

Evoluția intrărilor de ioni minerali în ecosisteme forestiere din România în perioada 1998-2002

Carmen Iacoban

1. Introducere

Emisiile antropogene de poluanți atmosferici au crescut enorm în ultimul secol. Creșterea s-a datorat pe de o parte creșterii demografice și pe de altă parte intensificării industrializării. Depunerile rezultate au avut un impact ecologic semnificativ asupra sănătății și funcționării ecosistemelor forestiere.

Pentru supravegherea pe scară largă a efectelor poluării aerului asupra pădurii, la nivel european a fost lansat în anul 1985 un program complex de cercetare (ICP Forests-International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests), care se derulează pe baza unor metode unitare de investigare, elaborate în comun de specialiști din toate țările europene (Programme Coordinating Centres, 1994). Ca semnatară a documentului final al Conferinței ministeriale pentru protejarea pădurilor în Europa, desfășurată la Strasbourg în 1990, România este implicată alături de celelalte țări europene în ICP Forests.

Cercetările privind depunerile atmosferice în cadrul ICP Forests au fost demarate în România în 1995 cu testarea metodelor de colectare a precipitațiilor

(Barbu, 1997) și a metodelor de analiză în laborator (Iacoban, 1996). În perioada 1996-1997 s-au instalat șapte suprafețe experimentale (patru în nord - estul și trei în sudul țării), în care s-au executat măsurători și prelevări sistematice de probe de precipitații care au fost analizate în laborator

Scopul cercetărilor prezentate în continuare a fost de a stabili evoluția intrărilor de ioni minerali în ecosisteme forestiere reprezentative din România în perioada 1998-2002, prin compararea fluxurilor principalelor ioni minerali măsurate în anul 2002, cu mediile determinate în perioada 1998-2001, și aprecierea depunerilor atmosferice totale din România în raport cu cele obținute în diferite regiuni ale Europei.

2. Material și metodă

Pe baza rezultatelor obținute în perioada 1998-2000 privind cantitățile și parametrii fizico-chimici ai apelor de precipitații colectate cu trei tipuri de captatori (pungă, cilindru și jgheab), începând cu anul 2001 s-a decis folosirea unui singur tip de captator: tip pungă, cu suprafața de recepție de 0,028 m², în perioada sezonului rece și respectiv tip jgheab, cu suprafața de 0,1 m² în perioa-

da de vegetație (Barbu, 1997). Pentru comparabilitatea rezultatelor obținute în perioada 2001-2002 cu cele anterioare, în prezenta lucrare s-au calculat valorile fluxurilor în intervalul 1998-2002 pentru același tip de captatori: tip pungă (sezonul rece) și respectiv tip jgheab (sezonul de vegetație). Probele au fost recoltate lunar în sezonul rece (lunile noiembrie-martie) și bilunar, pe data de 1, respectiv 16 a fiecărei luni în sezonul de vegetație (lunile aprilie-octombrie). Precipitațiile colectate de la fiecare din cei doi captatori amplasați în teren liber au fost măsurate și amestecate pentru a obține o probă medie.

Suprafețele experimentale în care s-au făcut măsurători pentru determinarea fluxurilor ionilor minerali sunt prezentate în tabelul 1.

Metodele de analiză a parametrilor fizico-chimici ai apelor de precipitații recomandate de ICP Forests și cele utilizate în laboratorul Stațiunii I.C.A.S. Câmpulung Moldovenesc sunt prezentate în tabelul 2.

Pentru verificarea validității rezultatelor s-au folosit:

- balanțele ionice, mai ales pentru probele colectate din teren liber. În acest scop s-au comparat suma cationilor cu suma anionilor, exprimate în $\text{}\mu\text{eq/l}$.

- compararea conductivității calculate cu conductivitatea măsurată, mai ales în cazul probelor colectate sub coronament;

- reanalizarea a cel puțin 5 % din totalul probelor intrate în laborator;

- analizarea a cel puțin două probe sintetice în fiecare serie de 20-30 probe reale de precipitații pentru verificarea preciziei de măsurare și reanalizarea întregii serii în cazul în care abaterile pentru probele sintetice au depășit $\pm 10\%$;

- participarea la exerciții de intercalibrare cu laboratoare din țară (A.P.M. Suceava, A.P.M. Bacău, Universitatea București - Facultatea de Geografie) și din străinătate (INRA Nancy, CNRS Nancy, Franța, AQUACON-Ispra Italia) (Iacoban, 1998, 2000).

Calcularea fluxurilor de protoni și de ioni minerali s-a făcut pe baza formulelor:

$$\text{Fluxul de H}^+ = 10^4 \times \sum p_i \times 10^{-\text{pH}_i},$$

unde:

Fluxul de protoni - cantitatea de protoni intrată, exprimată în g/ha/an ;

p_i - cantitatea de precipitații, în mm, corespunzătoare perioadei i (o lună în sezonul rece, respectiv 15 zile în sezonul de vegetație);

pH_i - valoarea pH-ului corespunzătoare perioadei i .

$$\text{Fluxul de ioni } Q = \frac{\sum p_i \cdot 10^{-\text{pH}_i}}{100}$$

Tabelul 1. Localizarea suprafețelor experimentale pentru determinarea depunerilor atmosferice în ecosistemele forestiere din România (Barbu, 1997)

Location of sites for atmospheric deposition in forest ecosystems from Romania (Barbu, 1997)

Nr. crt.	Suprafața experimentală	Longitudine	Latitudine	Altitudine (m)
1.	Solca	25° 50'48"	47° 44'22"	51
2.	Deia	25° 34'02"	47° 32'43"	790
3.	Rarău	25° 32'11"	47° 28'34"	1100
4.	Fundata	25° 16'11"	45° 25'59"	1461
5.	Mihăiești	24° 59'63"	45° 01'47"	573
6.	Ștefănești	26°10'	44° 31'	90

Tabelul 2. Metodele de analiză a parametrilor apelor de precipitații prevăzute de manualul ICP Forests și metodele folosite în laboratorul I.C.A.S. Câmpulung Moldovenesc
Methods of analysis of rainfall parameters accepted by ICP Forests manual and methods used in the I.C.A.S. laboratory, Campulung Moldovenesc

Parametru	Metodă de analiză acceptată de manualul ICP Forests *	Metodă recomandată de ICP Forests	Metodă folosită în laboratorul ICAS Câmpulung Mold.	Sursa bibliografică a metodei ICAS
pH	Potențiometrie	-	Potențiometrie	EMEP, 1996
Sulfat (S-SO ₄ ²⁻)	Cromatografie ionică Spectrofotometrie, de ex. metoda thordin Diluție izotopică Determinare potențiometrică	Cromatografie ionică	Spectrofotometrie, metoda thordin	EMEP, 1996
Azotat (N-NO ₃ ⁻)	Cromatografie ionică Spectrofotometrie, de ex. metoda Griess Metoda cu electrod ion - selectiv	Cromatografie ionică	Spectrofotometrie, metoda cu salicilat de sodiu	Rodier, 1984 EMEP, 1996
Cloruri (Cl ⁻)	Cromatografie ionică Spectrofotometrie, metoda cu tiocianat mercuric Titrare cu Ag NO ₃	Cromatografie ionică	Spectrofotometrie, metoda cu tiocianat mercuric	EMEP, 1996
Amoniu (N-NH ₄ ⁺)	Spectrofotometrie, de ex. met. cu indofenol Metoda cu electrod ion-selectiv	-	Spectrofotometrie, metoda cu reactiv Nessler	Mănescu și al., 1994
Cationi bazici: Na, K, Ca, Mg	Spectrofotometrie cu absorbție atomică - Spectrofotometrie cu emisie ICP	-	Spectrofotometrie cu absorbție atomică	EMEP, 1996

unde:

Fluxul de ioni Q - cantitatea de ioni Q, exprimată în kg/ha/an

p_i - cantitatea de precipitații, în mm

c_i - concentrația ionului Q, corespunzătoare perioadei i , în mg/l.

Pentru a pune în evidență tendința de evoluție a fluxurilor ionilor minerali în suprafețele experimentale studiate s-au comparat valorile fluxurilor determinate în anul 2002 cu media fluxurilor înregistrate în perioada 1998-2001. Deoarece în anul 2002 datele obținute în ecosistemele din nordul țării au fost incomplete și nu au permis cal-

cularea fluxului anual, în lucrarea de față se vor compara fluxurile ionilor minerali obținute în ecosistemele forestiere din sudul țării în anul 2002 cu cele obținute în perioada 1998-2001. Cantitatea anuală de precipitații influențează fluxurile ionilor minerali și de aceea s-au comparat și cantitățile de precipitații corespunzătoare perioadei precizate.

3. Rezultate

Analizând graficele din figura 1, se constată că în teren liber, fluxul precipitațiilor a fost mai scăzut în anul 2002 la Fundata (cu

20 %) și Mihăiești (cu 15 %) decât media obținută în perioada 1998-2001, în schimb la Ștefănești s-a înregistrat o creștere a cantității de precipitații căzute cu aproximativ 20 %.

Aciditatea precipitațiilor colectate în teren liber, calculată pe baza valorilor pH-ului, a crescut cu 9 % la Fundata, fluxul de protoni în 2002 ajungând la valoarea de 77

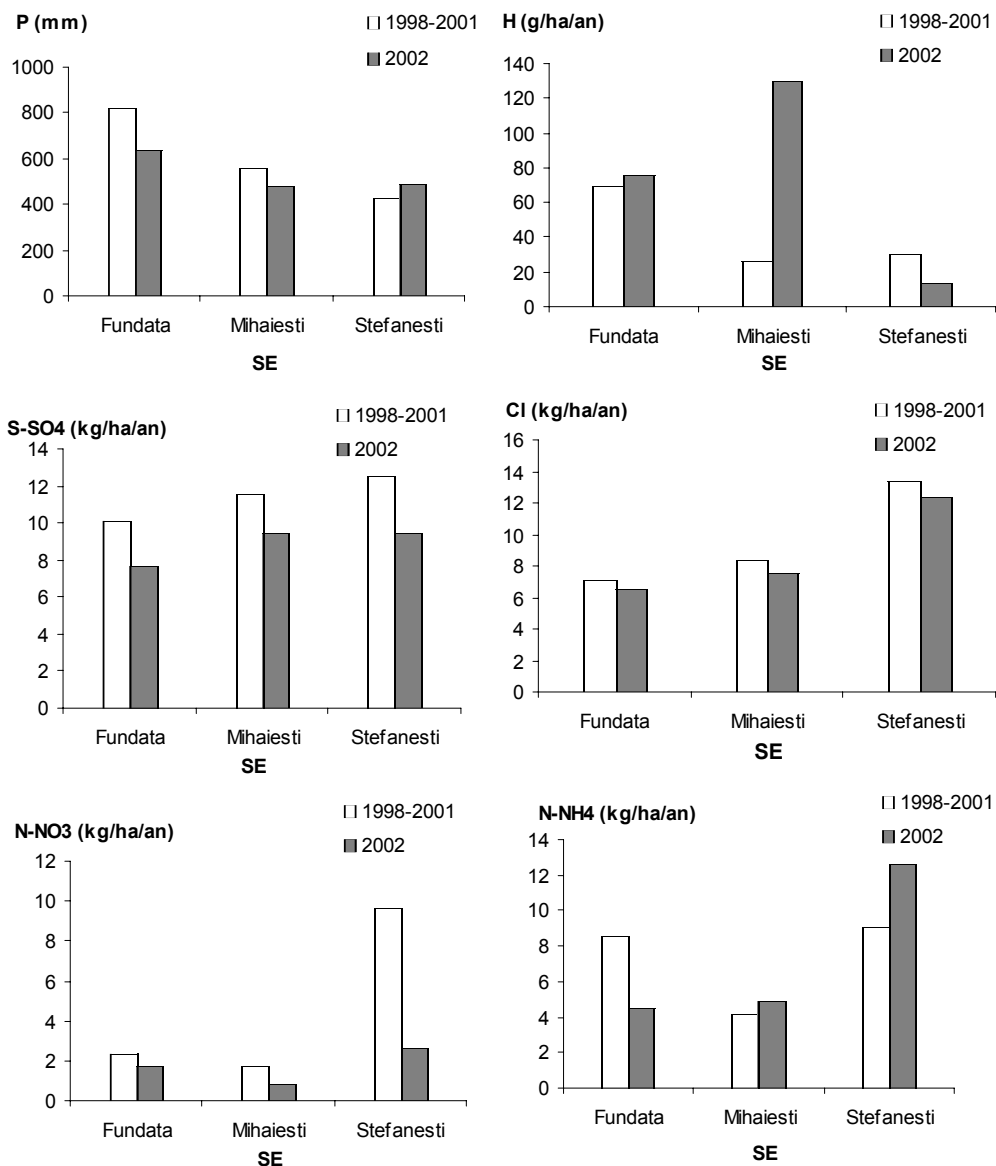


Fig. 1. Comparație între fluxurile precipitațiilor și depunerile totale de ioni H⁺, S-SO₄, Cl, N-NO₃ și N-NH₄ determinate în 1998-2001 și cele măsurate în 2002 în teren liber
 Comparison between precipitation fluxes and bulk deposition of the ions H⁺, S-SO₄, Cl, N-NO₃ and N-NH₄ determined in 1998-2001 and those measured in 2002

g H⁺/ha/an. La Mihăiești s-a înregistrat o creștere de aproape 6 ori a acidității, de la valoarea medie de 23 g H⁺/ha/an calculată pentru perioada 1998-2001 la 130 g H⁺/ha/an în 2002. Această evoluție se poate datora perioadei de 3 luni fără precipitații de la începutul anului 2002, urmată de lunile de vară și toamnă cu precipitații acide abundente (precipitațiile colectate la 1 august au totalizat 90 mm, pH-ul fiind de 3,97 unități, deci doar în două săptămâni în ecosistemul de la Mihăiești au intrat 96,4 g H⁺, adică 74 % din intrările de protoni înregistrate în anul 2002). Spre deosebire de Fundata și Mihăiești, la Ștefănești se înregistrează o scădere a intrărilor de protoni cu peste 50 %. Se remarcă faptul că scăderea fluxului precipitațiilor corespunde creșterii fluxurilor de protoni (la Fundata și Mihăiești) și invers, creșterea fluxului precipitațiilor a coincis cu scăderea acidității acestora (la Ștefănești).

Fluxurile de ioni S-SO₄²⁻, N-NO₃⁻ și Cl⁻ s-au redus în teren liber în toate suprafețele studiate în anul 2002, comparativ cu fluxurile medii înregistrate în perioada 1998-2001. Pentru ionul sulfat, depunerile s-au redus de la 10-12,5 kg S-SO₄²⁻/ha/an în 1998-2001 la valori cuprinse între 8-10 kg S-SO₄²⁻/ha/an în 2002. Pentru ionul Cl⁻ depunerile s-au redus cu 7-10 %. La nivelul anului 2002, fluxurile ionului Cl⁻ au fost cuprinse între 6-8 kg/ha/an la Fundata și Mihăiești, în timp ce la Ștefănești intrările de ioni clor au fost de aproximativ două ori mai ridicate, totalizând peste 12 kg /ha /an.

În cazul ionului N-NO₃⁻, fluxul s-a redus cu 29 % la Fundata, cu 54 % la Mihăiești și cu 73 % la Ștefănești (de la 9,7 kg/ha/an la 2,6 kg/ha/an). Depunerile de ioni azotați au înregistrat cele mai importante reduceri din-

tre anionii studiați, în anul 2002 valorile fiind mai scăzute de 3 kg N-NO₃/ha/an în toate suprafețele studiate.

Pentru ionul N-NH₄⁺, fluxul a scăzut doar la Fundata la aproximativ jumătate față de perioada anterioară, în schimb la Mihăiești și Ștefănești s-a constatat o creștere a fluxului în ioni amoniu. Valorile fluxului determinate pentru anul 2002 s-au situat în jur de 4,5 kg N-NH₄⁺/ha/an la Fundata și Mihăiești, în schimb la Ștefănești au depășit 12 kg N-NH₄⁺/ha/an.

Graficele din figura 2 indică o scădere de 3-4 ori a fluxurilor de metale (Na, Mg, Ca) în suprafața experimentală Ștefănești în anul 2002, comparativ cu media determinată pentru perioada 1998-2001, probabil datorită reducerii sau chiar sistării activității unor întreprinderi poluatoare. La Fundata și Mihăiești, fluxul de ioni Na a înregistrat o creștere de 15-40 %, în schimb în cazul ionilor Mg și Ca se constată o scădere a fluxului, dar nu atât de accentuată ca la Ștefănești. Valorile depunerilor de Mg se situează sub 3,5 kg /ha /an în toate suprafețele experimentale studiate.

Scăderea fluxului ionului Ca²⁺ în toate suprafețele experimentale prezintă importanță deosebită datorită implicării acestui ion în neutralizarea depunerilor acide. La Fundata și Mihăiești, fluxurile de ioni Ca au scăzut de la 13-15 kg/ha/an, la 6-8 kg/ha/an, iar la Ștefănești depunerile de Ca au scăzut de la 37 la 13 kg/ha/an.

Pentru K se observă o scădere a cantităților intrate cu aproximativ 40 % la Fundata, în timp ce la Mihăiești și Ștefănești intrările de potasiu au crescut cu 9-11 % în 2002 față de media valorilor din 1998-2001. Dacă la Fundata depunerile de K au fost în jur de 3,5 kg/ha/an, la Mihăiești și Ștefănești valorile au fost relativ duble (8,8 kg/ha/an la

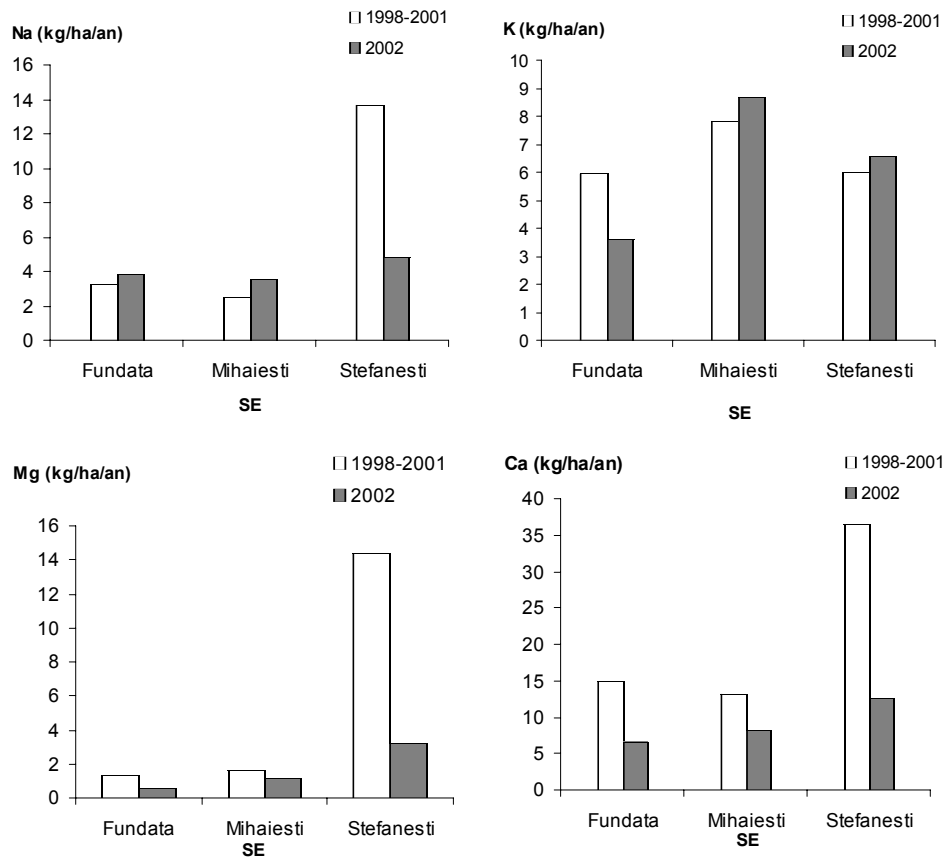


Fig. 2. Comparație între depunerile totale de ioni Na, K, Mg și Ca determinate în 1998-2001 și cele măsurate în 2002 în teren liber
Comparison between bulk deposition of the ions Na, K, Mg and Ca determined in 1998-2001 and those measured in 2002

Mihăiești și 6,5 kg/ha/an la Ștefănești).

Deși pentru cationii Na și K nu se poate stabili o tendință clară de evoluție, în cazul cationilor de Ca și Mg s-a constatat tendința evidentă de scădere a fluxurilor în 2002 față de 1998-2001 cu 39-66 % pentru Ca, respectiv cu 31-78 % pentru Mg.

În tabelul 3 sunt prezentate valorile medii ale fluxurilor ionilor minerali pentru nordul și sudul țării în perioada 1994-2002.

Se constată că valorile determinate pentru intrările de ioni N-NO_3^- și N-NH_4^+ în 1994 la Agenția de Protecția Mediului

Suceava sunt apropiate de valorile medii determinate la I.C.A.S. Câmpulung în perioada 1998-2001. Metodele de analiză folosite în cele două laboratoare au fost aceleași și sunt specificate în tabelul 2. Pentru ionii S-SO_4^{2-} și Cl^- însă, valorile obținute în 1994 sunt aproape duble față de cele înregistrate în perioada 1998-2001. metodele de analiză pentru acești doi ioni au fost diferite.

Comparând fluxurile medii obținute în perioada 1998-2001 în nordul țării cu cele din sud din aceeași perioadă se constată că pentru majoritatea ionilor, cu excepția H^+ și

Cî valorile obținute sunt relativ egale sau mai ridicate în sud decât în nord, mai ales în cazul ionilor $S-SO_4^{2-}$, Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} (cu 33 până la 128 % , raportat la medie).

Analizând cantitățile de ioni minerali intrate în ecosistemele din sudul țării în anul 2002 și cantitățile medii intrate în perioada 1998-2001 se constată următoarele:

- o creștere a intrărilor de protoni de la 42 g/ha/an la 74 g/ha/an. Aceasta se explică prin reducerea mai accentuată a depunerilor totale de cationi (mai ales Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+) față de reducerea depunerilor de anioni (Cl^- , $S-SO_4^{2-}$, $N-NO_3^-$);

- reducerea fluxurilor de anioni (Cl^- , $S-SO_4^{2-}$, $N-NO_3^-$);

- menținerea relativ constantă a depunerilor de ioni amoniu;

- reducerea intrărilor de azot mineral total ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$);

- reducerea intrărilor de ioni metalici (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}).

Se poate afirma că pe baza măsurătorilor efectuate în trei ecosisteme forestiere din sudul țării, în perioada 1998-2002, la nivelul anului 2002 se constată o tendință generală de reducere a fluxurilor ionilor minerali comparativ cu perioada 1998-2001. Rezultatele obținute vor putea fi corelate cu evoluția stării de sănătate a pădurilor din România pentru perioada analizată.

4. Discuții

Ionul sulfat prezent în precipitațiile colectate în teren liber provine în principal din activitățile industriale (Ulrich, 2002). Scăderea intrărilor de ioni sulfat din atmosferă în ecosistemele forestiere studiate în anul 2002 comparativ cu intervalul 1998-

2001 este rezultatul sistării activității unor întreprinderi cu tehnologii învechite, puternic poluatoare din țară, dar și o consecință a aplicării celor două protocoale de reducere a emisiilor de sulf la nivel european, primul adoptat în 1985, care prevedea reducerea emisiilor înregistrate la nivelul anilor 1980 cu 30 % până în 1993, iar al doilea, adoptat în 1994, care impunea reducerea în continuare a emisiilor de sulf de către fiecare din țările semnatare, până în anul 2000 (Ukonmaanaho, 2001). În anul 2002, depunerile atmosferice de ioni sulfat s-au redus cu 19-25 % în suprafețele experimentale din sudul României luate în studiu, comparativ cu valorile medii determinate în perioada 1998-2001.

Ionul azotat este un compus caracteristic poluării determinate de traficul rutier (Ulrich, 2002). Scăderea accentuată a fluxurilor de ioni azotat (cu 29-73 %) în ecosistemele din sudul României poate fi deci rezultatul reducerii emisiilor de oxizi de azot pe plan național, dar și consecința aplicării la nivel european a protocolului privind controlul emisiilor de oxizi de azot adoptat la Sofia în 1988 (Convention on Long - Range Transboundary Air Pollution, CLRTAP, 2003). Protocolul prevede menținerea emisiilor și a transportului la distanță a oxizilor de azot la nivelul celor înregistrate în 1987 sau reducerea emisiilor comparativ cu acest an. În 1994, la nivel european, emisiile s-au redus cu până la 9 %. 19 din cele 25 de state semnatare ale protocolului și-au menținut constante sau au redus emisiile de NO_x față de anul de referință. Deși România nu este semnatară a acestui protocol, în suprafețele studiate s-a înregistrat o scădere accentuată a intrărilor de ioni azotat în 2002 comparativ cu 1998-2001.

Ionul amoniu, răspunzător alături de ionul azotat de procesele de acidifiere și nitrificare este în principal un indicator al

activităților agricole, mai ales zootehnice (Pearson și Stewart, 1993, citați de Amezaga și al, 1997; Ulrich, 2002). Deoarece acest ion se depune mai aproape de sursele de emisie decât ceilalți compuși, creșterea fluxurilor în 2002 față de 1998-2001, în suprafețele experimentale de la Mihăiești și Ștefănești se poate datora în principal intensificării activităților agricole din zonele învecinate.

Ionii sodiu și clor sunt în mare parte de origine marină (Ulrich, 2002). Scăderea accentuată (cu 65 %) a fluxului ionilor de sodiu în suprafața experimentală Ștefănești în 2002 față de perioada 1998-2001 sugerează totuși că în acest caz ionul sodiu a provenit dintr-o sursă de poluare industrială, a cărei activitate a fost probabil redusă sau sistată. Deoarece în suprafețele experimentale de la Fundata și Mihăiești s-au înregistrat creșteri ale fluxurilor de ioni sodiu, nu se poate vorbi de o tendință clară de evoluție a intrărilor în sudul României. Pentru ionul Cl⁻ s-a constatat scăderea fluxurilor cu 7-10 % în toate cele trei ecosisteme studiate.

Ca²⁺, Mg²⁺ și K⁺ sunt în general de origine terestră (Ulrich, 2002), dar pot proveni și din procese industriale, producția de energie și din traficul rutier (Ukonmaanaho, 2001). K⁺, care este cel mai mobil element din materialul foliar (80-90 % din K total este solubil în apă (Clement, 1989), poate să provină și din polen sau resturi vegetale depuse pe captatori, mai ales în suprafețe experimentale situate în apropierea ecosistemelor forestiere, cum sunt cele amplasate în cadrul prezentului studiu.

Rezultatele din tabelul 3 privind fluxurile ionilor S-SO₄²⁻ și Cl⁻ determinate în nordul României în 1994, respectiv 1998-2001 trebuie interpretate cu prudență, având în vedere că metodele de analiză utilizate pentru acești doi ioni au fost diferite în cele

doi laboratoare. Analizele efectuate în 1997 pentru ionul Cl⁻ la o serie de 14 probe au permis obținerea unor rezultate sistematice mai ridicate la A.P.M. Suceava decât la I.C.A.S. Câmpulung, punând în evidență o tendință de supraestimare a metodei titrimetrică folosite la A.P.M. comparativ cu cea colorimetrică folosită la I.C.A.S. Metoda turbidimetrică de determinare a ionului S-SO₄²⁻ nu a dat rezultate satisfăcătoare la analiza probelor sintetice cu concentrații apropiate de cele ale apelor de precipitații și apelor de suprafață, analizate de laboratoarele participante la exercițiile de intercalibrare AQUACON (Mosello, 1995, 2002) și nu se numără printre metodele acceptate de Manualul ICP Forests (Programme Coordinating Centres, 1994) pentru analiza probelor de precipitații.

Valorile medii ale fluxurilor de ioni S-SO₄²⁻, Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ pentru perioada 1998-2001 au fost mai ridicate în sudul României comparativ cu zona de nord probabil datorită prezenței fabricii de ciment de la Câmpulung Muscel la o distanță de 30-50 km de suprafețele experimentale instalate la Fundata și Mihăiești, precum și localizării suprafeței de la Ștefănești în apropierea Bucureștiului, deci a unei aglomerări urbane cu numeroase centre industriale.

În tabelul 4 sunt prezentate fluxurile principalelor ioni minerali în țări sau zone ale Europei pentru perioada 1993-1998, pentru compararea valorilor cu cele obținute în România. Compararea se poate face la un nivel foarte general, în principal pe baza tendințelor plurianuale și nu luând în considerare depunerile anuale, deoarece perioadele de calcul ale depunerilor sunt diferite și numărul de suprafețe experimentale este foarte variabil. Probabilitatea de a obține valori ridicate ale depunerilor crește cu numărul suprafețelor ex-perimen-

tale instalate, datorită dificultății de a găsi suprafețe reprezentative pentru o regiune vastă pentru instalarea suprafețelor experimentale (Ul-rich, 2002). De exemplu, numărul de suprafețe experimentale luate în studiu în Austria, mai mare decât în Franța (raportat la suprafața țării) și decât în restul țărilor constituie probabil cauza înregistrării frecvente a unor valori maxime ale depunerilor în Austria.

Analizând datele din tabelul 4 obținute în Europa și comparându-le cu cele din tabelul 3 determinate în România, se pot face următoarele aprecieri:

- intrările medii de protoni înregistrate în România sunt reduse raportate la valorile medii și intervalele de variație înregistrate în alte țări europene;

- fluxurile de ioni sulfat determinate în România în perioada 1994-2002 se încadrează în categoria depunerilor mijlocii și chiar ridicate ale depunerilor acestui ion în Europa, la nivelul anilor 1993-1998;

- intrările de ioni clor în ecosistemele din

România sunt comparabile cu cele înregistrate în Austria și se situează la jumătatea celor obținute în Franța, unde influența marină este importantă. Deci fluxurile de ioni clor sunt reduse și mijlocii, raportate la valorile obținute în alte țări europene;

- fluxurile de ioni azotat în țara noastră sunt comparabile cu cele înregistrate în Franța, Germania, Austria, Belgia și Norvegia și mai ridicate decât cele măsurate în Finlanda, care sunt foarte reduse;

- depunerile de ioni amoniu sunt ridicate în România, comparabile cu valorile determinate în Germania și depășindu-le pe cele înregistrate în celelalte țări europene specificate în tabelul 4;

- pentru ionii metalici (K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) valorile depunerilor totale determinate în țara noastră sunt comparabile sau mai ridicate decât cele obținute în alte țări din Europa (mai ales în cazul ionului Ca^{2+});

- depunerile de ioni sodiu măsurate în România se încadrează în categoria celor relativ reduse, prin comparație cu valorile

Tabelul 3. Depunerile medii anuale masurate în teren liber între 1994 și 2002, în nordul și sudul României
The mean annual bulk deposition measured from 1994 to 2002 in the North and South Romania

Zona și anul/perioada	Nr. suprafețe experimentale	H g/ha	Cl kg/ha	S-SO ₄ kg/ha	N-NO ₃ kg/ha	N-NH ₄ kg/ha	N-(NO ₃ +NH ₄) kg/ha	K kg/ha	Mg kg/ha	Ca kg/ha	Na kg/ha	Sursa
Nordul României, * 1994	3	-	21,8	12,6	3,0	7,1	10,1	-	-	-	-	Barbu și Dițoiu, 1995
Nordul României, **1998-2001	3	46	12,3	6,9	4,8	6,0	10,8	5,5	1,3	15	2,9	Această publicație
Sudul României, 1998-2001	3	42	9,6	11,4	4,6	7,2	11,8	6,6	6,8	21	6,5	Această publicație
Sudul României, 2002	3	74	8,8	8,8	1,7	7,3	9,0	6,3	1,6	9	4,0	Această publicație

Notă: * Suprafețe experimentale: Rădăuți - Fălticeni, Câmpulung, Vatra Dornei

** Suprafețe experimentale: Solca, Rarău, Deia, localizate conform tabelului 1

Tabletul 4. Depunerile medii anuale măsurate în teren liber între 1993 și 1998, în diferite zone ale Europei (* și ** au semnificația din tabelul 1)
The mean annual bulk deposition measured from 1993 to 1998 in different regions of Europe (* and ** have the significance from table 1)

Zona și perioada	Nr. supr. exp.	H g/ha	Cl kg/ha	S-SO ₄ kg/ha	N-NO ₃ kg/ha	N-NH ₄ kg/ha	N-(NO ₃ +NH ₄) kg/ha	K kg/ha	Mg kg/ha	Ca kg/ha	Na kg/ha	Sursa
Franța 1993-1996	28	122-17-232	21-4-85	7-4-19	4-2-8	5-2-11	9-4-19	2-1-4	2-0-7	7-2-18	12-2-49	Ulrich et al., 1998
RENECOFOR												
Franța 1993-1998	27	114-6-611	21,1-2,7-112,7	6,7-2,9-24,1	3,5-1,6-10,7	5-0,9-14,1	8,5-2,5-24,8	1,6-0,3-5,2	1,7-0,1-8,2	6,3-2,0-27,1	12,2-1,2-64,0	Ulrich et al., 2002
CATAENAT												
Germania, 1995	66	-	-	4,2-20,0	2,3-10,3	2,6-13,9	4,9-24,1	-	-	-	-	* Hausmann și Lux, 1997
Austria, 1996-1998	20	140	9,5	5,4	3,4	5,1	8,5	6,1	3,2	7,9	11,2	* Smidt, 1999
Belgia, Valonia 1997	2	20-50	30,5-41,2	16,6-33,7	5,1-5,7	3,8-6,9	8,9-12,6	13,8-18,9	1,7-2,3	11,6-22,7	11-20,9	* Unite des Eaux et Forets, 1998
Norvegia, 1992-1993	20	37-712	1-183,7	13-17,1	0,4-8,7	0,3-7,2	0,7-15,9	0,9-5,1	0,1-11,5	0,3-3,9	0,6-105,9	* Aamlid, 1993, 1994
Finlanda, 1989-1997	6	139-71-197	-	2,4-1,2-3,7	1,1-0,1-1,9	0,9-0,2-1,7	2,0-0,3-3,6	0,3-0,2-0,5	0,15-0,1-0,2	0,5-0,2-0,9	1,0-0,5-1,7	Ukonmaanah o, 2001
Europa**, 1995	50-60	-	-	1,6-32,0	-	-	0,7-14,0	0,8-27,3	0,2-8,4	0,4-20,0	-	UN-ECE, 1998

determinate în celelalte țări europene.

5. Concluzii

În intervalul 1998-2002 în ecosistemele forestiere din sudul României s-a manifestat tendința generală de reducere a depunerilor de anioni S-SO₄²⁻ (cu 19-25%), N-NO₃ (cu 29-73%) și Cl (cu 9-10%) în anul 2002 comparativ cu depunerile medii înregistrate în perioada 1998-2001, ca o consecință a reducerii emisiilor la nivel național, dar și a scăderii emisiilor și transportului la distanță a poluanților la nivel european.

Pentru cationii N-NH₄⁺, Na⁺ și K⁺ nu s-a putut stabili o tendință clară de evoluție, în schimb s-a conturat reducerea accentuată a fluxurilor de cationi Ca²⁺ și Mg²⁺ în toate cele 3 suprafețe studiate cu 31-78% în anul 2002 comparativ cu mediile din intervalul 1998-2001.

Ca urmare a scăderii mai accentuate a intrărilor de cationi comparativ cu intrările de anioni, având în vedere necesitatea echilibrării balanței ionice, intrările de protoni au

crescut la Fundata și Mihăiești și au înregistrat o scădere la Ștefănești.

În intervalul 1998-2001, valorile medii ale fluxurilor de ioni H^+ și Cl^- au fost mai ridicate (cu 9 %, respectiv 25 %, raportat la medie) în nordul României decât în sud, în schimb pentru ceilalți ioni minerali fluxurile au avut valori medii comparabile ($N-NO_3^-$) sau mai scăzute ($S-SO_4^{2-}$, $N-NH_4^+$, K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) în nord decât în sud.

Intrările de protoni, ioni sodiu și clor în România în perioada 1998-2002 au fost relativ reduse comparativ cu cele determinate în alte zone ale Europei, în perioada 1993-1998. Depuneri mijlocii și ridicate s-au determinat pentru ionul sulfat, iar pentru ionii amoniu și ionii metalici (K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) valorile înregistrate în România au fost ridicate comparativ cu cele măsurate în Europa.

Bibliografie

- Amezaga, I., Gonzales, A., Domingo, M., Echeandia, A., Onaindia, M., 1997. Atmospheric deposition and canopy interactions for conifer and deciduous forests in Northern Spain, *Water, Air and Soil Pollution* 97: 303-313.
- Barbu, I., 1997. Cercetări privind dinamica depunerilor minerale din atmosferă și nutriția speciilor de arbori în principalele ecosisteme forestiere, referat științific final, tema A24 (5.5)/1997, I.C.A.S., 119 p.
- Barbu, I., Dițoiu, V., 1995. Cercetări asupra conținutului în ioni poluanți al apelor din precipitațiile căzute în județul Suceava în perioada 1991-1994, *Bucovina Forestieră*, 2: 37-49.
- Clement, A., 1989. Equilibre ionique du tissu foliaire de l'épicea - *Picea abies* Karst. - et du pin noir d'Autriche - *Pinus nigra* Arnold ssp. *Nigricans*. These pour Docteur d'état - et sciences, Institut National Polytechnique de Lorraine, France, 382 p.
- CLRTAP, 2003. Web: <http://www.unece.org/env/lrtap/>. Accesat 2003.
- De Vries, W., Reids, G.J., Deelstra, H.D., Klap, J.M., Vel E.M. (Eds.), 1998. Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical report, EC, UN/ECE, Brussels, Geneva, 104 p.
- EMEP, 1996. Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe. Manual for sampling and chemical analysis, EMEP/CCC-Report 1/1995, Norwegian Institute for Air Research, Kjeller, Norway
- Iacoban, C., 1996. Aspecte privind repetitivitatea și repetabilitatea rezultatelor obținute la analiza unor parametri ai apelor de precipitații, *Bucovina Forestieră*, 1-2: 47-53.
- Iacoban, C., 1998. Rezultatele obținute în cadrul proiectului AQUACON la analiza probelor de precipitații și a apelor de suprafață de către laboratorul I.C.A.S. Câmpulung Moldovenesc, *Bucovina Forestieră*, 1-2: 25-33.
- Iacoban, C., 2000. Comparabilitatea rezultatelor obținute la analiza unor parametri ai apelor de precipitații, *Bucovina Forestieră* 2: 3-14
- Mănescu, S., Cucu, M., Diaconescu, M. L., 1994. *Chimia sanitară a mediului*, Ed. Medicală, București, 384 p.
- Mosello R., Bianchi, M., Geiss, H., Marchetto, A., Serrini, G., Serrini-Lanza, G., Tartari, G.A. and Muntau, H., 1995. AQUACON - MedBas Subproject N°6. Acid rain analysis. Intercomparison 1/94, Joint Research Centre European Commission. EUR 16332 EN, 44 p.
- Mosello R., Tartari, G.A., Bianchi, M., Brizzio, M.C., Giuliano, R., Marchetto, A., Polesello, S., Rembges, D. and Muntau, H., 2002. AQUACON - MedBas Subproject N°5. Freshwater analysis. Intercomparison 2000, Joint Research Centre European Commission. EUR 20427 EN, 114 p.
- Programme Coordinating Centres, Hamburg and Prague (eds), 1994. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assesment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, 177 p.
- Rodier J. 1984. *L'analyse de l'eau*. Dunod. Orleans, 1365 p.
- Ukonmaanaho, L., Starr, M., 2001. Major nutrients and acidity: trends and budgets over nine year period in four remote boreal stands at Finland, in vol. *Canopy and soil interaction with deposition in remote boreal forest ecosystems: a long-term integrated monitoring approach*, Finish Forest Research Institute, Helsinki, ISBN 951-

40-1796-X

Ulrich, E., Lanier, M., Combes, D., 1998: Dépôts atmosphériques, concentrations dans les brouillards et dans les solutions du sol (sous-reseau CATAENAT). Rapport scientifique sur les années 1993 à 1996. Ed.: Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2-84207-134-4, 135 p.

Ulrich, E., Coddeville, P., Lanier, M., 2002. Re-tombées atmosphériques humides en France entre 1993 et 1998, ADEME Editions, Paris, ISBN 2-86817-582-1, 123 p.

those determined in Europe.

Keywords: monitoring, bulk deposition, element fluxes, input

Summary

Trends in mineral ions depositions in forest ecosystems from Romania for the period 1998-2002

Bulk precipitation were collected in 6 stations located in forest ecosystems from north and south Romania, during 1998-2002. Samples were analysed in the laboratory for pH and the major anions and cations. For the 3 stations in the north only data from 1998 to 2001 were completed.

The fluxes of mineral ions in bulk deposition measured in 2002 for the 3 stations located in south Romania were compared to the means determined in 1998-2001. The inputs decreased for S-SO₄²⁻ (19-25 %), N-NO₃⁻ (29-73%) and Cl⁻ (cu 9-10%). For H⁺, N-NH₄⁺, Na and K⁺ no trends were clearly observed. Ca²⁺ and Mg²⁺ fluxes in bulk deposition decreased in 2002 with 39-66% and respectively 31-78% related to 1998-2001.

Comparison of the mean ions fluxes registered in the north and south Romania during 1998-2001 revealed that excepting for H⁺ and Cl⁻, which were higher in north than in south, for all the other ions the values determined in north were equal (N-NO₃⁻) or lower (S-SO₄²⁻, N-NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) than those measured in the south part of Romania.

Values of mineral ions inputs registered in Romania from 1998 to 2002 were compared to those calculated in some zones of Europe from 1993 to 1998. Fluxes of H⁺, Cl⁻ and Na⁺ were relatively low compared to those from Europe. The S-SO₄²⁻ fluxes were moderate and high and the N-NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ were high in Romania related to

Autorul. Ing. Carmen Iacoban este cercetător principal III în cadrul Stațiunii Experimentale de Cultura Molidului, Calea Bucovinei 73, 5950 Câmpulung Moldovenesc, jud. Suceava. E-mail: iacoban.carmen@icassv.ro.