K^+ a Ca^{2+}

je zrejmy smerom od voľnej plochy, cez plochy s rastúcim zápojom. Zvýšenie koncentrácií K^+ a Ca^{2+} v podkorunových zrážkach oproti voľnej ploche publikujú MINDÁŠ – KUNCA (1997), koncentrácie vápnika po prechode korunou smreka sa zvyšujú 1,1 – 1,9-krát, horčika 6,5 – 10,9-krát.

Horčík v porovnaní s ostatnými bázickými prvkami dosahuje najnižšie priemerné koncentrácie. Najmenšie obohatenie je na voľnej ploche 0,51 $mg.l^{-1}$. I tu je zrejmy priebeh rastu priemernej koncentrácie so zväčšujúcim sa zápojom ako u predchádzajúcich prvkov.

Priemerné koncentrácie sodíka v podkorunových zrážkach spadajú do intervalu 0,64 (PZ3) – 0,95 $mg.l^{-1}$ (PZ4), v lyzimetrických vodách 0,73 (PL2) – 1,0 $mg.l^{-1}$ (PL1), na voľnej ploche vážený priemer predstavuje hodnotu 0,51 $mg.l^{-1}$. Duncanov test dokazuje štatisticky veľmi významný rozdiel v koncentráciách Ca^{2+} a Mg^{2+} na plochách PZ1, PL1, PL4 v porovnaní s voľnou plochou. Rozdiel PV – PL2 v koncentráciách oboch prvkov je významný na hladine $\alpha < 0,05$. Pri koncentráciách draslíka je rozdiel medzi PV a ostatnými plochami veľmi významný, pri ploche PZ3 významný. Veľmi významné rozdiely sa ukazujú v koncentráciách Na^+ medzi voľnou plochou a plochami PZ1, PZ4, PL1 a PL4.

V porovnaní s údajmi zo stanice EMEP (RONCHETTI *et al.* 2005) a LVÚ (PAVLENDÁ *et al.* 2007) dosahujú naše výsledky vyššie koncentrácie vo všetkých sledovaných prvkoch okrem draslíka, a to v podkorunových i vertikálnych zrážkach. Merania LVÚ ako aj naše merania poukazujú na vyššie obohatenie podkorunových zrážok v komparácii s voľnou plochou. Porovnanie vážených priemerov koncentrácií daných prvkov podáva tabuľka 3.8.

Tabuľka 3.8 Porovnanie ročných vážených priemerov koncentrácií bázických kationov (v $mg.l^{-1}$) na ploche Predná Poľana s meraniami LVÚ a so stanicou EMEP v Starej Lesnej

Prvok	Plocha Rok	Predná Poľana					LVÚ Poľana		EMEP St. Lesná
		PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	voľ. plocha	porast	voľ. plocha	voľ. plocha
Ca^{2+}	2004	4,59	0,49	1,40	1,19	1,00	0,99	0,66	0,26
	2005	5,86	1,31	1,05	0,61	0,71	1,03	0,85	0,30
Mg^{2+}	2004	0,98	0,14	0,33	0,33	0,21	0,22	0,14	0,04
	2005	0,79	0,24	0,19	0,13	0,14	0,17	0,10	0,03
Na^+	2004	1,00	0,44	0,73	1,00	0,48	0,24	0,30	0,22
	2005	1,11	0,86	0,78	0,53	0,50	0,12	0,21	0,18
K^+	2004	2,46	0,67	2,20	3,27	0,11	2,48	0,51	0,22
	2005	5,30	2,69	2,33	0,49	0,21	1,93	0,20	0,13

Grafické znázornenie hodnôt mokrej depozície bázických kationov za roky 2004 až 2006 je na obrázku 3.9. Najvyššie depozičné vstupy v celom sledovanom období 2004 – 2006 vykazovali v zhode s koncentraciami opäť prvky draslík a vápnik. Ich depozície sú najvýraznejšie v poraste. V roku 2004 ročný vstup vápnika na voľnej ploche predstavuje 13,51 $kg.ha^{-1}.rok^{-1}$, v poraste sa pohybuje od 4,19 (PZ2) do 24,8 $kg.ha^{-1}.rok^{-1}$ (PZ1), v lyzimetoch od 2,39 (PL2) do 8,27 $kg.ha^{-1}.rok^{-1}$ (PL4). V roku 2005 možno pozorovať výrazný rast depozície vápnika takmer na všetkých plochách. Klesajúcu tendenciu vykazuje voľná plocha (7,25 $kg.ha^{-1}.rok^{-1}$), PZ4 a PL 4. Najvyšší vstup 33,93 $kg.ha^{-1}.rok^{-1}$ je viditeľný v mladine (PZ1). V roku 2006 dosahuje maximum depozícia na ploche PZ4, a to až 42,64 $kg.ha^{-1}.rok^{-1}$. Na ostatných plochách s výnimkou voľnej plochy depozícia klesá. Jej rozpätie v poraste možno ohraničiť hodnotami 9,65 (PZ4) – 33,93 $kg.ha^{-1}.rok^{-1}$ (PZ1), v lyzimetoch 3,44 (PL4) – 13,86 $kg.ha^{-1}.rok^{-1}$ (PL1).

Depozícia horčíka je najvýraznejšia pod porastom. Na voľnej ploche v sledovanom období sa nachádza v intervale 1,43 – 2,89 $kg.ha^{-1}.rok^{-1}$, v lyzimetoch má klesajúcu tendenciu (okrem PL4 – prudký nárast v roku 2006).

Veľmi výrazné rozdiely v depozíciách draslíka možno pozorovať na voľnej ploche a v poraste. Na voľnej ploche je depozícia mierne rastúca z hodnoty 1,48 v roku 2004 na 3,84 $kg.ha^{-1}.rok^{-1}$ v roku

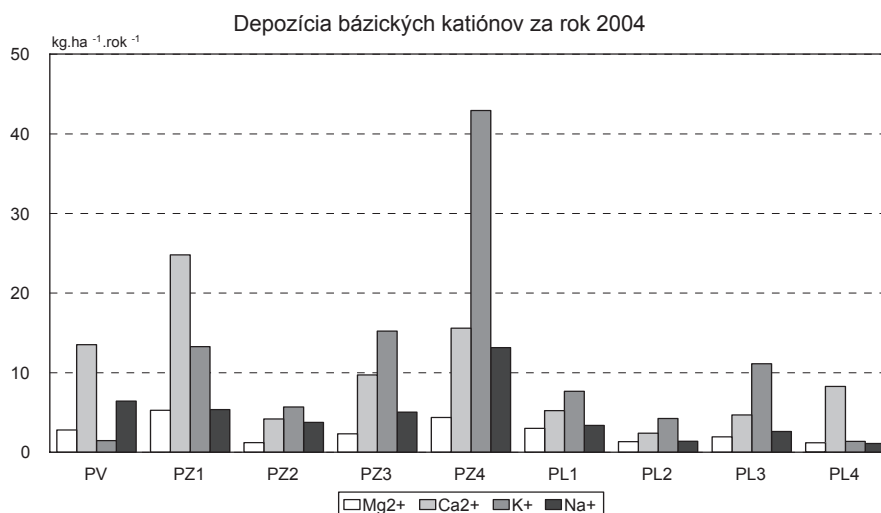
2006, vstup draslíka na voľnej ploche je najmenší z pomedzi všetkých bázičných katiónov. V mladine (PZ1) a v rôznovej skupine (PZ2) je depozícia v roku 2006 vyššia oproti roku 2004. V lyzimetoch má priebeh depozície draslíka klesajúci charakter, čo sa však nevzťahuje na plochu PL4.

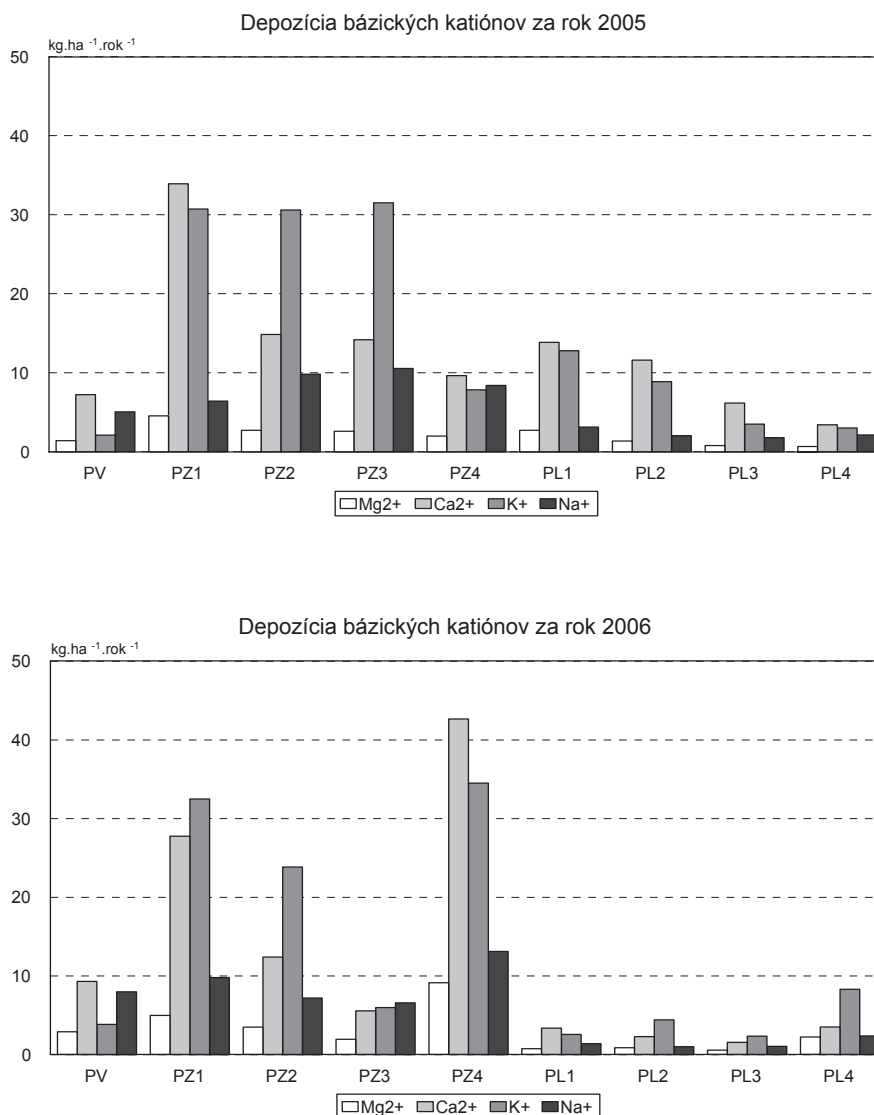
Hodnoty depozície sodíka na voľnej ploche a v poraste sú vyrovnannejšie ako pri iných prvkoch. Depozičný vstup sodíka na voľnej ploche je najvyšší spomedzi bázičných katiónov. Lyzimetre sa vo všetkých zisťovaných prvkoch vyznačujú nižšou depozíciou ako porast.

Ak porovnáme naše výsledky s hodnotami depozícií LVÚ (PAVLENDA *et al.* 2007) a stanice Stará Lesná (RONCHETTI *et al.* 2005), Predná Poľana vykazuje vyššie obohatenie bázičnými prvkami. V roku 2005 depozícia Ca^{2+} je menšia ako zistenia LVÚ. taktiež vstup draslíka v roku 2004 je nižší na Prednej Poľane, no v roku 2005 preyšujú hodnoty LVÚ. Posudzovanie a interpretácia hodnôt depozície bázičných prvkov by podľa MINĎÁŠA – TÓTHOVEJ (2004) mala prebiehať s určitou opatrnosťou a to najmä v poraste, nakoľko hodnoty namerané v porastových zrážkach sú ovplyvnené interakciami s biomasou vo vnútri porastu a nemusia priamo odzrkadľovať depozíciu báz do porastu.

Tabuľka 3.9 Porovnanie depozície bázičných katiónov na ploche Predná Poľana s meraniami LVÚ a so stanicou EMEP v Starej Lesnej

Prvok	Plocha Rok	Predná Poľana				voľ. plocha	LVÚ Poľana		EMEP St. Lesná voľ. plocha
		PZ1	PZ2	PZ3	PZ4		porast	voľ. plocha	
Ca^{2+}	2004	24,80	4,19	9,71	15,59	13,51	7,44	5,96	0,26
	2005	33,93	14,87	14,18	9,65	7,25	7,56	7,62	0,30
Mg^{2+}	2004	5,27	1,22	2,31	4,36	2,80	1,63	1,26	0,04
	2005	4,57	2,75	2,62	2,02	1,43	1,22	0,90	0,03
Na^+	2004	5,38	3,76	5,06	13,16	6,44	1,83	2,71	0,22
	2005	6,41	9,82	10,55	8,40	5,06	0,85	1,91	0,18
K^+	2004	13,28	5,70	15,22	42,94	1,48	18,68	4,68	0,23
	2005	30,72	30,61	31,51	7,86	2,11	14,24	1,82	0,13





Obrázok 3.9 Grafické zobrazenie depozície bázických katiónov v rokoch 2004 - 2006

4 Záver

Predložená práca je zameraná na zisťovanie fyzikálno-chemických vlastností zrážkových vôd (pH, elektrická vodivosť), na analýzy koncentrácií vybraných chemických komponentov (H^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , NH_4^+) a na výpočet imisných atmosférických depozícií hlavných elementov (H, S, N a bázických prvkov). Objektom práce bola horská smrečina 7. smrekového vegetačného stupňa, skupiny lesných typov *Sorbeto-Piceetum*, *Acereto-Piceetum* na lokalite Predná Poľana. Výsledky sú vyhodnotené za obdobie rokov 2004 – 2006 a to súhrnne a po jednotlivých rokoch. Z práce možno vyvodit' nasledovné závery:

Hodnoty pH na skúmanej ploche Predná Poľana sa pohybujú vo variačnom rozpätí 3,29 – 6,42. Vážené priemery pH majú rozpätie od 3,45 (PL 1 04) do 5,57 (PV 05). Najvyššiu aciditu vykazujú podkorunové zrážky (4,27) aj lyzimetrické vody (3,86) v mladine (PZ1). Najnižšia kyslosť bola preukázaná na voľnej ploche (5,57). V priebehu sledovaného obdobia 2004 – 2006 možno pozorovať rast pH hodnôt a ich mierny pokles v roku 2006, takmer na všetkých plochách. Lyzimetrické vody v porovnaní s podkorunovými zrážkami sú kyslejšie.

Koncentrácie H^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- a NH_4^+ významne neprekračujú kritickú úroveň. Najnižšie sú na voľnej ploche. Lyzimetrické vody sú viac koncentrované ako podkorunové zrážky. V rámci podkorunových zrážok sa najväčšími koncentraciami vyznačuje mladina. Za sledované obdobie 2004 – 2006 možno pozorovať pokles koncentrácií sledovaných komponentov.

Na sledovaných plochách sme zaregistrovali značné obohatenie koncentrácií bázičných kationov v porastových zrážkach (najväčšie obohatenie vykazuje pôdny roztok) v porovnaní s voľnou plochou. Táto skutočnosť indikuje nebezpečný jav vylúhovania bázičných živín z organického materiálu. Pri sledovaní hodnôt bázičných kationov na výskumnej ploche Predná Poľana, možno vidieť, že na voľnej ploche má najväčšie zastúpenie Ca^{2+} (0,77) a Na^+ (0,51), v podkorunových zrážkach sú to K^+ a Ca^{2+} .

Na výskumnej ploche Predná Poľana boli zistené značné hodnoty depozície síry, celkového dusíka a vodíka. Najnižší depozičný vstup vykazuje voľná plocha. Depozícia v lyzimetroch všetkých zisťovaných prvkoch je nižšia ako v poraste, hoci koncentrácie mali opačnú tendenciu.

Za celé sledované obdobie 2004 – 2006 možno konštatovať rast depozície síry v podkorunových zrážkach okrem plochy PZ1. V danom čase depozícia síry pod porastom (odhliadnuc od maxima) spadá do intervalu $6,66 - 32,12 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, v lyzimetroch $2,04 - 17,11 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ a na voľnej ploche $12,03 - 23,11 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Najväčšou depozíciou s v roku 2004 a 2005 vyznačuje mladina (rok 2004 $33,12 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$). Enormné zvýšenie je na odberovom mieste pod starým smrekom (PZ4), kedy depozičný vstup predstavuje maximum ($51,74 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$) za celé obdobie 2004 – 2006.

Vývoj depozície celkového dusíka na jednotlivých plochách je veľmi rozkolísaný. Na voľnej ploche ako aj v poraste neprekračuje hodnotu $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ s výnimkou plochy PZ4, kedy depozičný vstup v roku 2006 vystupuje na $60,55 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Depozícia v lyzimetroch má klesajúci charakter okrem PL4.

Priemerné hodnoty depozície hydrogénových v roku 2004 sa pohybujú v rozpätí $0,07 - 1,23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. V roku 2005 dochádza k výraznému, viac ako 50% zníženiu depozícií H^+ na všetkých plochách okrem PZ4 a PL4, na ktorých je depozičný vstup vyšší. V roku 2006 možno pozorovať na väčšine plôch mierny nárast depozície H^+ , tento sa pohybuje od $0,02$ do $0,12 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$.

Možno konštatovať, že z hľadiska zaťaženia prostredia sú dôležité nielen koncentrácie, ale aj celkový zrážkový úhrn, ktorý určuje sumu mokrej atmosférickej depozície. Nízka koncentrácia, ale aj vysoký zrážkový úhrn môžu v konečnom dôsledku znamenať prekročenie prípustných depozičných limitov. Tento jav je viditeľný pri lyzimetroch, ktoré vykazujú najvyššie koncentrácie, hoci ich depozície sú najnižšie. Je to dôsledok nižších hodnôt zachytených zrážok (resp. presakujúcej zrážkovej vody) v porovnaní s voľnou plochou a porastom.

Pod'akovanie

Autori ďakujú za podporu projektom VEGA MŠ SR No. 1/2357/05, 1/2382/05 a projektu APVT 18-016902.

Literatúra

- [1] BUBLINEC, E.; DUBOVÁ, M. (2000): Desť rokov monitorovania chemizmu zrážok v BR Poľana. Biosférické rezervácie na Slovensku III. TU Zvolen, s. 52-56
- [2] MIHÁLIK, A.; SLÁVIK, D. (1988): Oplyvňovanie chemického zloženia zrážok v smrekovom a bukovom poraste CHKO Poľana. Ochrana prírody, 11, s. 131-195
- [3] MINĎÁŠ, J. (1999): Kvantitatívna a kvalitatívna charakteristika zrážkového režimu jedľo-bukového ekosystému. Dizeračná práca, TU Zvolen 153 s.
- [4] MINĎÁŠ, J.; KUNCA, V. (1997): Chemické zloženie atmosférických a podkorunových zrážok v poraste jedľovej bučiny na lokalite na lokalite Poľana- Hukavský grúň. Lesnícky časopis Forestry journal 43, 1997, s. 329-341

- [5] MINĎÁŠ, J.; TÓTHOVÁ, S. (2004): Depozícia elementov v lesných ekosystémoch Slovenska – výsledky monitoringu. In: Climate change – Weather Extremes – Organisms and Ecosystems. International Bioclimatological Workshop 2004, Vinicky, Slovak Republic
- [6] PAVLENDÁ, P. et al. (2007): Zdravotný stav lesov Slovenska. Správa z monitoringu 2007, ministerstvo pôdohospodárstva SR, LVÚ ZV, (v tlači)
- [7] RONCHETTI, L. et al. (2005): Správa o kvalite ovzdušia a podiele jednotlivých zdrojov na jeho znečisťovaní v Slovenskej republike 1997. SHMU a MŽP SR, Bratislava 1999
- [8] SLÁVIKOVÁ, D. (1993): Biosférické rezervácie - objekty zvýšeného záujmu lesníckeho výskumu. Časopis - Forest. J. - roč. 39, č. 2 (1993), s. 145-151
- [9] MIHÁLIK, A. et al. (1992): Chemické zloženie zrážkovej vody stekajúcej po kmeňoch drevín jedľovej bučiny v závislosti od druhu a veku stromov. Lesnícky časopis - roč. 38, č. 6 (1992), s. 559-571
- [10] ŠKVARENINA, J. (1998): Kyslé horizontálne zrážky v jedľovo-bukovom ekosystéme v rokoch 1989 – 1997. Štúdia XV. Slovenskej bioklimatologickej spoločnosti SAV. Bratislava, 50 s.
- [11] ŠMELKO, Š. (1998): Štatistické metódy v lesníctve. TU Zvolen, 276 s.