

**VYHODNOTENIE KYSLEJ MOKREJ DEPOZÍCIE V SMREKOVÝCH PORASTOCH
ŠIROKEJ DOLINY**
**EVALUATION OF THE WET- ACID DEPOSITION TO SPRUCE FORESTS IN ŠIROKA
VALLEY AREA**

Zuzana Sitková

Katedra prírodného prostredia, Lesnícka fakulta TU vo Zvolene

ABSTRACT

In this paper wet deposition results (acid only) from spruce forest ecosystems in High Tatra Mts. are evaluated. Throughfall and bulk precipitation chemistry were studied for two years (June 2000 – June 2002) at three research plots in Široka Valley. The measured concentrations of main chemical compounds don't overstep critical levels generally, but the calculated acid depositions (sulphur-, total nitrogen- and hydrogen deposition too) exceed critical loads almost in all cases. This fact is probably due to high precipitation amount in north part of Tatra Mts. compared with plots situated at south site. Presented results indicate that low ecological stability of forests stands could be conditioned by the high input of acid elements dialed bellow.

Keywords: Wet Deposition, Throughfall, Spruce Forest, Critical Loads, High Tatra Mts.

Úvod

Sledovanie depozičných vstupov sa postupne stáva bežnou súčasťou každého rozsiahlejšieho výskumu zdravotného stavu lesa na Slovensku. Napriek tomu sú ešte stále problémy so vzájomným porovnávaním výsledkov z jednotlivých oblastí nakoľko sa tieto líšia či už z hľadiska prírodných podmienok, rôzneho obdobia meraní alebo nejednotnej metodiky. V tatranskej oblasti prebieha výskum chemického zloženia porastových a vertikálnych zrážok od roku 1996, a to v porastoch rôznych skupín lesných typov (lokality Kotlov žľab, Vyšné Hágy, Popradské Pleso, Veľká studená dolina, Skalnaté Pleso - Štart). Doplňenie informačného vaku zo severnej strany Tatier (konkrétne ochranný obvod Javorina) bolo v roku 2000 zabezpečené založením ďalších troch plôch v oblasti Širokej doliny. V tejto oblasti však zatiaľ prebieha len sledovanie vertikálnych a podkorunových zrážok, v budúcnosti by bolo vhodné rozšíriť výskum aj na analýzy stoku po kmeni a pôdnych vôd, nakoľko sa jedná o dôležitý transport škodlivín z ovzdušia do lesného ekosystému.

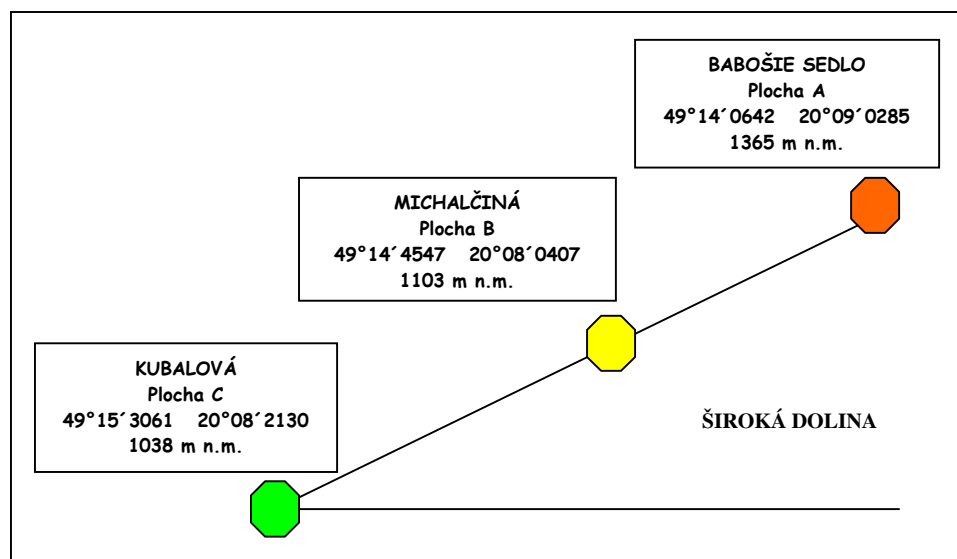
Úlohou predloženého príspevku bolo zhodnotiť výsledky meraní chemizmu podkorunových zrážok a zrážok na voľnej ploche, a to predovšetkým látok spôsobujúcich zakyslenie zrážkových tokov prúdiacich z atmosféry do porastu (protónová záťaž H^+ a vyhodnotenie pH, depozícia $S-SO_4^{2-}$ a celkového N). Výsledky sú spracované pre čiastkové obdobie meraní od júna 2000 do júna 2002.

1 MATERIÁL A METÓDY

1.1 Charakteristika monitorovacích plôch

Za účelom monitorovania hydrochemických vlastností vertikálnych a podkorunových zrážok boli v máji roku 2000 založené tri výskumné plochy. Hlavným kritériom pri výbere plôch boli nasledujúce skutočnosti:

1. plochy situovať v porastoch horských smrečín na severnej strane TANAP-u
2. vybrať 3 rôzne nadmorské výšky a vytvoriť tak výškový transekt plôch
3. plochy vyberať s ohľadom na existujúcu kalamitnú situáciu a prístupnosť pri odberoch vzoriek



Obrázok 1 Geografická poloha výskumných plôch v Širokej doline (TANAP)

Figure 1 Geographical position of the monitoring sites in Široká Valley

Tabuľka 1 Charakteristika vybraných lokalít podľa údajov LHP (platnosť 1997 – 2006)

Table 1 Sampling site details according to forest management plan data (valid from 1997 to 2006)

		dielec	zastúpenie drevín	vek	lesný typ	expozícia	sklon
A - Babošie sedlo	VP - kalamitná	1852C20	JRB 50% SM 40%	15 r.	živná jarabinová smrečina (7106) - 10% vápencová javorová smrečina (7405) - 70% hrebeňová buková smrečina vst. (7602) - 20%	JZ	65%
	porast	1852C10	SM 100%	150 r.	živná jarabinová smrečina (7106) - 10% vápencová javorová smrečina (7405) - 70% hrebeňová buková smrečina vst. (7602) - 20%	JZ	80%
B - Michalčiná	VP - lúka						
	porast	1851D	SM 100%	70 r.	živná javorová smrečina (7401) - 100%	SZ	5%
C - Kubalová	VP - lúka						
	porast	1869A	SM 85% BO 15%	70 r.	čučoriedková jedľová bučina so smrekom vst. (6107) - 90% živná kysličková buková jedlina (6203) - 10%	V	10%

Na **Obrázku 1** máme možnosť vidieť polohu výskumných plôch založených podľa uvedených kritérií, pričom tu uvedené zemepisné súradnice (WGS) a nadmorská výška (taktiež merané GPS) sa vzťahujú ku zberačom umiestneným v porastoch. Detailnejší popis plôch je podľa aktuálnych údajov LHP uvedený v **Tabuľke 1**.

1.2 Metodika odberu a analýz vzoriek, výpočet atmosférickej depozície

Vzorky z lokalít Babošie sedlo, Michalčiná a Kubalová boli odoberané od júna 2000 do júna 2002 po každej výdatnejšej zrážkovej udalosti, t. j. spolu 35 odberov za dané obdobie. Na uvedených troch lokalitách boli umiestnené zrážkové kolektory (záchytná plocha 200 cm² pre letný režim a 441 cm² v zimnom režime) vždy v počte 1 ks na voľnej ploche a 3 ks v blízkom poraste s nasledovnou logikou.

A1, B1, C1 - voľná plocha (VP)

A2, B2, C2 - porastová medzera

A3, B3, C3 - okraj koruny

A4, B4, C4 - prekryv korún

Na mieste odberu bolo odmerané celkové zachytené množstvo zrážok a na účely stanovenia kvality bolo odobratá časť vzorky - podľa možností o objeme 250 - 500 ml. Chemické laboratórne analýzy sa vykonávajú štandardne podľa metodických postupov v **Tabuľke 2**.

Tabuľka 2 *Metódy chemických analýz použitých na zistenie koncentrácií jednotlivých komponentov vo vzorkách*

Table 2 *Chemical analysis methods used for the evaluation of components in the samples*

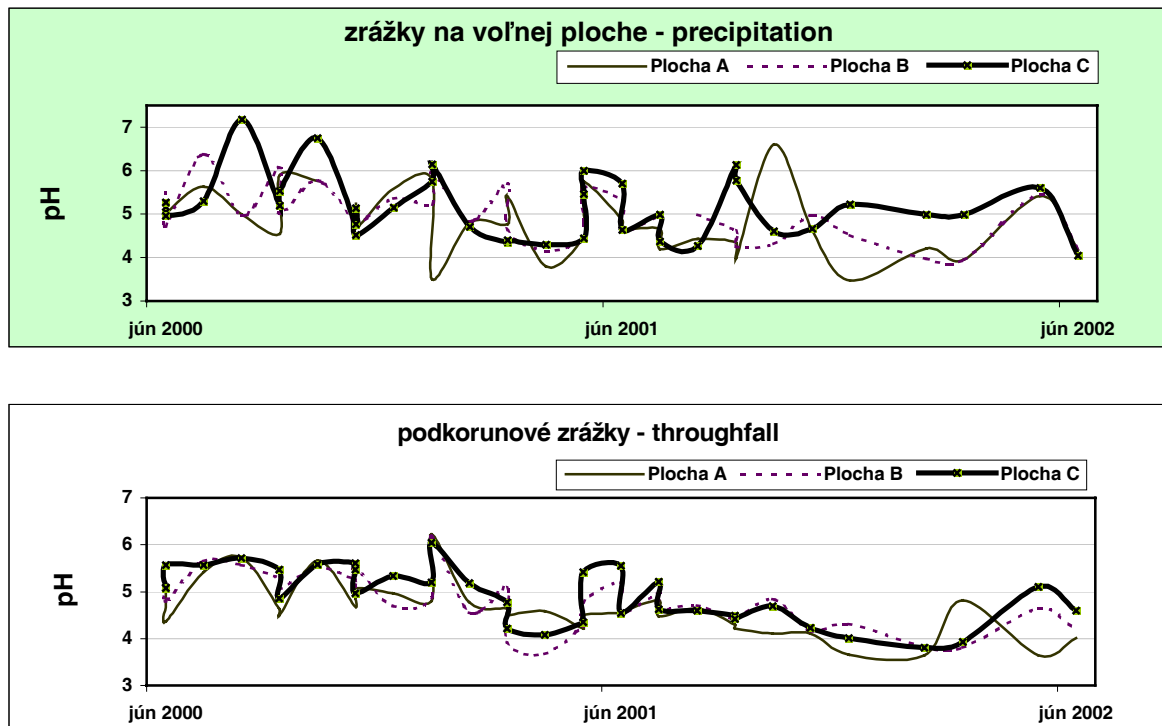
PRVOK	METÓDA	jednotka
pH	potenciometricky, pomocou sklenenej elektródy	
vodivosť	konduktometer, OK-107, pri 25 °C	μS.cm ⁻¹
SO ₄ ²⁻	titračne	mg.l ⁻¹
NO ₃ ⁻	kolorimetricky	mg.l ⁻¹
NH ₄ ⁺	kolorimetricky Nesslerovým činidlom	mg.l ⁻¹
Ca ²⁺	atómová absorpčná spektrofotometria	mg.l ⁻¹
Mg ²⁺	atómová absorpčná spektrofotometria	mg.l ⁻¹
K ⁺	plamenná fotometria	mg.l ⁻¹
Na ⁺	plamenná fotometria	mg.l ⁻¹

Koncentrácie jednotlivých chemických zlúčenín a prvkov boli ďalej prenasobené zodpovedajúcim zrážkovým úhrnom (v mm) na hodnoty mokrej depozície (v kg .ha⁻¹.rok⁻¹). K získaniu elementárnych prvkov zo zlúčenín bolo ešte potrebné pristúpiť k použitiu prepočítavacích koeficientov (0,334 pre S-SO₄²⁻, 0,226 pre N-NO₃⁻, 0,7765 pre N - NH₄⁺).

2 VÝSLEDKY A DISKUSIA

2.1 Hodnoty pH, koncentrácie H^+ a elektrickej vodivosti

Klasickým ukazovateľom acidifikácie, resp. zásaditosti zrážkových vôd sú hodnoty pH. V našom prípade ich považujeme skôr za orientačný parameter, nakoľko z dôvodu odľahlého umiestnenia výskumných plôch mohlo k meraniu pH dojsť často až so značným časovým odstupom. Na **Obrázku 2** sledujeme ich priebeh počas vyhodnocovaného obdobia na všetkých troch lokalitách. Minimálne hodnoty boli namerané na lokalite Babošie sedlo ako na voľnej ploche (pH 3,47) tak aj v poraste (3,64). Väčšina priemerných hodnôt (90%) sa však v podkorunových zrážkach nachádzala do hodnoty pH 5,75, pričom vážený priemer hodnôt sa v porastoch všetkých výskumných plôch pohybuje tesne okolo hodnoty 4,3. S podobnými výsledkami sa stretávame v prácach rôznych autorov, napr. z oblastí Írska (BOYLE *et. al.*, 1997), Kanady (SIROIS *et. al.*, 2000) či konkrétne Vysokých Tatier (TUŽINSKÝ – CHUDÍKOVÁ, 1991).



Obrázok 2 Priebeh pH hodnôt v zrážkach na voľnej ploche a v podkorunových zrážkach

Figure 2 Course of pH – values in precipitation and throughfall at three research plots

Koncentrácie hydrogékových iónov boli vypočítané z hodnôt pH a následne spriemerované za celé sledované obdobie. Výsledky pre porast a voľnú plochu sú spolu s priemernými hodnotami elektrickej vodivosti (vážený priemer) uvedené v **Tabuľke 3**. Kritická úroveň pre koncentráciu vodíkových iónov $300 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ (podľa normatívu EHK) bola prekročená len v jednom extrémnom prípade (Babošie sedlo – voľná, kalamitná plocha), avšak priemerné hodnoty ako ich vidíme v **Tabuľke 3** tento limit ani zďaleka nedosiahli.

Tabuľka 3 Vážený priemer hodnôt elektrickej vodivosti a koncentrácie hydrogénového iónu za obdobie jún 2000 – jún 2002

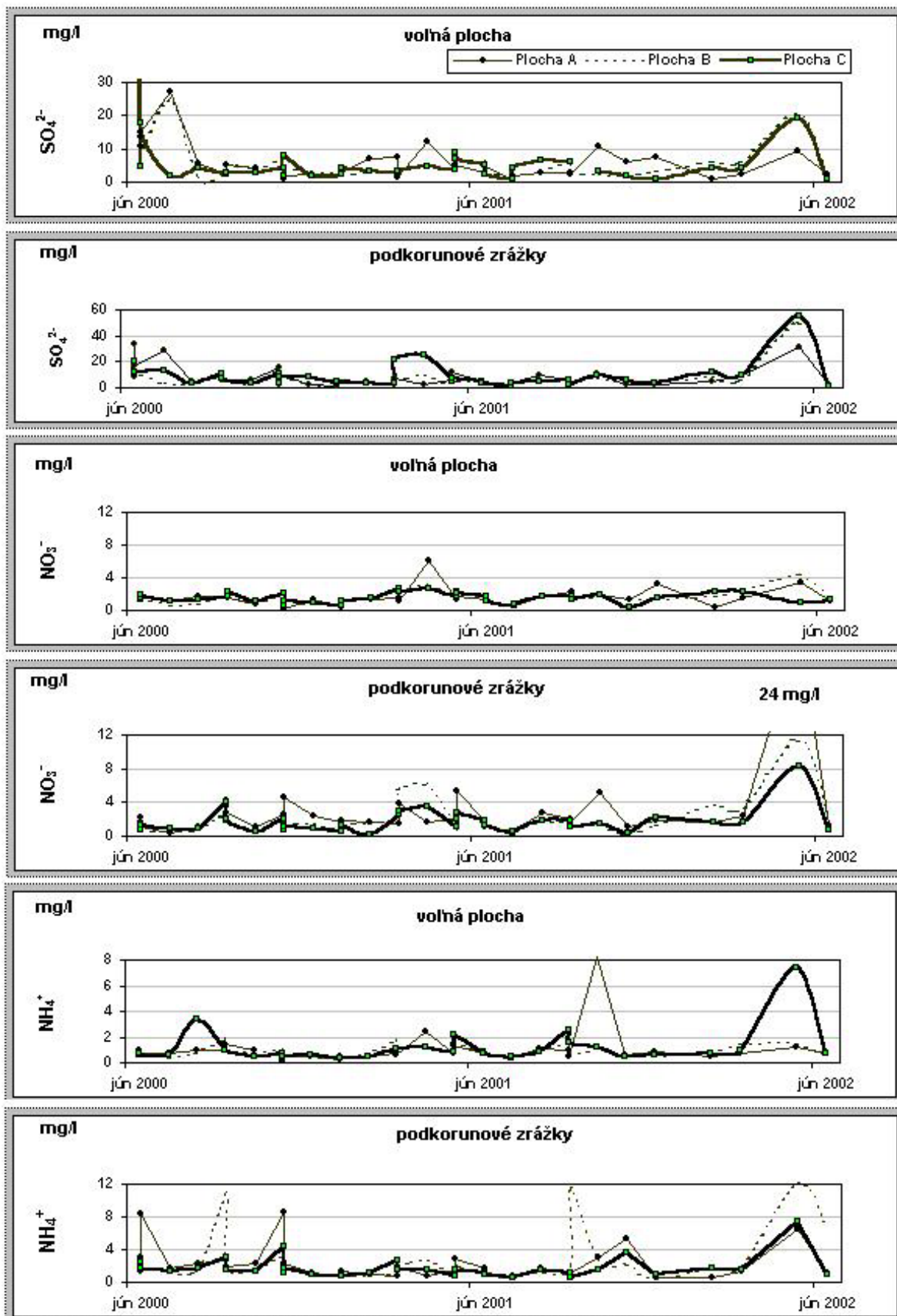
Table 3 Electrical conductivity values and hydrogen ions concentration (weighted mean) during period june 2000 – june 2002

Elektrická vodivosť [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]		
plocha	voľná plocha	porast - priemer
A	12,7	17,5
B	12,5	19,0
C	12,1	16,2
Koncentrácia H^+ [$\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$]		
A	46,1	50,1
B	29,9	44,7
C	27,3	30,9

Priemerné hodnoty elektrickej vodivosti sú v porovnaní s meraniami z južnej časti Tatier v rokoch 1997 a 1998 (SITKOVÁ *et. al.*, 2003) o niečo nižšie na voľnej ploche a výrazne nižšie v zrážkach prechádzajúcich korunovou vrstvou. Ani obohatenie podkorunových zrážok množstvom rozpustených solí nebolo oproti zrážkam na voľnej ploche také markantné ako v citovanej práci. Naopak v oblasti Západných Tatier (NPR Kotlov Žľab) boli, podľa KUNCU *et. al.* (2000), zistené aj vo vertikálnych aj podkorunových zrážkach veľmi podobné hodnoty elektrickej vodivosti ako v oblasti Javoriny.

2.2 Koncentrácia SO_4^{2-} , NH_4^+ a NO_3^- v zrážkových tokoch

Výsledky koncentrácií sledovaných látok nameraných v zrážkových vodách sumárne prezentuje **Obrázok 3**. Kritická úroveň pre prítomnosť *síranového aniónu* v zrážkach bola podľa UN ECE (1993) stanovená na hodnotu $14,42 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Priemerné hodnoty tento limit nedosahujú, avšak z grafického priebehu je zrejmé, že v sledovanom období sa epizodicky objavujú situácie, kedy došlo k niekoľkonásobnému prekročeniu. Keďže v konečnom dôsledku boli na všetkých troch plochách zistené značné depozičné množstvá síry, možno príčiny hľadať vo vysokých zrážkových úhrnoch (priemerný ročný úhrn zrážok na VP A – 2730 mm, VP B – 2588 mm, VP C – 1926 mm), ktoré boli pravdepodobne v spomenutých epizodických prípadoch obohatené aj výskytom horizontálnych zrážok. Je totiž známe, že práve v hmlových zrážkach dosahujú sírany niekoľkonásobne vyššiu koncentrovanosť. Priemerné hodnoty *dusičnanov* NO_3^- sú na všetkých troch plochách pomerne vyrovnané a nepresahujú koncentráciu $2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Opäť sa však v priebehu všetkých hodnôt počas sledovaného obdobia ukazujú prípady omnoho koncentrovanejších odberov. Celkovo však môžeme naše výsledky považovať za porovnateľné s údajmi z iných (domácich aj zahraničných) zdrojov. Koncentrácie (vážený priemer) druhej sledovanej zlúčeniny dusíka – *amónneho kationu* (NH_4^+), sa na voľnej ploche pohybovali v rozpätí $0,88 - 0,99 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, v podkorunových zrážkach bola najvyššia priemerná koncentrácia zistená na ploche B ($3,23 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ v porastovej medzere) a najnižšia na ploche C ($1,01 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) a teda neprekračujú kritickú úroveň $5,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ stanovenú EHK (UN ECE, 1993). Podobné hodnoty uvádzajú napr. aj KUNCA *et. al.* (2000) pre NPR Kotlov Žľab v Západných Tatrách.

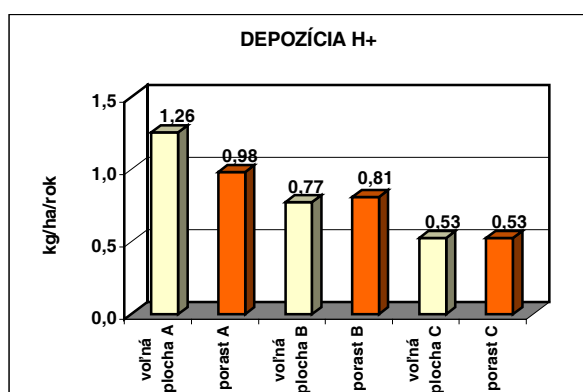


Obrázok 3 Časový priebeh priemerných koncentrácií SO_4^{2-} , NH_4^+ a NO_3^- (v mg.l^{-1}) v zrážkach na voľnej ploche a v poraste

Figure 3 Time course of mean concentrations (sulphate, ammonium, nitrate) in precipitation and throughfall (all units are in mg.l^{-1})

2.3 Vyhodnotenie kyslej atmosférickej depozície

Depozícia H^+ . Ako vidíme na **Obrázku 4** priemerné hodnoty protónovej záťaže sa pohybujú približne v intervale od 0,5 – 1,3 kg H ha⁻¹.rok⁻¹. Najvyššia hodnota bola paradoxne zistená na voľnej, kalamitnej ploche v Babošom sedle, kde sa nepreukázalo obohatenie podkorunových zrážok. Hodnoty depozície H sú však na všetkých troch lokalitách pomerne vysoké a podľa výsledkov napr. práce (SMIDT, 1999) sa takéto depozičné množstvá v oblasti Hesenska namerali na začiatku 90-tych rokov. Autori uvádzajú, že po tomto roku nadobudli vstupy H^+ najmä v smrekovom poraste výrazne klesajúci trend a po desiatich rokoch (teda približne v roku 1997) ich hodnoty nepresiahli hranicu už ani 0,25 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. Pri konfrontácii našich výsledkov s hraničnou kritickou záťažou 0,6 kg H ha⁻¹.rok⁻¹ (podľa UN ECE, 1993) vidíme, že okrem najnižšie položenej plochy C – Kubalová je uvedený ekologický limit prekročený ako v porastoch tak aj na voľnej ploche. Výsledky z iných výskumných plôch v rámci tatranskej oblasti (Popradské Pleso, Vyšné Hágy) však vykazujú na voľnej ploche porovnateľnú a v porastoch dokonca niekoľkonásobne vyššiu protónovú záťaž ako na plochách Širokej doliny.

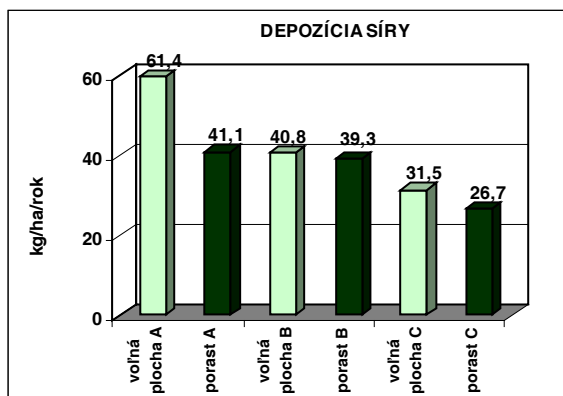


Obrázok 4 Ročná depozícia H^+ v poraste a na voľnej ploche

Figure 4 Annual hydrogen deposition (only wet) at open site and forest site

Depozícia síry $S-SO_4^{2-}$. Na všetkých troch výskumných plochách v oblasti Širokej doliny bol v rokoch 2000 až 2002 zistený značný input síry ako v poraste tak aj na voľnej ploche. Opäť sa ako najextrémnejšia javí poloha najvyššie položenej voľnej plochy v Babošom sedle, ktorá sa vyznačuje rozsiahlym kalamitným rozpadom lesných spoločenstiev už niekoľko rokov (vietor, hmyz). Je otázne aký podiel na zhoršenom zdravotnom stave a nestabilite lesa mohli mať práve takéto množstvá zakysľujúcich látok vstupujúcich do ekosystému. Z výsledkov intenzívneho monitoringu lesných ekosystémov v Európe vyplýva, že v roku 1997 bola celková depozícia (mokrú a suchú formu) dusíka aj v poraste aj na voľnej ploche približne dvojnásobne väčšia ako depozícia síry (DE VRIES *et al.*, 2003). Konkrétne na našich monitorovacích plochách nemôžeme uvedené výsledky potvrdiť, čo možno čiastočne vysvetliť iným vyhodnocovaným obdobím a teda aj inými meteorologickými podmienkami (rozhodujúce sú najmä zrážkové úhrny). Pre porasty horských smrečín bola európskou hospodárskou

komisiou (podľa UN ECE, 1993) stanovená hodnota kritickej zátáže 10 až 15 kg S ha⁻¹ rok⁻¹. Uvedený ekologický limit bol v porastoch Širokej doliny viacnásobne prekročený čomu by zodpovedalo skôr lokálne znečistenie ovzdušia ako tu predpokladaný diaľkový prenos škodlivých látok. V oblasti severného Talianska bola pre alpské lesné ekosystémy zistená ročná depozícia síry 21 až 24 kg S ha⁻¹ rok⁻¹ (BALESTRINI – TAGLIAFERRIB, 2001), čo sú taktiež nižšie vstupy ako nami stanovené výsledky.

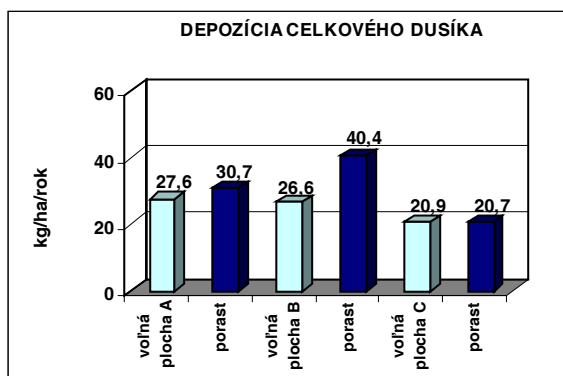


Obrázok 5 Ročná depozícia elementárnej síry v poraste a na voľnej ploche
Figure 5 Annual sulphur deposition (only wet) at open site and forest site

Depozícia celkového dusíka N za rok. Bola vypočítaná súčtom mokrej depozície dvoch chemických zlúčenín NO₃⁻ a NH₄⁺ a výsledné hodnoty (v kg.ha⁻¹.rok⁻¹) znázorňuje **Obrázok 6**. Z celkovej depozície tvorí forma NH₄⁺ približne dve tretiny (66%) v zrážkach na voľnej ploche a priemerne tri štvrtiny (75%) v podkorunových zrážkach. Zvyšnú časť zastupuje depozícia dusíka v dusičňanovej forme. Podobný pomer pre rôzne lokality v celej Európe uvádzajú v podkorunových zrážkach aj autori TIETEMA – BEIER (1995). Veľmi podobné s našimi sú ich výsledky aj o depozícii celkového dusíka v podkorunových zrážkach, kde napr. pre oblasť Solling uvádzajú hodnotu 39,5 kg N ha⁻¹.rok⁻¹, pre lokalitu Höglwald (obidve plochy v Nemecku) 30,3 kg N ha⁻¹.rok⁻¹ a pre Alptal (Švajčiarsko) 20,7 kg N ha⁻¹.rok⁻¹. Za zrovnateľné považujeme nami zistené depozičné dáta aj s údajmi z oblasti Hessenska (SMIDT, 1999) alebo Čiech (LOCHMAN – ŠEBKOVÁ, 1998).

Z celoeurópskeho výskumu depozície N do lesných porastov vyplýva, že ročný príjem anorganického dusíka (formou mokrej a suchej depozície) sa pohybuje v rozpätí od 1 do viac ako 75 kg N ha⁻¹.rok⁻¹ (DISE – WRIGHT, 1995). Autori rozdeľujú lesné ekosystémy v rámci Európy do troch úrovní a to podľa ich reakcie na vstupy N. Nami skúmané porasty môžeme podľa ich výsledkov zaradiť do kategórie s najvyššími depozičnými dávkami (nad 25 kg N ha⁻¹.rok⁻¹).

Pri porovnaní depozície celkového dusíka s hodnotami zistenými na depozičných plochách na južnej strane Tatier môžeme v porastoch Širokej doliny konštatovať 2 až 3-násobne vyššie vstupy N. Zaujímavé je, že obohatenie podkorunových zrážok oproti zrážkam na voľnej ploche je prakticky zanedbateľné (okrem plochy B na lokalite Michalčiná).



Obrázok 6 Ročná depozícia celkového dusíka v poraste a na voľnej ploche
Figure 6 Annual nitrogen deposition (only wet) at open and forest site

3 SÚHRN

Predložený príspevok je venovaný zhodnoteniu mokrej kyslej depozície v oblasti Javoriny (TANAP) za dvojročné obdobie meraní. Na všetkých troch výskumných plochách bol zistený značne významný input najmä síry, celkového dusíka ako aj pomerne vysoká protónová záťaž. Prejavil sa tu aj vplyv polohy jednotlivých výskumných plôch, najmä extrémnosť najvyššie položenej plochy v Babošom sedle (1365 mn. m), ktorá zároveň trpí najrozsiahlejším rozpadom lesných spoločenstiev kvôli častým vetrovým kalamitám. Už pri jej zakladaní tu bol predpoklad zníženej ekologickej stability porastu práve z dôvodu zvýšenej kyslej záťaže (transport škodlivín cez horské sedlo). Možno skonštatovať, že predpoklad sa potvrdil a hodnota kritickej záťaže pre depozíciu síry bola na tejto ploche niekoľkonásobne prekročená (na voľnej ploche až 4-násobne). Aj depozícia celkového dusíka ($\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$) bola evidentne vyššia ako napr. na plochách situovaných na južnej strane tatranského masívu, príčinou čoho sú zrejme vysoké zrážkové úhrny v severnej oblasti Tatier. Porovnateľné údaje o depozícii dusíka však boli publikované aj pre niektoré iné horské oblasti západnej a centrálnej Európy. V depozícii hydrogénového iónu možno tiež hovoriť o nepriaznivom stave – ročná depozícia sa pohybovala v rozpätí od $0,5 - 1,3 \text{ kg H ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Zaujímavé však je, že sa nepotvrdilo obohatenie podkorunových zrážok v porovnaní s voľnou plochou, na lokalite Babošie sedlo mala dokonca voľná plocha o 29 % vyššiu protónovú záťaž ako porast. Záverom je potrebné skonštatovať, že uvedené prvotné výsledky o atmosférickej depozícii zo severnej strany Tatier poukazujú na celkovo neuspokojivú situáciu, no kvôli objektívnejšiemu posúdeniu je potrebné v monitoringu pokračovať a vyhodnocovať údaje za dlhšie obdobie meraní.

Kľúčové slová: mokrá depozícia, horské smrečiny, podkorunové zrážky, kritická záťaž, Vysoké Tatry

LITERATÚRA

- BALESTRINI, R.; ARESE, C.; PRINA, M.; 2002. Nitrogen retention and export in an alpina catchment in Valtellina: An example from the Italian Alps. *Cbl. für das ges. Forstw.* 119. Jahrgang (2002), Heft 3/4, S. 205 – 219
- BALESTRINI, R.; TAGLIAFERIBB, A.; 2001. Atmospheric deposition and canopy exchange processes in alpine forest ecosystems (northern Italy). *Atmospheric Environment*. Volume 35, Issue 36, December 2001, p 6421 – 6433
- BOYLE, G. M.; FARRELL, E. P.; CUMMINS, T., 1997. Monitoring of Forest Ecosystems in Ireland, FOREM3 project, Final Report. Forest Ecosystem Research Group Report Number 21. Department of Environmental Resource Management, University College Dublin. 186 p
- DE VRIES, W.; REINDS, G. J.; VEL, E.; 2003. Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe 2. Atmospheric deposition and its impacts on soil solution chemistry. *Forest Ecology and Management* 174 (2003) 97 – 115
- DISE, N. B.; WRIGHT, R. F.; 1995. Nitrogen leaching from European forests in relation to nitrogen deposition. *Forest Ecology and Management* 71 (1995) 153 – 161
- KUNCA, V.; ŠKVARENINA, J.; MAJERČÁK, J.; 2000. Kyslá atmosférická depozícia v NPR Kotlov Žľab – Látaná. *Zpravodaj Beskydy "Vliv imisií na lesy a lesní hospodářství Beskyd"*, 13 (2000): 15 – 18
- LOCHMAN, V.; ŠEBKOVÁ, V.; 1998. The development of air pollutant depositions and soil chemistry on the research plots in the eastern part of the Ore mts. *Lesnictví – Forestry*, 44, 1998, (12): 549 – 560
- NILLES, M. A.; GORDON, J. D.; SCHRODER, L. J.; 1994. The precision of wet atmospheric deposition data from National Atmospheric Deposition Program/National Trends Network sites determined with collocated samplers. *Atmospheric Environment*, Vol. 28, No. 6, pp. 1121 – 1128
- SIROIS, A.; VET, R.; LAMB, D.; 2000. A comparison of the precipitation chemistry measurements obtained by the CAPMoN and NADP/NTN networks. *Environmental Monitoring and Assessment* 62 (2000) 273 – 303
- SITKOVÁ, Z.; KUNCA, V.; ŠKVARENINA, J.; 2003. Vyhodnotenie mokrej depozície a kritickej záťaže v horských smrečínach Vysokých Tatier. *Acta Facultatis Forestalis* (v tlači)
- SMIDT, S.; BLOCK, J.; JANDL, R.; GEHRMANN, J.; 1999. Trends von Luftschad-stoffkonzentrationen und -depositionen an Waldmessstationen in Österreich und Deutschland. *Cbl. für das ges. Forstw.* 116. Jahrgang (1999), Heft 3, S. 193 – 109
- TIETEMA, A.; BEIER, C.; 1995. A correlative evaluation of nitrogen cycling in the forest ecosystems of the EC projects NITREX and EXMAN. *Forest Ecology and Management* 71 (1995) 143 – 151

TUŽINSKÝ, L.; CHUDÍKOVÁ, O.; 1991. Chemizmus zrážkovej, odkvapovej a gravitačnej vody v lesných ekosystéme TANAP-u. In: Zborník prác o TANAP-e č. 31, s 97-107

UN ECE, 1993. Mapping critical levels/loads. Federal Enviromental Agency, Berlin, 25, 1993. 60 p.

KONTAKTNÁ ADRESA

Ing. Zuzana Sitková

KPP, LF TU vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 ZVOLEN

tel. č.: +421 45 5206 210

e-mail: sitkova@vsld.tuzvo .sk

POĎAKOVANIE

Predložený príspevok vznikol za finančnej podpory grantových prostriedkov VEGA MŠ č. 2/1162/21 a 1/9265/02. Zvláštne poďakovanie patrí Ing. Vladimírovi Bobulovi za pomoc pri zabezpečovaní odberov vzoriek.