

VALORIFICAREA DIAGNOZEI FOLIARE

VALENTIN BOLEA², DĂNUȚ CHIRA¹, TOM OP'T EYNDT³,
VLADIMIR GNACZ¹, MARIUS POPA⁴, CARMEN IACOBAN⁴,
FLORIN DINULICĂ⁵, DAN PEPELEA², COSTEL MANTALE²

¹ Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice, București, Romania

² Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice, Stațiunea Brasov

³ Geografic Information Management - Leuven, Belgia

⁴ Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice - Stațiunea Câmpulung Moldovenesc

⁵ Facultatea de Silvicultura și Exploatare Forestiere, Brașov

Abstract

EXPLOITATION OF LEAF ANALYSES

The basic data of the pollution through leaf analyses of forest species, combined with GIS tool may be used: (i) as a method for air quality the biomonitoring in forest ecosystems and urban and peri-urban areas; (ii) to make evident the pollution sensibility of trees depending on the capacity of chlorine, sulphur, copper, zinc, or calcium metabolism; (iii) as technical recommendations concerning the management of forest species depending on the nutritional values proposed in European literature on the nutritional intensity and balance and on the connection between nutrient elements and other chemical elements

Keywords: foliar diagnosis, biomonitoring, forest ecosystems, urban areas, pollution sensibility of trees

Rezumat

Diagnoza foliară, completată cu facilitățile Sistemului Informatic Geografic (GIS), oferă celor care gospodăresc pădurile și zonele verzi urbane sau rurale: i) o metodă simplă dar precisă de bioevaluare și biosupraveghere în timp a calității aerului, pe tipuri de ecosisteme, pe sectoare topoclimatice, pe cartiere sau pe artere de circulație, o metodă care pune la dispoziția autorităților hărți cu nivele de poluare, de mare utilitate pentru luarea deciziilor; ii) o formă de testare a sensibilității la complexul local de noxe a diferitelor specii lemnoase, în raport cu pragurile de toxicitate europene, o testare care poate sta la baza reabilitării zonelor verzi și a reconstrucției ecologice a ecosistemelor forestiere degradate prin poluare;

iii) soluții practice de însănătoșire și revigorare a arborilor, în baza cunoașterii stării lor nutriționale în raport cu nivelurile de nutriție europene, a echilibrelor nutritive, a interacțiunilor dintre elementele nocive și cele nutritive, procese redate prin scheme explicative foarte sugestive sau sub formă de fișe introduse în baza de date computerizată și ca atribute în GIS.

În cazul obiectivelor industriale, instalate în apropierea fondului forestier sau a zonelor verzi, bioevaluarea calității aerului la instalare și biosupravegherea prin arbori de-a lungul timpului și înregistrarea în baza de date GIS, constituie garanția unor activități ecologice sub un control riguros, permanent și neafectat de subiectivism.

Cuvinte cheie: diagnoză foliară, bio-monitoring, sisteme forestiere, arii urbane, sensibilitatea arborilor la poluare

1. INTRODUCERE

Diagnoza foliară, în accepțiune mai largă, incluzând determinarea și interpretarea conținutului frunzelor și acelor în elemente minerale și simptomele foliare, este din ce în ce mai utilă atât în silvicultură cât și în zone verzi (Bolea și Chira, 2005).

Sistemul informatic geografic (GIS) permite valorificarea superioară a diagnozei foliare în cadrul metodei de biosupraveghere (Garrec și Haluwyn, 2002), prin arbori bioindicatori și bioacumulatori (Bolea și Chira, 2004).

Aplicată în premieră pe țară, în 2005, la bioevaluarea calității aerului în Brașov, metoda arborilor bioindicatori și bioacumulatori s-a dovedit relevantă, eficientă și educativă (Bolea, Chira, 2005).

Implementarea GIS în gospodărirea durabilă a zonelor verzi din Brașov a fost posibilă prin realizarea proiectului SUGRO "Services to support Urban Green management in Romania" finanțat de Guvernul Flamand din Belgia (63,7%), GIM - Geographic Information Management (14,5%), RNP- Regia Națională a Pădurilor - Romsilva (13,5%) și Primăria Brașov (8,2%).

Datele rezultate în urma analizelor foliare au fost introduse ca atribute în GIS, poziția geografică a arborilor eșantionați fiind determinată cu o acuratețe de ordinul metrilor prin utilizarea unei imagini de foarte înaltă rezoluție spațială, de tip IKONOS, georeferențiată pe baza unor repere determinate cu tehnologia GPS. Acest lucru a permis localizarea unor hărți de distribuție a poluării efective pentru fiecare element determinant (fig.1).

Trecând peste folosirea unor metode de analiză foliară conform standardelor europene (UNECE,1994), prezentate în lucrările anterioare (Bolea et al. 1998) și relevate în publicațiile anuale de intercalibrare internațională a laboratoarelor (Furst, 2006), prezenta lucrare scoate în evidență precizia științifică cu care se pot prezenta prin analiza varianței diferențele dintre capacitatea de metabolizare a elementelor minerale la diferite specii forestiere, sau dintre nivelurile de poluare cu un agent oarecare, în diferite stațiuni (fig.1). Se evidențiază gruparea relevantă a cartierelor din Brașov, pe niveluri de poluare cu o anumită noxă, pe baza dendrogramelor și caracterul pragmatic de diferențiere a nivelurilor de poluare pe sectoare topoclimatice, pe cartiere, sau pe artere cu diferite intensități de circulație.

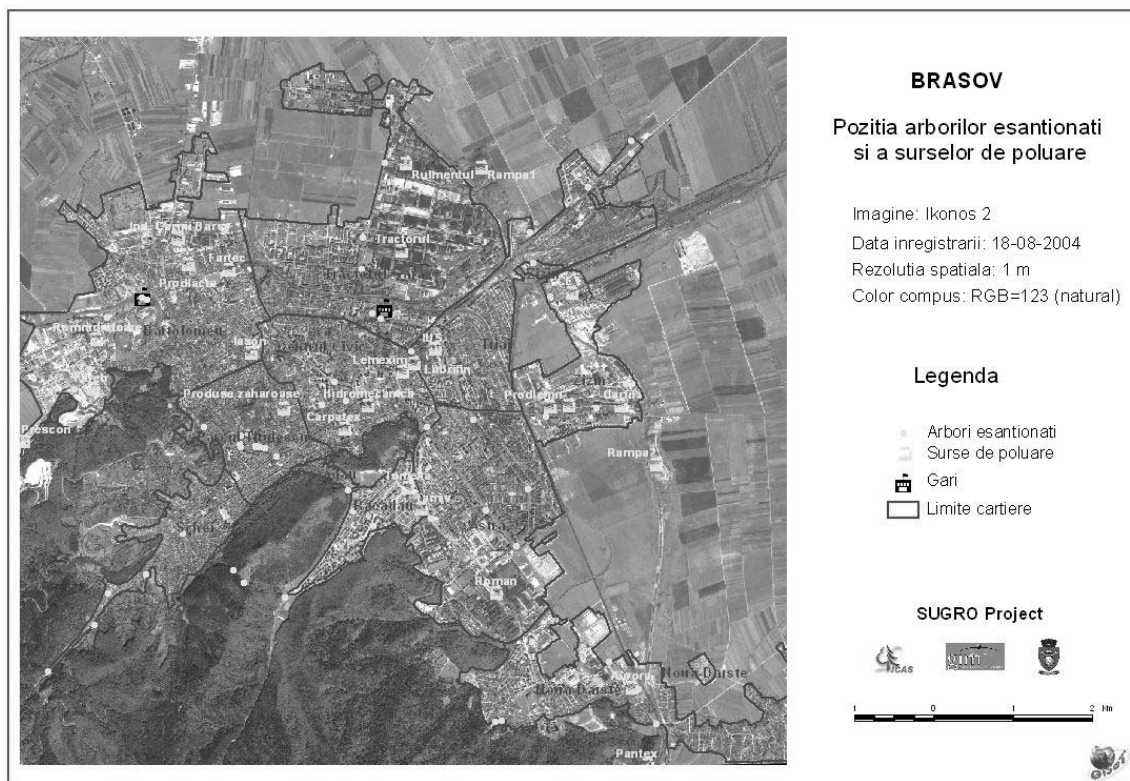


Fig. 1. Imaginea IKONOS utilizată ca suport cartografic și poziția arborilor eşantionați în cadrul proiectului SUGRO. Sunt reprezentate de asemenea poziția principalelor surse de poluare și limitele cartierelor din Braşov

IKONOS image used as cartographic support and trees sampling positions used within SUGRO project. Also are presented position of main pollution sources and Braşov districts limits

Se vor urmări recomandări practice de rehabilitare a zonelor verzi prin amendamente, fertilizări (cu îngrășăminte chimice sau naturale) drenuri, combaterea dăunătorilor, precum și caracterul educativ al schemelor, cu simptome și interacțiuni între noxe și elemente nutritive, care explică cauzalitatea și necesitatea recomandărilor.

2. BIOSUPRAVEGHEREA CALITĂȚII AERULUI

Biosupravegherea aerului se impune în pădurile din apropierea centrelor industriale poluatoare, în zonele verzi ale acestora și mai ales în Rezervațiile Biosferei, Parcurile Naționale și alte arii protejate.

Astfel, în molideto-făgetul înalt spre mijlociu productiv cu mull, pe soluri brune acide criptosporice litice, eumezobazice, hidric bine echilibrate, cu *Oxalis-Dentaria-Asperula*, din Parcul Național Rodna (U.P. X, u.a. 109A), analiza foliară a bioacumulatorilor de fag a evidențiat că nivelul de poluare cu dioxid de sulf în 1999

(fig. 2): nu s-a diferențiat semnificativ de făgetul mijlociu productiv cu mull pe soluri brune acide criptospodice, oligomezobazice, hidric echilibrate, cu *Oxalis-Dentaria-Asperula* de la Valiug. Acesta s-a diferențiat distinct semnificativ de făgetul de deal cu floră de mull de la Baia Mare și făgetul înalt productiv cu mull pe soluri brune eumezobazice, hidric echilibrate, cu *Oxalis-Asarum-Stellaria* de pe Warte. Deasemenea, s-a diferențiat foarte semnificativ de făgetul montan pe soluri schelete cu floră de mull de la Sinaia, amestecul de rășinoase și fag cu *Rubus hirtus* de la Poiana Brașov, făgetul de limită cu floră de mull de la Fundata-Rucăr și goruneto-făgetul cu *Festuca drymeia* de la Râul Târgului - Mihăiești.

O asemenea diferențiere, cu precizarea semnificației diferențelor dintre 9 specii, din 18 stațiuni s-a făcut în 1999, având ca termen de referință tot fagul din

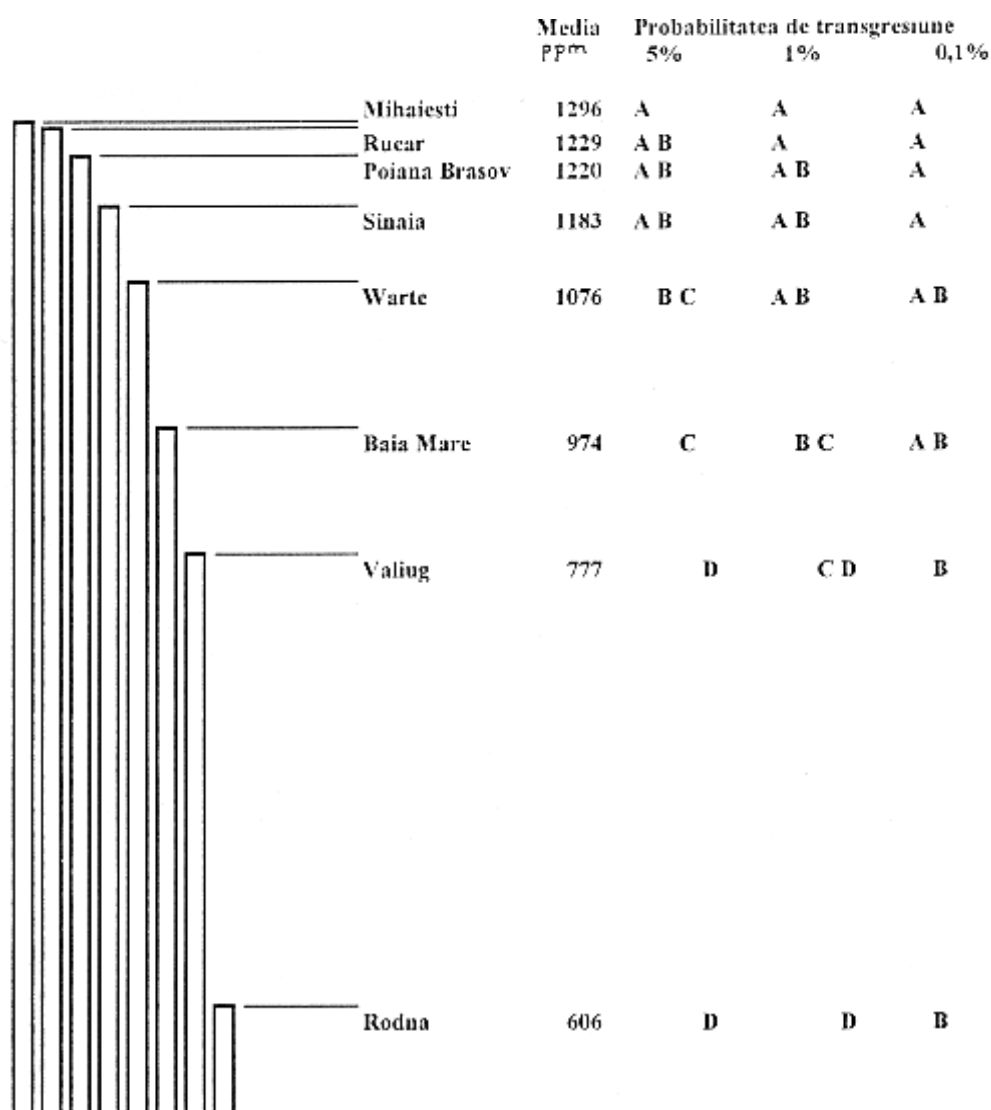


Fig.2 Conținutul mediu de sulf în frunzele de fag și semnificația diferențelor dintre populații 1999

Average sulphur content within beech leaves and the significance of population differences in 1999

Rezervația Munții Rodnei (Bolea et al., 2004).

Pe sectoarele topoclimatice din Brașov, diferențiate de Marcu (2004), nivelurile de poluare medie din 2004 s-au diferențiat în raport cu agentul poluator, pe baza unei rețele de câte 5 molizi în 11 cartiere (Bolea și Chira, 2005). Tot în Brașov, o rețea de câte 5 mesteceni în 13 cartiere, evidențiază în 2005 - tabelul 1 și figura 3 - depășiri ale nivelurilor de poluare față de cartierul cu nivelul inferior până la: i) - 495,6% la cupru în cartierele Gară- Tractorul; ii) - 354,9% la fier în cartierul Triaj; iii) - 162,6% la clor în cartierul Bartolomeu; iv) - 142,4% la plumb în cartierul Astra; v) - 118,8% la magneziu în cartierul Dârste; vi) - 108,7% la zinc în cartierul Schei; vii) - 65,5% la natriu în cartierul Astra; viii) - 64,8% la sulf în cartierul Noua; ix) - 61,9% la calciu în cartierul Zizin (CET); x) - 50,7% la fluor în cartierele Noua și Tractorul-Gară.

Cartierele Brașovului pot fi grupate după distanțele euclidiene dintre conținutul acelor de molid în elemente minerale, așa cum rezultă din diagramele alăturate (fig. 4). După poluarea cu SO₂ cartierele mai puțin poluate se grupează astfel: 1) Postăvarul - Tâmpa, Răcădau și Schei; 2) Parcul Titulescu și Tractorul-Gară; 3) Noua-Dârste și Triaj; 4) Astra și cartierele Zizin; 5) Carierei-Bartolomeu (cu Uzina Romradiatoare) și Centul Civic (cu termocentrale și circulație rutieră intensă) sunt cele mai poluate cu SO₂.

Cea mai mica poluare cu fluor se prezintă pe Postăvarul-Tâmpa și în cartierele Noua și Schei. Poluarea cu fluor crește treptat în Triaj, Răcădau, Tractorul-Gară, Centrul Civic, Zizin și Parcul Titulescu. Cea mai mare poluare cu fluor este în cartierele Carierei-Bartolomeu (cu Fabrica de Șamotă) și Astra (cu Fabricile TAMIV, METROM, ROMAN) (fig. 5).

Cele mai mari cantități de calciu s-au înregistrat în cartierul Triaj, care

Tabelul 1. Conținutul frunzelor în elemente minerale (la 15-08-2005) în rețeaua de (5x13= 65 exemplare) mesteceni din Brașov

Mineral elements content of leaves (date 15.08.2005) in the birchtree sample network (5x13=65 trees)

Cartier	N ppm	P ppm	Ca ppm	Na ppm	Mg ppm	Mn ppm	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Pb ppm	S ppm	F ppm
Noua	27272	2587	16376	97,5	3742	57,5	10,85	181,6	115	7,73	1497	8,1
Dârste	29120	2383	13546	112,9	4512	38,97	12,48	183,7	115,6	8,5	1363	6,3
Astra	27440	1690	16208	141,8	3434	43,36	10,78	317,2	123,4	10,95	1282	7
CET	28420	1898	18458	105,9	3749	46,74	8,71	408,6	129,7	8,94	1259	6,3
Triaj	30240	2182	15413	132,3	3433	29,94	9,72	436,7	102,7	9,7	1453	6,3
Răcădau	30380	2548	16920	113,7	3962	89,48	8,84	156,9	91,2	9,52	1238	5,4
Schei	32060	4236	13152	96,7	3357	58,62	7,45	142,2	139,2	11,43	908	7
Carierei	28840	2379	13476	85,7	2621	42,7	5,76	169,7	131,8	18,74	1434	6,8
Bartolomeu	32900	2401	14826	126	2932	35,39	9,94	280,5	100	12,51	1322	7,2
Tractorul-Gară	31500	1788	14349	111	3478	41,11	34,31	269,7	86	11,46	1284	8,1
Centrul Civic	32340	2402	12408	124,3	3218	35,22	13,58	387,4	86,2	11,8	1186	7,8
Titulescu	28980	2126	14318	129,2	2946	30,32	11,6	176,7	66,7	0	1248	7,9
Poiana Warthe	31080	2119	11325	125	2063	298	12,91	96	85,2	0	1270	6,6

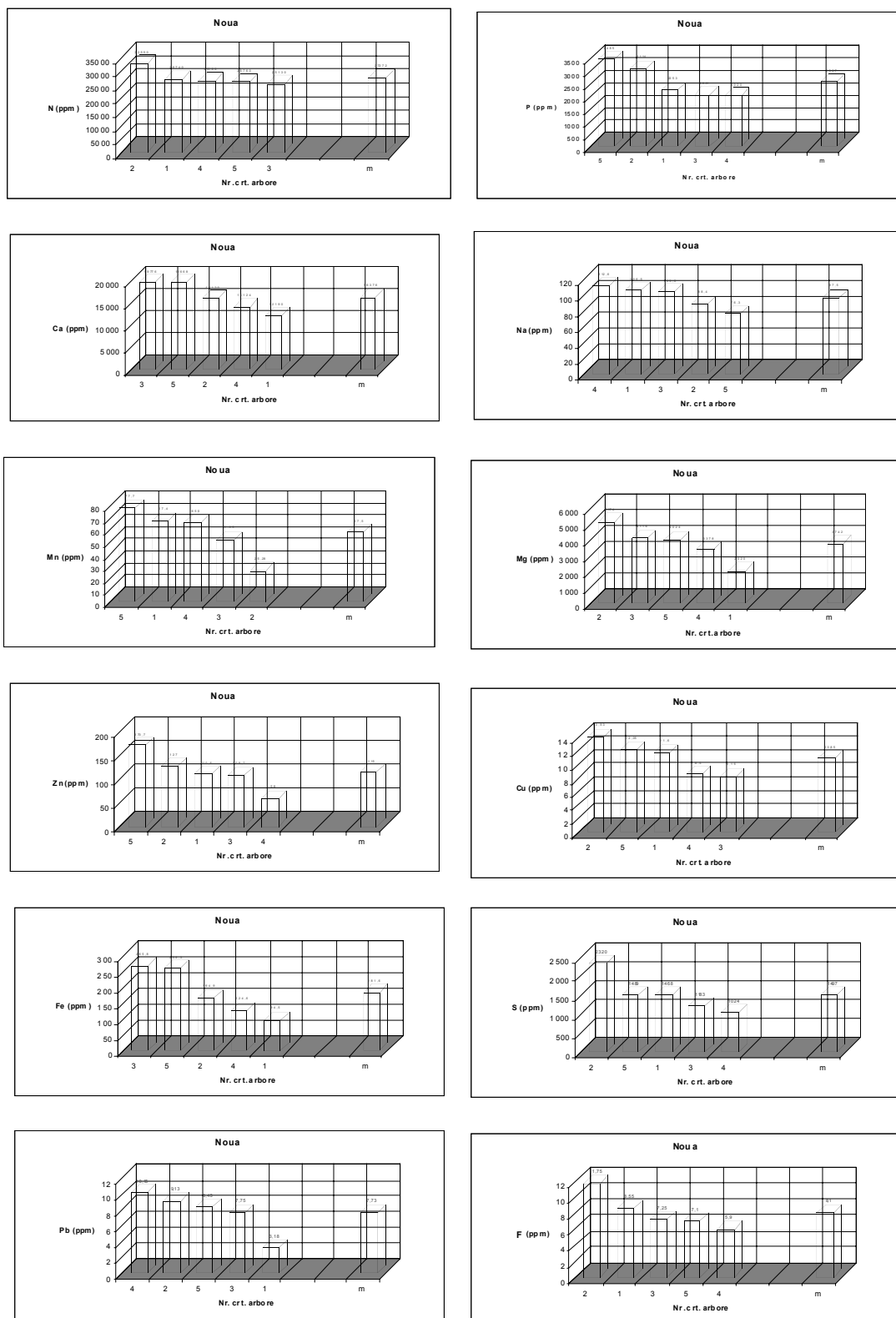


Fig. 3. Conținutul frunzelor de mesteacăn din cartierul Noua în elemente minerale

Mineral elements content of the birch tree leaves within Noua district

nu se diferențiază de Parcul Titulescu, în cartierul Carierei-Bartolomeu și în zona Gară-Tractorul. Cantități mai mici de calciu prezintă cartierele Noua, care nu se diferențiază de Răcădau și Astra, care nu se deosebește de cartierul Zizin.

Magneziul are concentrații mici pe Postăvaru-Tâmpa și cartierul Schei, de care nu se diferențiază, sau în cartierele Carierei-Bartolomeu și Gară-Tractorul, care nu se diferențiază între ele. Treptat, poluarea cu magneziu crește în cartierele Răcădau, Triaj, Noua-Dârste, Astra, Parcul Titulescu, Centrul Civic și atinge maximul în cartierul Zizin, unde funcționează CET-ul.

Cantitățile de fier din ace sunt mai mici în cartierul Schei, care nu se diferențiază de Postăvaru-Tâmpa și cresc treptat la Răcădau și Parcul Titulescu. Concentrația fierului crește în Centrul Civic, care nu se diferențiază de Triaj și în cartierele Gară-Tractorul, care nu se diferențiază de cartierul Astra.

Cea mai mare cantitate de fier s-a măsurat în cartierul Carierei-Bartolomeu.

Cele mai puțin poluate cartiere cu plumb sunt cartierele Schei și Răcădau, care nu se diferențiază între ele și Astra cu Gară-Tractorul, care de asemenea nu se diferențiază. Parcul Titulescu este mai poluat cu plumb decât cartierele Gară-Tractorul sau Astra, iar Postăvarul-Tâmpa sunt și mai poluate decât cartierele amintite. Cele mai poluate cartiere cu plumb sunt Carierei-Bartolomeu și Zizin. (fig. 6.)

Poluarea cu cupru este scăzută în cartierul Schei, care nu se deosebește de Postăvarul-Tâmpa, în cartierele Răcădau și Noua-Dârste, care nu se deosebesc între ele și în Astra și Gară-Tractorul, care nu se deosebesc între ele. Cea mai mare poluare cu cupru se atinge în cartierele Carierei-Bartolomeu și în Centrul Civic (fig. 7).

Continutul de mangan în ace atinge un nivel optim pe Postăvarul-Tâmpa și la limita optimului în cartierul Noua-Dârste. În cartierele Răcădau și Zizin manganul coboară sub nivelul critic. Sub nivelul carenței coboară în cartierele Carierei-Bartolomeu și Parcul Titulescu, cât și în cartierele Schei și Centrul, Civic.

Toate aceste informații se înscriu și într-o bază de date, sub formă de tabele - (tabelul 1), ori grafice (fig. 2-4), asigurând o bază de referință pentru biosupravegherea (biomonitoringul) în timp a calității aerului. Tot pe baza acestor informații, precum și pe baza poziționării geografice a arborilor eșantionați și a zonării pe cartiere, s-a realizat o bază de date geospațială prin exploatarea căreia sau realizat diverse hărți din care câteva au fost prezentate mai înainte.

3. MONITORIZAREA STĂRII NUTRIȚIONALE ȘI FITO-SANITARE A ARBORILOR

Supravegherea anuală sau periodică a: stării nutriționale (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Bo, Mo); a nutriției globale (N+P+K); echilibrul nutritiv (%N, %P, %K); stării fitosanitare: (transparența, simptomelor poluării, răni mecanice ale coroanei, scoarței, tulpinii, rădăcinii, atacuri de insecte defoliatoare, xilofage, de scoarță, infecții cu ciuperci) primește coerență și aplicabilitate când se realizează prin fișe ale arborilor

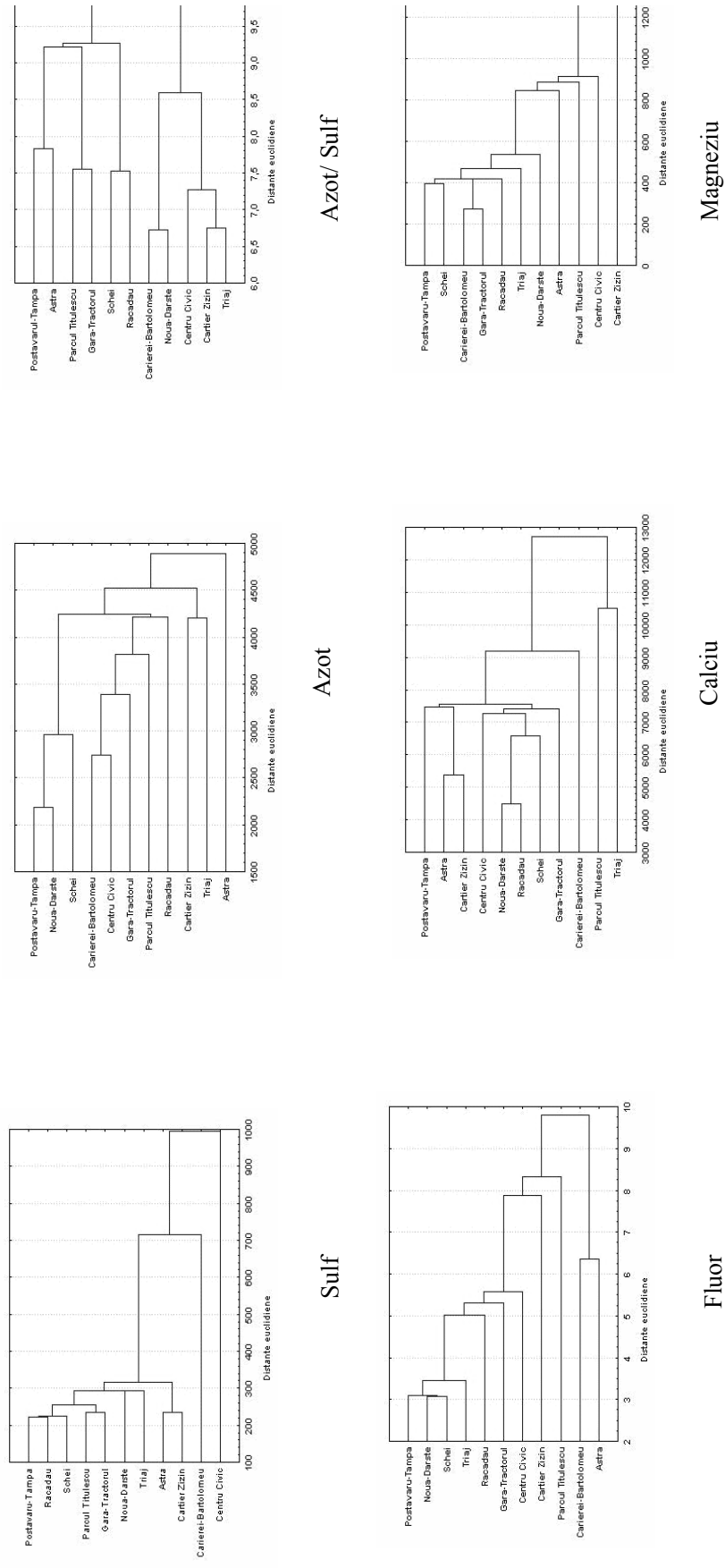


Fig. 4. Dendrograme cu distanțele euclidiene dintre conținutul acelor de molid în elemente minerale

Euclidian distances graphs of the mineral elements content of spruce needles

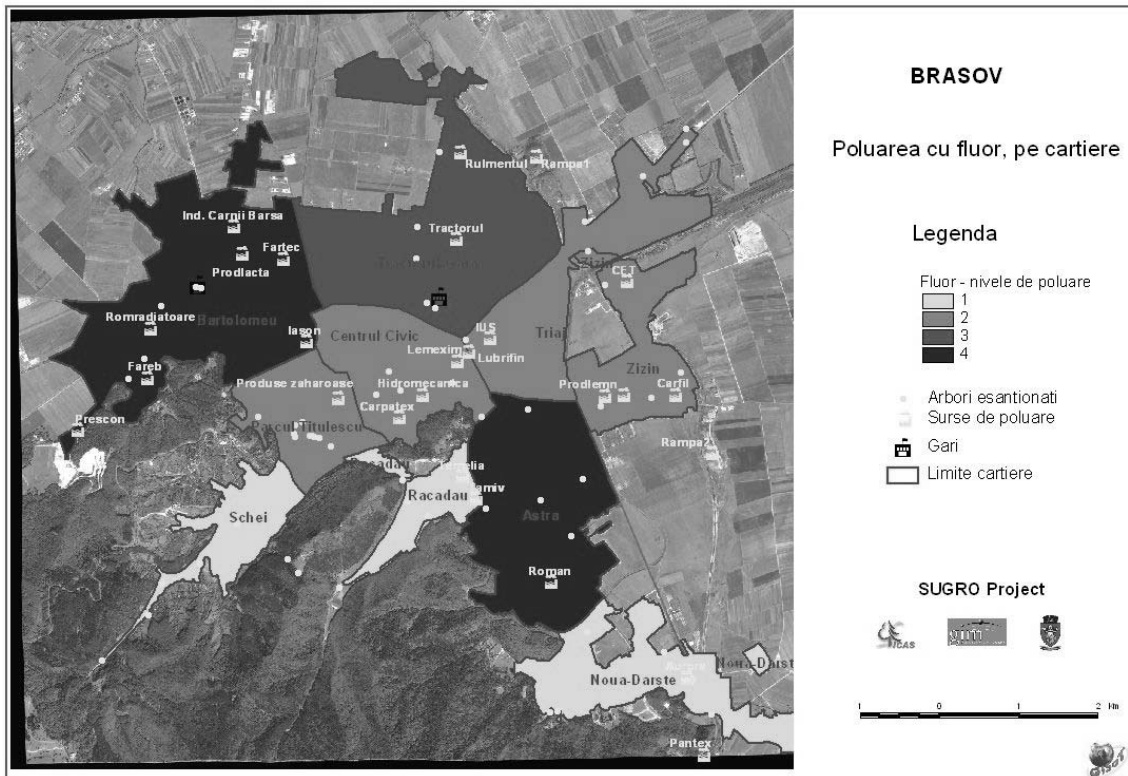


Fig. 5. Harta poluării medii cu fluor pe cartiere

Fluor pollution map, on districts

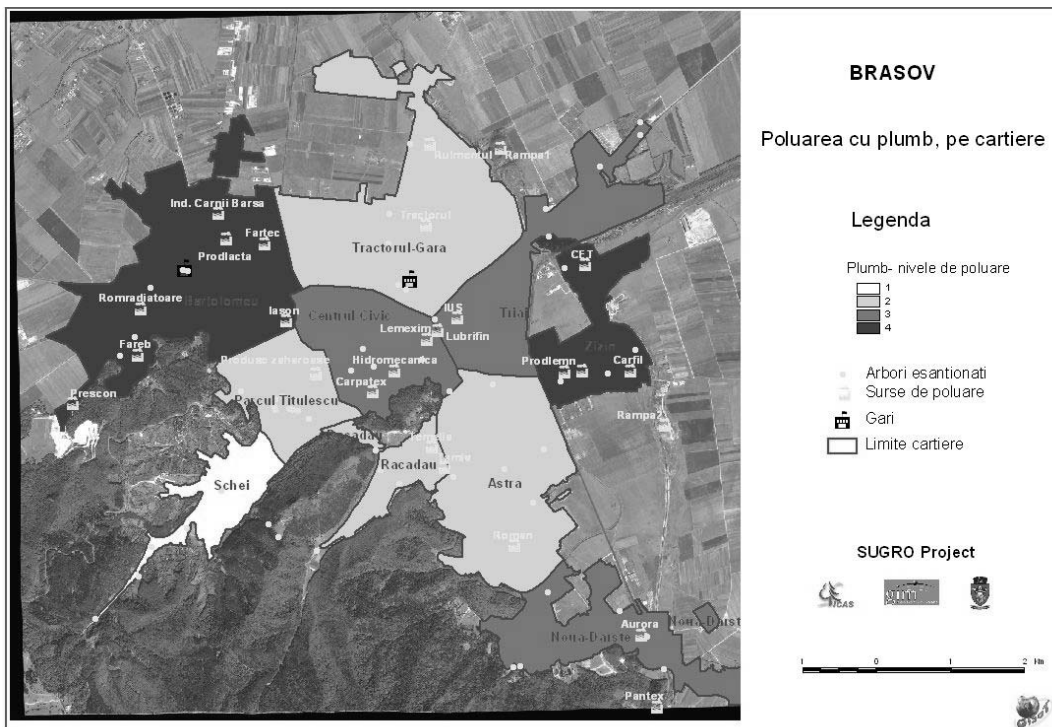


Fig. 6. Harta poluării cu plumb, pe cartiere

Lead pollution map, on districts

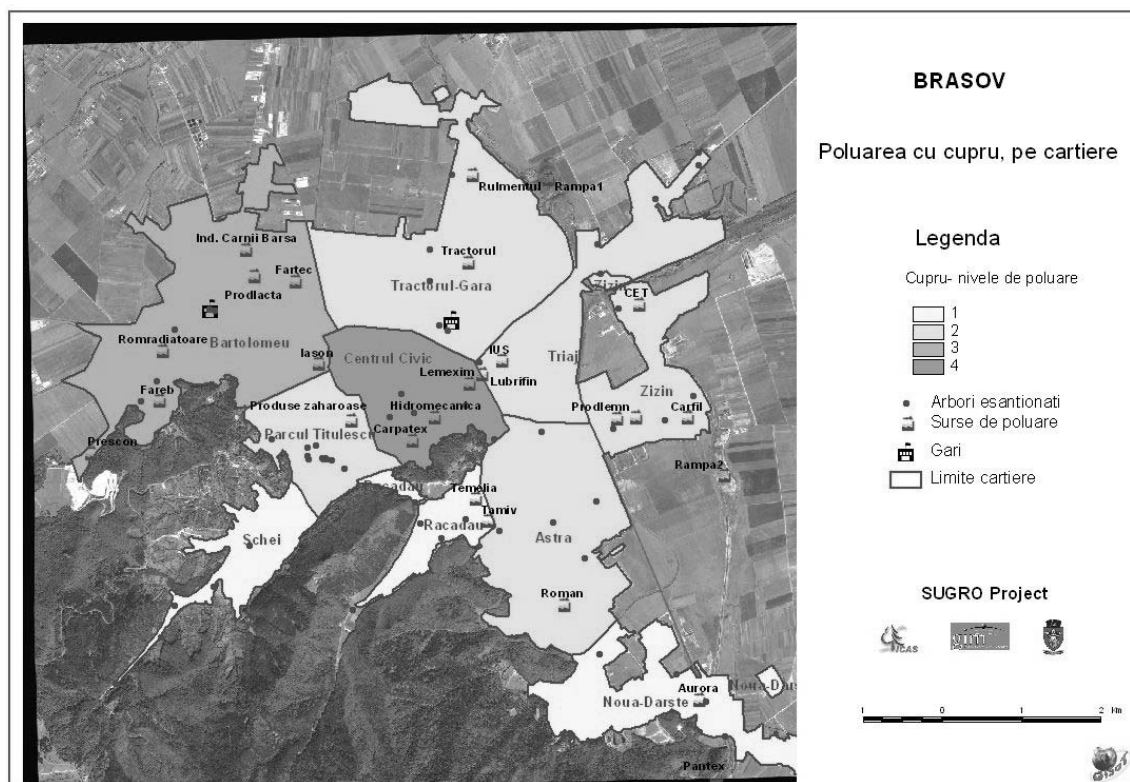


Fig. 7. Harta poluării cu cupru , pe cartiere

Copper pollution map, on districts

numerați, cu coordonatele determinate prin GPS, ori cu precizări privind amplasarea (stradă, număr, distanța, ori ocol silvic, U.P., u.a.) într-o evidență electronică.

Monitorizarea variației echilibrului nutritiv al fagului, în perioada 1996-2000 este exemplificată în figura 8 iar una din cele 100 de fișe elaborate pentru Brașov este exemplificată în continuare.

4. URMĂRIREA GOSPODĂRII DURABILE A PĂDURILOR SAU A ZONELOR VERZI

O formă superioară de valorificare a analizelor foliare o constituie prelucrarea schematică, explicativă a datelor din fișa arborilor și precizarea măsurilor de îngrijire pe care le necesită, de exemplu: prelucrarea solului; amendamente; fertilizări chimice ori biologice; drenajele.

În orice moment silvicultorul sau horticultorul poate accesa această schemă pe calculator la numărul curent al arborelui, poate înțelege necesitatea măsurilor de îngrijire, poate lua la cunoștință de realizarea lor și poate stabili noi măsuri adecvate situației actuale.

Astfel în cazul castanilor sălbatici din aliniamente, care sunt intoxicați cu na-

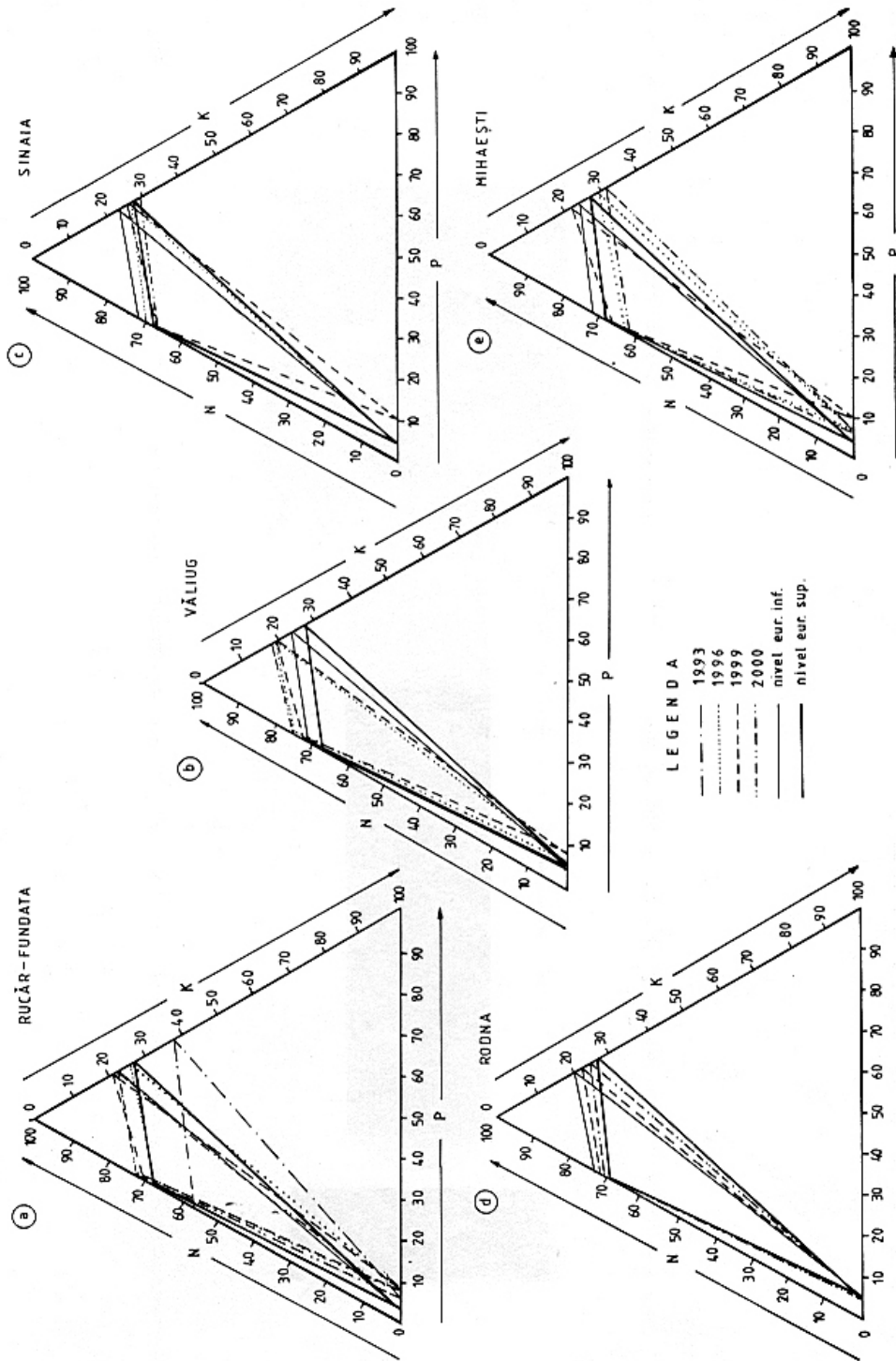


Fig. 8. Dinamica echilibrului nutritiv din perioada 1996-2000 în populațiile de fag

Nourishing balance dynamic of the beech population during 1996-2000

triul din sarea folosită la dezăpeziri, analizele foliare arată că natriul a înlocuit K și Mg din complexul coloidal al solului provocând curențe care slăbesc arborele și acesta este infectat peste măsură de larva minieră *Cameraria orhidella*. Se recomandă atât fertilizări cu sare potasică (40%) și amendamente cu dolomit, cât și combatere biologică prin curse feromonale.

Acești castani sunt intoxicați și de cupru, zinc și fier în exces, care îngreunează absorbția manganului și cauzează curență în nutriție. Se recomandă fertilizări cu oxid manganos (41%), care va asigura manganul necesar pentru dezvoltarea rădăcinilor și o mărire a rezistenței la salinitate și secetă. În acelaș timp este necesară aplicarea unui strat de 25 cm grosime de humus, care asigură fixarea cuprului și a zincului în complexe stabile din humus (fig. 9). Suplimentarea humusului va îmbunătăți și hrana azotată a castanului ceea ce va crește rezistența la poluarea cu dioxid de sulf.

5. FUNDAMENTAREA ȘTIINȚIFICĂ A EXTINDERII PĂDURILOR ȘI ZONELOR VERZI

Analizele foliare permit alegerea celor mai adecvate specii pentru împădurirea terenurilor din zonele afectate de poluare.

Capacitatea de metabolizare a sulfurii (Bolea și Surdu, 2001) sau a clorului, calciului, natriului, cuprului și zincului relevă atât eficiența, cât și sensibilitatea lor la poluare, permițând ierarhizările prezentate în tabelele 2-6.

Un mijloc modern și eficient de extindere a zonelor verzi este "preînverzirea " terenurilor publice, ori private, destinate vânzării în zonele construibile (Guinaudeau, 1987)

Executate sub forma de "perdele" ori aliniamente zonele "preînverzite" asigură diminuarea zgomotelor, purificarea aerului și reținerea pulberilor din apropierea fabricilor, chiar de la darea lor în folosință (fig. 9), îmbunătățirea peisajului și crearea unui carioaj verde pentru viitoarele cartiere.



Poluare

S = 1046,1 ppm
 Al = 710,3 ppm
 Cd = 0,313 ppm
 Cr = 12,3 ppm
 Ni = 1,58 ppm
 Pb = 3,39 ppm
 Zn = 32,0 ppm



Toxicitate
 Na = 21498,07 ppm

Na înlocuiește potasiul în complexul coloidal al solului

Slaba nutritie cu K favorizeaza infestarea cu *Cameraria ohridella*

Toxicitate
 Ca = 15
 769,5 ppm
 Cu = 39,6 ppm

Excesul de Fe si Cu îngreuneaza absorbtia ionilor de mangan

Carență

K = 8723,6 ppm

Aesculus hippocastanum (9)
 Brașov – Str. Maniu, nr 55 (Pasaj)

Recomandare

- Aplicarea în jurul arborelui a unui strat de 25 cm grosime de humus
- Ferilizări cu:
 - 8,0 kg / arbore sare potasică 40 %
 - 0,6 kg oxid manganos 41 %

Carență

Mn = 29,9 ppm

Manganul:

- contribuie la dezvoltarea rădăcinilor
- mărește rezistența la salinitate și secetă

Fig. 9. Consecințele poluării și modalități de combatere recomandate
 Pollution consequences and mitigation measurements recommendations

FIȘA ARBORELUI 804

- Pinus sylvestris* L. - pin silvestru
- Înălțime 16 m.
- Diametru tulpinii 42,7 cm.
- Raza coroanei 4 m.
- Volumul coroanei 117,2 mc
- Transparența coroanei 40%
- Ramuri uscate 20%
- Paralizat de *Hedera helix* până la 8 m înălțime
- Infectat de *Lophodermium pinastri* 10%
- Balanța nutriției: 19.500 ppmN + 1.759 ppmP + 4.066 ppmK = 25.325 ppm se încadrează în optim (19.400 -28.000 ppm)
- Echilibru nutritiv: 77%N + 7%P + 16%K în raport cu cel optim (60,7-72,2%N + 7,2-10,7P + 20,6-28,6%K), evidențiază:

- excesul de azot ca urmare a poluării rutiere cu NO;

- aprovizionarea cu fosfor la nivelul inferior al optimului;

- carența de K (4.066 ppm) cauzat de antagonismul cu calciu (5.987 ppm), care se ridică până la nivelul superior al optimului (6000 ppm).

Conținutul de sulf din ace (8853 ppm), este mai mare cu 50% decât în Poiana Brașov, dar nu atinge pragul de toxicitate. Cu toate acestea, dioxidul de sulf acționând sinergic cu oxizii de azot din poluarea rutieră, cauzează o stare de vegetație necorespunzătoare la pinul silvestru.

Conținutul de magneziu (2.253 ppm) depășește optimul de 2000 ppm și se apropie de pragul de toxicitate, dar efectul său toxic este diminuat de antagonismul cu calciul (5.987 ppm) situat la nivelul superior al optimului sau (6.000 ppm).

Conținutul de natriu (156,6 ppm), mai mare de 2 ori, iar conținutul de clor (550 ppm) este mai mare de 2,1 ori decât pe Postăvar, dar nu se ridică la pragurile de toxicitate.

La aprovizionarea slabă cu fier (171,6 ppm) și sub nivelul carenței cu mangan (20,58 ppm) a contribuit abundența calciului (5.987 ppm) și antagonismul cupru - mangan (conținutul de cupru se ridică la nivelul maxim de 10 ppm al optimului, iar cel de mangan coboară sub nivelul carenței de 50 ppm).

Conținutul de zinc (28,68 ppm) se menține în limitele optimului (20-70 ppm), dar conținutul de plumb (5,04 ppm) este de 3 ori mai mare decât în Poiana Brașov atingând pragul critic de 5 ppm.

Capacitatea de acumulare a fluorului de 6,7 ppm este mai mare decât la *Picea pungens* (4 ppm), *Pinus nigra* (4,5 ppm), *Abies alba* (4,6 ppm), *Abies concolor* și *Juniperus sabina* (5,5 ppm), *Pinus strobus* (6,1 ppm), *Chamaecyparis lawsoniana* (6,5 ppm) și mai mică decât la *Thuja plicata* (7,2 ppm), *Picea abies* (7,6 ppm), *Taxus bacata* (8 ppm) și *Thuja occidentalis* (8,4 ppm).



Tabelul 2. Capacitatea de metabolizare a clorului la diferite specii de arbori

The chlorine metabolisation capacity of different tree species

Nr. crt.	Denumirea speciei	Cantitate ppm
1	<i>Aesculus hippocastanum</i>	171600
2	<i>Acer platanoides</i>	110750
3	<i>Tilia platyphyllos</i>	96330
4	<i>Acer pseudoplatanus</i>	95720
5	<i>Fraxinus excelsior</i>	88390
6	<i>Populus x canadensis</i>	31320
7	<i>Chaenomeles speciosa</i>	26770
8	<i>Forsythia viridissima</i>	23090
9	<i>Tilia cordata</i>	20240
10	<i>Syringa vulgaris</i>	17240
11	<i>Ulmus glabra</i>	15340
12	<i>Platanus hybrida</i>	13790
13	<i>Betula pendula</i>	12120
14	<i>Acer negundo</i>	12030
15	<i>Berberis vulgaris</i>	10690
16	<i>Quercus robur</i>	9390
17	<i>Koelreuteria paniculata</i>	9140
18	<i>Sambucus nigra</i>	8400
19	<i>Fagus sylvatica</i>	7900
20	<i>Sophora japonica</i>	7480
21	<i>Carpinus betulus</i>	6010
22	<i>Rhus tiphyna var. laciniata</i>	5900
23	<i>Morus alba var. pendula</i>	5920
24	<i>Picea abies</i>	4220
25	<i>Acer sacharinum</i>	4060
26	<i>Quercus petraea</i>	3940
27	<i>Prunus piersica</i>	3020
28	<i>Liriodendron tulipifera</i>	3140
29	<i>Tilia tomentosa</i>	2330
30	<i>Fagus sylvatica var. atropurpurea</i>	2130
31	<i>Thuja plicata</i>	1900
32	<i>Prunus avium</i>	1800
33	<i>Magnolia kobus</i>	1650
34	<i>Thuja occidentalis</i>	1530
35	<i>Chamacyparis lawsoniana</i>	1510
36	<i>Taxus baccata</i>	1050
37	<i>Pinus strobus</i>	900
38	<i>Juniperus sabina</i>	680
39	<i>Pinus sylvestris</i>	540
41	<i>Abies concolor</i>	470
42	<i>Pinus nigra</i>	340
43	<i>Abies alba</i>	330

Tabelul 4. Capacitatea de acumulare a cuprului

Copper accumulation capacity

Nr. crt.	Denumirea speciei	Cantitate ppm
1	<i>Betula pendula</i>	115,60
2	<i>Acer saccharinum</i>	15,93
3	<i>Quercus robur</i>	15,58
4	<i>Fagus sylvatica var atropurpurea</i>	15,58
5	<i>Prunus avium</i>	15,50
6	<i>Pinus strobus</i>	14,50
7	<i>Thuja plicata</i>	14,20
8	<i>Syringa vulgaris</i>	14,05
9	<i>Juniperus sabina</i>	13,60
10	<i>Thuja occidentalis</i>	13,43
11	<i>Forsythia viridissima</i>	13,10
12	<i>Prunus avium</i>	15,50
13	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	12,65
14	<i>Sophora japonica</i>	12,53
15	<i>Fraxinus excelsior</i>	12,58
16	<i>Liriodendron tulipifera</i>	12,23
17	<i>Picea pungens</i>	11,28
18	<i>Taxus baccata</i>	10,75
19	<i>Pinus sylvestris</i>	10,03
20	<i>Abies concolor</i>	9,90
21	<i>Morus nigra</i>	9,43
22	<i>Abies alba</i>	7,98
23	<i>Acer negundo</i>	7,13
24	<i>Pinus nigra</i>	6,18

Tabelul . Capacitatea de acumulare a calciului

Calcium accumulation capacity

Nr. crt.	Denumirea speciei	Cantitate ppm
1	<i>Thuja occidentalis</i>	39 120
2	<i>Betula pendula</i>	34 940
3	<i>Fraxinus excelsior</i>	24 900
4	<i>Morus nigra</i>	24 880
5	<i>Liriodendron tulipifera</i>	24 460
6	<i>Prunus avium</i>	23 780
7	<i>Taxus baccata</i>	22 360
8	<i>Thuja plicata</i>	21 290
9	<i>Acer negundo</i>	19 332
10	<i>Prunus piersica</i>	17 674
11	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	17 270
12	<i>Sophora japonica</i>	16 072
13	<i>Quercus robur</i>	14 618
14	<i>Fagus sylvatica</i>	13 508
15	<i>Abies alba</i>	11 270
16	<i>Syringa vulgaris</i>	10 352
17	<i>Picea pungens</i>	10 050
18	<i>Acer saccharinum</i>	8 684
19	<i>Abies concolor</i>	7 997
20	<i>Juniperus sabina</i>	7 877
21	<i>Forsythia viridissima</i>	7 106
22	<i>Pinus sylvestris</i>	5 987
23	<i>Pinus strobus</i>	4 602
24	<i>Pinus nigra</i>	2 167

Tabelul 5: Capacitatea de metabolizare a natriului

Sodium metabolismation capacity

Nr. crt.	Specie	Cantitate ppm
1	<i>Pinus strobus</i>	518,6
2	<i>Thuja plicata</i>	366,3
3	<i>Taxus baccata</i>	339,0
4	<i>Thuja occidentalis</i>	320,3
5	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	256,3
6	<i>Betula pendula</i>	227
7	<i>Picea pungens</i>	215,9
8	<i>Forsythia viridissima</i>	168,4
9	<i>Sophora japonica</i>	158,6
10	<i>Pinus sylvestris</i>	156,6
11	<i>Juniperus sabina</i>	147,2
12	<i>Fagus sylvatica</i>	140,5
13	<i>Pinus nigra</i>	128,2
14	<i>Abies concolor</i>	121,9
15	<i>Acer negundo</i>	107,2
16	<i>Quercus robur</i>	103,7
17	<i>Abies alba</i>	103,3
18	<i>Prunus piersica</i>	93,6
19	<i>Liriodendron tulipifera</i>	92,3
20	<i>Acer sacharinum</i>	90,7
21	<i>Fraxinus excelsior</i>	86,9
22	<i>Syringa vulgaris</i>	83,1
23	<i>Morus nigra</i>	61,8
24	<i>Prunus avium</i>	61,3

Tabelul 6: Capacitatea de metabolizare a zincului

Zinc metabolismation capacity

Nr. crt.	Denumirea speciei	Cantitate ppm
1	<i>Betula pendula</i>	259,80
2	<i>Abies alba</i>	68,73
3	<i>Pinus strobus</i>	50,10
4	<i>Abies concolor</i>	37,53
5	<i>Taxus baccata</i>	37,13
6	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	32,90
7	<i>Thuja plicata</i>	28,90
8	<i>Pinus sylvestris</i>	28,68
9	<i>Thuja occidentalis</i>	26,38
10	<i>Quercus robur</i>	23,70
11	<i>Juniperus sabina</i>	22,28
12	<i>Pinus nigra</i>	22,18
13	<i>Morus nigra</i>	20,90
14	<i>Acer sacharicum</i>	19,60
15	<i>Fagus sylvatica</i> var. <i>atropurpurea</i>	17,80
16	<i>Picea pungens</i>	17,38
17	<i>Sophora japonica</i>	16,70
18	<i>Forsythia viridissima</i>	14,00
19	<i>Prunus piersica</i>	12,50
20	<i>Prunus avium</i>	12,40
21	<i>Acer negundo</i>	12,30
22	<i>Syringa vulgaris</i>	11,80
23	<i>Liriodendron tulipifera</i>	11,70
24	<i>Fraxinus excelsior</i>	10,80

BIBLIOGRAFIE

- BOLEA, V., POPESCU, E., VLONGA, ST., si altii, 1998: Nutrition of Norway spruce in the Romanian Carpathians in 1996 în FOREST CONDITION MONITORING IN ROMANIA 1990-1996, ONF, FRANCE
- BOLEA, V., 1999: Nutriția minerală a principalelor specii forestiere din România în raport cu pragurile de nutriție europene. Ed. Universitatii Transilvania, Brasov.
- BOLEA V., SURDU A., 2001: Capacitatea de metabolizare a sulfului și pragul de toxicitate cu sulf la speciile forestiere. Revista de Silvicultura 13+14, Brasov
- BOLEA, V., s.a., 2001: Conținutul în sulf al frunzelor în 1998-1999 la molidul și fagul din câteva eco sisteme forestiere carpatice. Ed. Universitatii Transilvania, Brasov.
- BOLEA, V., s.a., 2002: Evaluarea poluării și avertizarea apariției și evoluției acesteia. În: Lucrarile sesiunii jubiliare "Padurea si viitorul". Ed. Universitatii Transilvania, Brasov.
- BOLEA, V., s.a., 2004: Arborii bioindicatori ai poluării și purificatori ai aerului. Rev. Mediul înconjurător, Bucuresti.
- BOLEA, V., CHIRA, D., 2004: Biosupravegherea calității aerului în ecosistemele forestiere. Revista de Silvicultura si Cinegetica, 19-20, Brasov.
- BOLEA, V., CHIRA, D., s.a., 2005: Atlasul poluării în Brașov. Ed. Silvodel, Brasov.
- DE VRIES, W., et al., 2000: Intensive monitoring of Forest Ecosystems in Europe. CEC - UN / ECE, Brussels, Genova.
- GARREC, J-P., PEULON, V., 1989: Les arbres de ville en hiver. Le problème de sol de déneigement. R.F.F. numéro spécial.
- FURST, A, 2006: 8th Needle / Leaf Interlaboratory Comparison Test 2005 / 2006, Viena / Austria
- GARREC, J-P., HALUWIN, C. V., 2002: Biosurveillance vegetale de la qualite de l'air. Ed. TEC&DOC Londres - Paris - New York.
- GUINAUDEAU, C., 1987: Planter aujourd'hui, bâtir demain. Le préverdissement. IDF, Paris.
- KOPINGA, J., BURG VAN DEN, J., 1995: Using soil and foliar analysis to diagnose the nutritional status of urban trees. Journal of Arboriculture 21 (1).
- MARCU, M., 2004: Clima Municipiului Brașov - Topoclimat și Microclimat. Revista de Silvicultura si Cinegetica, 19-20.
- ULRICH, E., BONNEAU, M., 1994: État nutritionnel des peuplements du réseau RENECOFOR. In: La santé de forêt.
- ZECH, W., et al., 1985: Elemental analysis and physiological responses of forest trees in SO2 polluted areas of NE Bavaria. Water Air and Soil Pollution, vol. 25.