

ЛЮДМИЛА МАЛИНОВА

Лесотехнически университет, София

E-mail: ludmila_malinova yahoo.com

Проучване на Кафяви горски почви от Национален парк „Централен Балкан” за целите на почвения мониторинг

Study of Cambisols in “Central Balkan” National Park for the Purpose of Soil Monitoring

L. Malinova

University of Forestry, Sofia, Bulgaria

Abstract

Sample plots for monitoring on Cambisols in the territory of National Park “Central Balkan” was selected. Content of org. C, N, P, Zn, Cu, Pb, As, Cd and exchangeable cations and cation exchange capacity was investigated. Advanced acidification was established (pH ($CaCl_2$) – 3.5 - 4.9) in which protons was buffered by dissolution of iron oxides and by weathering of secondary silicates; leaching of bases; increased accumulation of Zn ($41 - 88 \text{ mg.kg}^{-1}$), Cu ($17 - 26 \text{ mg.kg}^{-1}$) and Pb ($23 - 39 \text{ mg.kg}^{-1}$) in litter. By the ratios org. C/total N (18 – 22) it was estimated high risk of leaching of nitrates, which was confirmed by the analysis of surface waters. The results obtained are basic information to long-term monitoring analysis and evaluation.

Key words: Cambisols, litter, national park, ratio org. C/N, Cu, Pb, As, Cd

Мониторинг на почвите в горските екосистеми в България се провежда от 1986 година, като част от 16-километровата европейска мрежа, която функционира по линия на изпълнение на Международна кооперативна програма „Оценка и мониторинг на влиянието на замърсения въздух върху горите”. Заедно с отчитаните въздействия върху горските насаждения на европейско ниво се набира информация и за индикатори на устойчивото стопанисване на горите, които позволяват оценка на баланса на органичния въглерод в почвите, съдържанието на хранителните елементи, химичния статус на почвите и настъпващите във времето изменения в него, влиянието на климатичните промени и др. (Lorenz et al., 2012 ; Michel et al., 2014). В програмата участват 42 държави. Приносът им се оценя-

ва като набиране на информация, която не е отразена в „Атлас на почвите в Европа” от 2005 година поради това, че той е разработен на базата на данни за почвите от земеделските земи (Cools et al., 2011). Съвременните заплахи за почвите в горските екосистеми се дефинират като вкисляване под влияние на кисели атмосферни отлагания, насищане с азот, еутрофикация, повишено съдържание на тежки метали и въздействие на промените в климата.

В границите на Национален парк „Централен Балкан” няма пробни площи на националната мрежа за мониторинг на горските екосистеми. Изпълнението ѝ в района на Средна Стара планина е съсредоточено в пробни площи върху южния склон на планината, извън територията на парка. За почви-

те в тях е събрана и обобщена 20-годишна информация (Грозева, 2006).

Целта на проведеното изследване беше на територията на НП „Централен Балкан“ да се изберат пунктове и да се проведат изследвания на почвите за целите на дългосрочен мониторинг, съгласно изискванията на възприетото от европейските страни *Методично ръководство* (Cools et al., 2010).

Материал и методи

Обект на изследване са почви от територията на НП „Централен Балкан“. Като най-широко разпространени се считат Кафявите горски почви – 96,9% от площта, заета с гори в парка в средния лесорастителен пояс (ПУ, 2001 – 2010). Заложени са 5 почвени профила, от които 4 в насаждения от *Fagus sylvatica* L. – в районите на местност Болованя, м. Беклемето, над м. Паниците и м. Шопов егрек. В района на м. Беклемето един почвен профил е заложен и в пасище. Извършено е морфологично описание и са взети проби за анализ, съгласно изискванията на FAO (2006) и *Ръководството* на Cools et al. (2010). В някои от профилите допълнително са взети проби от дълбочини, които съответстват на почвообразуващите материали. Местата на пробовземането са координирани с GPS.

Извършени са анализи за определяне на: обемна плътност (ISO 11272); маса на мъртвата горска постилка (тегловно); количество скелет (ISO 11464); рН (H_2O) и рН ($CaCl_2$) (ISO 10390); общ азот – по метода на Келдал; органичен въглерод (орг. С) – модифициран метод на Тюрин (Кононова, 1963; Filcheva, Tsadilas, 2002); обменни катиони (ISO 11260 & ISO 14254) – при отчитане с AAC в 0,1 mol/l разтвор на $BaCl_2$), обменна киселинност – по метода на Ганев, Арсова (1980); макро- и микроелементи – P, Zn, Cu, Pb, As и Cd – ISO 11466 (екстракция с царска вода). Получените резултати са преизчислени към абсолютно сухата маса на почвата.

Изследването е осъществено с подкрепата на проект „Оценка на състоянието на компонентите на околната среда на територията на НП „Централен Балкан“. Обособена позиция № 3 от „Проект DIR 5113325-12-109 „Централен Балкан – парк за всички“, финансиран от Оперативна програма Околна среда 2007 – 2013 година.

Резултати и обсъждане

Морфологичните описания на почвените профили определят изследваните почви като Кафяви горски – Dystric-Eutric Cambisols по базовата класификация на почвите в страната (Пенков и др., 1992). Характеристика за тяхното местоположение и почвообразуващите скали са представени в табл. 1. Профилите са пълни, с развити всички хоризонти. Повърхността е покрита с мъртва горска постилка (МГП). Тя е изградена от 2 слоя, *OL* – свеж опад, с мощност 1-2 cm и *OFH* – с фрагментирана и частично хумифицирана органична материя, чиято мощност варира в същите граници. Повърхностният хоризонт е съкратен 10 – 18 cm. Цветът на почвата в сухо състояние е между 10YR3/4 и 10 YR5/4. Почвата е дребнозърнеста до безструктурна, праховита. Метаморфният хоризонт е с мощност 30 – 80 cm, светъл на цвят – в сухо състояние между 10YR5/4 и 10 YR6/4, безструктурен.

Почвите са рохкави – обемната плътност варира в границите на 0,69 – 1,04 g.cm⁻³. Измереното количество скелет е 7 – 21% в повърхностния хоризонт и 13 – 32% – в метаморфния.

За почвите в горските насаждения от районите на м. Болованя, м. Беклемето, м. над Паниците и м. Шопов егрек (ПП 1, ПП 3, ПП 4 и ПП 5) се установява средно съдържание на орг. С в слой *OL* на МГП (табл. 2) и ниско до средно – в слой *OFH* (по критерии на Vanmechelen et al., 1997). Скоростта на разлагане на МГП се различава между отделните обекти. Коефициентът на спад на количеството на орг. С от МГП към повърхностния почвен слой варира от 1,8 до 6,0. С най-бавно разлагане на постилката се характеризира районът на м. Шопов егрек. В повърхностните слоеве на почвите съдържанието на орг. С е в границите на високо, до много високо.

Съдържанието на общ азот варира силно в МГП (табл. 2), въпреки че тя е от един и същ дървесен вид – об. бук. Различното количество азот – от много ниско за района на м. Болованя, до високо за района на м. Беклемето, може да се свърже с комплекс от фактори, които оказват влияние върху процесите на разлагане на органичното вещество – достъп на светлина и влага до почвената повърхност в зависимост от склопа на гората, наклона,

Таблица 1. Местоположение, земеползване, надморска височина, наклон и почвообразуваща скала
Table 1. Location, land use, altitude, slope and parent materials

Пробна площ № (ПП)	Местоположение	Координати	Земеползване	Надморска височина (m)	Наклон (%)	Почвообразуващи материали
ПП 1	Болованя	42°46'34.9" N 24°21'42.4" E	гора	1503	6	гнайси и гранитогнайси
ПП 2	Беклемето	42°46'26.8" N 24°39'07.3" E	пасище	1445	36	аргилити и пясъчници
ПП 3	Беклемето	42°46'44.9" N 24°37' 50.3"E	гора	1440	10	аргилити и пясъчници
ПП 4	над Паниците	42°41'44.0" N 24°59' 42.0" E	гора	1539	11	южнобългарски гранит
ПП 5	Шопов егрек	42°41'02.4"N 25°06'57.3"E	гора	1247	37	шисти

Таблица 2. Съдържание на макро- и микроелементи в Кафяви горски почви
Table 2. Macro- and microelement contents in Cambisols

Пробна площ	Дълбочина, см	Орг. С	Общ N	C/N	Общ P	Zn	Cu	Pb	As	Cd
		g.kg ⁻¹			mg.kg ⁻¹					
ПП 1 Болованя	OL	364	9,41	39	965	30	11	12	< 0,050	0,60
	OFH	149	6,73	22	697	63	25	39	5,12	1,40
	0 – 10	84,3	6,29	13	1173	87	51	61	7,61	1,83
	10 – 20	69,4	5,12	14	1062	94	57	67	9,64	1,35
	70 – 90	34,8	2,41	14	889	102	20	40	6,05	2,17
ПП 2 Беклемето	OL	371	10,54	35	1267	32	11	10	< 0,500	0,72
	OFH	362	19,70	18	2364	54	26	25	2,66	1,00
	0 – 10	74,1	5,80	13	864	76	33	60	9,97	2,00
	10 – 20	69,7	4,82	14	880	75	29	53	9,94	2,11
	30 – 45	25,4	2,52	10	876	90	26	34	8,04	1,80
ПП 3 Беклемето	0 – 10	62,5	4,70	13	863	101	32	47	8,56	1,40
	10 – 20	51,1	3,93	13	807	93	28	44	8,51	2,28
	60 – 80	15,0	1,21	12	461	97	41	36	9,12	2,00
ПП 4 Над Паниците	OL	352	13,32	26	1597	29	13	9	< 0,500	0,55
	OFH	254	12,80	20	1537	41	17	23	1,10	0,81
	0 – 10	108,2	7,07	15	590	36	16	50	6,58	1,32
	10 – 20	77,5	4,88	16	470	33	9	35	5,57	1,02
ПП 5 Шопов егрек	OL	373	9,19	41	942	35	8	8	< 0,500	1,10
	OFH	335	18,95	18	1898	88	20	23	2,92	1,78
	0 – 10	55,7	8,26	7	857	94	26	69	10,81	1,57
	10 – 20	38,6	4,02	10	638	84	24	41	5,05	1,54

валежите и др. Във всички изследвани обекти повърхностните почвени слоеве са много богати на азот.

Дървесният опад постъпва върху почвената повърхност с високо съотношение орг. C/N (в слой OL 26 – 47). То бързо се променя

към ниско в слой OFH (18 – 22). В процесите на разлагане рискът от отмиване на нитрати от МГП се оценява като висок (по критерии на Gundersen, 1998). Следва да се отбележи, че при проучване на химичния състав на водите на някои реки – Кавакла дере, Дамла

Таблица 3. Обменни катиони, катионен капацитет (Т) и наситеност с бази (V)
Table 3. Exchangeable cations, cation exchange capacity (T) and base saturation (V)

Пробна площ	Дълбочина, см	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	Обм. Са	Обм. Mg	Обм. К	Обм. Na	Обменна киселинност	Обм. Al	Обм. Mn	Т	V
ПП 1 Болованя	OL	5,5	4,9	23,63	5,99	4,91	0,14	4,14	-	2,11	39	89
	OFH	4,6	3,9	6,76	0,79	0,78	0,07	28,47	2,67	0,67	37	23
	0 – 10	4,6	3,6	2,35	0,34	0,35	0,06	13,00	5,33	0,11	16	19
	10 – 20	4,6	3,7	0,45	0,15	0,19	0,05	11,93	6,67	0,03	13	7
	70 – 90	5,0	4,2	0,32	0,05	0,05	0,07	6,08	1,78	0,02	7	8
ПП 2 Беклемето	OL	5,7	5,0	25,11	5,18	6,33	0,15	4,91	-	2,70	42	88
	OFH	4,9	4,1	27,02	3,08	4,07	0,16	9,94	-	2,42	44	78
	0 – 10	4,3	3,5	0,90	0,25	0,23	0,06	21,64	10,67	0,04	23	6
	10 – 20	4,4	3,6	0,54	0,17	0,18	0,09	20,11	9,78	0,02	21	5
	30 – 45	4,8	4,1	0,08	0,04	0,09	0,05	6,39	2,67	0,01	7	4
ПП 3 Беклемето	0 – 10	4,9	3,9	1,41	0,43	0,22	0,07	12,25	4,44	0,06	14	15
	10 – 20	4,6	3,8	1,06	0,30	0,15	0,07	9,72	3,56	0,03	11	14
	60 – 80	4,7	4,0	0,36	0,07	0,06	0,05	8,31	2,67	0,01	9	6
ПП 4 Над Паниците	OL	5,1	4,5	26,69	3,63	4,07	0,10	7,66	-	1,32	42	82
	OFH	4,7	4,0	20,28	1,93	1,99	0,08	13,69	1,78	0,79	38	64
	0 – 10	4,4	3,5	1,09	0,29	0,29	0,07	19,29	8,44	0,02	21	8
	10 – 20	4,7	3,7	0,18	0,14	0,18	0,06	14,63	6,67	0,00	15	4
ПП 5 Шопов егрек	OL	6,0	5,4	28,05	8,02	9,46	0,14	4,14	-	1,84	50	92
	OFH	5,5	5,0	49,97	9,10	3,34	0,11	8,44	-	1,93	70	88
	0 – 10	5,7	4,9	18,22	2,69	1,21	0,08	1,50	-	0,21	24	94
	10 – 20	5,2	4,1	4,05	0,60	0,88	0,05	6,88	2,22	0,09	12	45

дере и Моминска, се установява, че граничните стойности за съдържание на нитрати за класифициране на този тип реки в добро химично състояние са превишени. Класифицирани са като непостигащи добро химично състояние (Дамянова, 2015). Възможни са и други източници на замърсяване, но не бива да се пренебрегват процесите на разлагане в мъртвата горска постилка върху много стръмните и дренирани терени. Реално, тя е плътното покритие на повърхността на водосборните площи в горите.

По отношение на повърхностните почвени слоеве съотношенията орг. C/N се оценяват като ниски. Степента на обогатеност на хумуса с азот се определя като средна, а само за района на м. Шопов егрек – като висока (по критерии на Артинова, 2014). Съотношението:

$$\left[\frac{\text{орг. C}}{\text{общ N}} \right]_{(\text{повърх. мин. слой})} \left[\frac{\text{орг. C}}{\text{общ N}} \right]_{(\text{МГП})}$$

варира в интервала 1,33 – 2,57, което определя обогатяването на почвите с азот като естествен процес, без принос на атмосферните отлагания и без опасност от еутрофикация (по критерии на Vanmechelen et al., 1997). Количеството на фосфора в изследваните почви е предимно

високо. Съдържанието на цинк, мед, олово и кадмий в МГП е повишено над фона, а за районите на м. Болованя и м. Беклемето количеството на медта превишава токсичното ниво, установено за европейските гори (по критерии на ICP-Forest and ICP-IM, 2009). Подобни резултати са получени и за други райони в страната – Западна Стара планина, Средна гора, Родопите и Странджа (Малинова, 2014). За тях е установена акумулация на тежки метали в мъртвата горска постилка, предимно в бедни на съответния елемент почви, но с висока киселинност, която създава условия за присъствие на повишено количество леснодостъпни микроелементи за растенията, чието разлагане е основният път за обогатяването на МГП.

По отношение оценката за съдържанието на тежки метали в почвите от горските екосистеми на този етап в Наредба № 3 от 2008 г. няма посочени критерии. Получените резултати могат да се сравнят със средни стойности за цинк (67 mg/kg^{-1}), мед (18 mg/kg^{-1}) и олово (30 mg/kg^{-1}), получени за Кафяви горски почви за период от 20 години в обекти от 16-километровата мрежа за мониторинг на почвите в горските екосистеми в страната (Малинова, 2014). Съдържанието на цинк и мед в изследваните почви (с изключение района над м. Паниците) е равно или по-високо от тях, а на олово във всички обекти е по-високо 1,5 – 2,3 пъти. По отношение съдържанието на арсен и кадмий, цитираният автор не посочва критерии. Ориентировъчно сравнение може да се направи с фоновата концентрация за арсен от Наредба № 3 (10 mg.kg^{-1}), която е по-висока от получените за парка стойности. За съдържанието на кадмий също е целесъобразно в сравнение с Наредба № 3 – с максимално допустимата концентрация (МДК) за земеползване „Постоянни тревни площи”, не само поради липсата на друг подходящ вид земеползване, но и поради провеждането на паша в горските територии на парка. МДК в Наредба № 3 е $2,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ и както се установява от табл. 2, измерените концентрации са високи, а в района на м. Беклемето са равни на МДК. От резултатите за дълбочините, които съответстват на почвообразуващите скали за районите на м. Болованя (ПП 1) и м. Беклемето (ПП 2) може да се направи изводът,

че източникът на обогатяване на почвите с кадмий са изветрителните процеси.

Изследваната Кафява горска почва в пасище от района на м. Беклемето (ПП 2) се характеризира с високо съдържание на орг. С и общ азот (табл. 2). Почвообразуващите материали са бедни на фосфор. Под влияние на акумулативни процеси органичното вещество допринася за удвояване на количеството му в повърхностните почвени слоеве. От изследваните тежки метали се отличава високото количество кадмий. За негов източник отново могат да се посочат почвообразуващите скали.

Реакцията на почвения разтвор на изследваните Кафяви горски почви е много силно кисела с изключение на района на м. Шопов егрек (ПП 5), където е слабо кисела (табл. 3). Стойностите на рН в солев извлек показват, че при много силно киселите почви буферността на почвата срещу вкисляване се осъществява главно от консумиране на протоните в процесите на разтваряне на оксидите на желязото, което е индикатор за напреднал деградационен процес. При слабо киселата почва от района на м. Шопов егрек условията са значително по-благоприятни – буферността се реализира от изветряне на вторични силикати (глинести минерали) и освобождаване на обменен алуминий (по критерии на Ulrich, 1983).

Титриметрично измерената обменна киселинност е с най-ниски стойности в слоя със свеж опад (*OL*) на МГП. В по-долу лежащите слоеве процесите на разлагане са източник на голямо количество киселини, които поддържат високата обменна киселинност, както в слой *OFH* на постилката, така и в повърхностите почвени слоеве. Количеството на обм. Al е високо в минералната част на профила, докато в МГП е под границите на количественото определяне на метода. Обменният манган е с по-различно поведение. Стойностите му са най-високи в МГП, където протича освобождаването на елементите от органичното вещество, след което в дълбочина намаляват, което е индикатор за миграционни процеси.

Количеството на базичните катиони в профила е най-високо в МГП. Базичното богатство на постилката се наследява слабо от ми-

нералната почва. Спадът на количествата на обменните катиони по слоеве на МГП, както и от нея към слоя 0 – 10 cm на минералната почва са много резки, което показва загуба на бази от отмиване. Въпреки интензивното излужване, количественото подреждане на катионите с базични функции в повърхностните почвени слоеве показва, че все още се запазва доминиращото участие на обм. Са. Неговите стойности са много ниски при много силно киселите почви, в границите на 0,9 – 2,35 cmol(+).kg⁻¹, докато в слабо киселата почва нарастват до 18,22 cmol(+).kg⁻¹, което е висока стойност.

Катионният капацитет на Кафявите горски почви е много висок и се формира на база-

та на преобладаващото участие на катиони с кисели функции. Почвите са с много ниска наситеност с бази. Изключение от това прави само почвата в района на м. Шопов егрек, която е наситена в повърхностния 10 cm почвен слой. Сложат под него е с по-ниско рН, с по-висока обменна киселинност и значително по-малки количества базични катиони.

По отношение наситеността с бази, за дефинирането на почвите на ниво вид Dystric или Eutric, е необходимо разширяване на изследванията с информация за цялата мощност на профилите (IUSS – WRB, 2007). Събраната на този етап информация позволява почвите от района на м. Болованя и м. Беклемето да се дефинират като вид Dystric.

Заклучение

В геореферирани пунктове за пробовземане от територията на Национален парк „Централен Балкан“ са заложили почвени профили, получени са резултати за съдържанието на по-важни макро- и микроелементи и физикохимични параметри за представителния за територията на парка почвен тип – Кафяви горски почви.

Използваните индикатори за оценка на актуалното състояние на почвите показват напреднало вкисляване, обедняване на бази, буферност от разтваряне оксидите на желязото и изветряне на вторични силикати, повишена акумулация на тежки метали в мъртвата горска постилка над фоновите нива за Zn, Cu и Pb, определени за европейските гори.

Съотношенията орг. С/общ N в мъртвата горска постилка се потвърждават като важен показател за оценка на риска от замърсяване на водите с нитрати.

Получените резултати са базова информация за провеждане на дългосрочни наблюдения и оценки.

Литература

Артинова, Н. 2014. Хумусно състояние на почвите в България. Почвеното органично вещество и плодородието на почвите в България. *Българско дружество по хумусни вещества*, София, ISBN 978-619-90189-1-0, с. 29-74

Ганев, Ст., А. Арсова. 1980. Методи за определяне на силно киселинния и слабо киселинния катионен обмен в почвата. *Почвознание и агрохимия*, vol. XV, № 3, 22-32

Грозева, М. 2006. 4 А район. Южни склонове на Стара планина и Средна гора. –В: „20 години широкомащабен мониторинг на горските екосистеми в България“. МКП „Гори“, Оценка и мониторинг за влиянието на замърсения въздух върху горите – ИКЕ/ООН. UNDP-GEF, 103-105

Дамянова, С. 2015. Резултати от проучванията – анализ, оценка и прогноза. –В: Оценка на състоянието на компонентите на околната среда на територията на НП „Централен Балкан“. Обо-

собена позиция № 3 от „Проект DIR 5113325-12-109 „Централен Балкан – парк за всички“, финансиран от Оперативна програма Околна среда 2007 – 2013 г., с. 100-126

Малинова, Л. 2014. Физикохимични и химични параметри на почви от мрежата за мониторинг на горски екосистеми. Дисертация. ЛТУ, София, 473 стр.

Наредба № 3 от 1 август 2008 г. за „Нормите за допустимо съдържание на вредни вещества в почвите“. Министерството на околната среда и водите, Министерството на здравеопазването и Министерството на земеделието и храните. Обн. ДВ. бр. 71 от 12 Август 2008 г.

Пенков, М., В. Донов, Т. Бояджиев, Т. Андонов, Н. Нинов, М. Йолевски, Г. Антонов, Св. Генчева. 1992. Класификация и диагностика на почвите в България във връзка със земеразделянето. *Земиздат*, София, 151 с.

ПУ. 2001 – 2010. План за управление на национален парк „Централен Балкан“. с. 21.

Кононова, М. 1963. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. АН СССР, Москва., 314 с.

Cools, N., B. De Vos. 2010. Sampling and Analysis of Soil. Manual Part X. In: Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests, UNECE, ICP Forests, Hamburg, 14-17; <http://www.icp-forests.org/Manual.htm>

Cools, N., De Vos B. 2011. Availability and evaluation of European forest soil monitoring data in the study on the effects of air pollution on forests. *iForest* 4: 205-211 [online 2011-11-03] URL: <http://www.sisef.it/iforest/show.php?id=588>

FAO. 2006. Guidelines for Soil Description. Fourth Edition. Rome.95.

Filcheva, E., C. Tsadilas. 2002. Influence of Clinoptilolite and Compost on Soil Properties. *Commun. of Soil Sci. and Plant Analysis*, 33: 595-607

Gundersen, P. 1998. Effect on soils. Nitrogen. In: ICP-Forest and ICP-IM. Cause-effect Relationships of forest Ecosystems. UN-ECE. 20.

ICP Forests and ICP Integrated Monitoring. 2002. Joint report „Cause-effect Relationships of

Forest Ecosystems“. Federal Research Centre for Forestry and Forest Product. Finnish Environment Institute. 46.

IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007. World Soil Resources Report № 103. FAO, Rome.110.

Lorenz, M., Becher, G. (eds.). 2012. Forest Condition in Europe, 2012 Technical Report of ICP Forests. Work Report of the Thünen Institute for World Forestry 2012/1. ICP Forests, Hamburg, 2012. 167.

Michel, A., Seidling, W. (Editors). 2014. Forest Condition in Europe: 2014 Technical Report of ICP Forests. Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP). Vienna: BFW Austrian Research Centre for Forests. BFW-Dokumentation 18/2014. 164 p.

Ulrich, B. 1983. Soil Acidity and its Relations to Acid Deposition. In: Effects on accumulation of Air Pollution on Forest Ecosystems. Reidel. Boston. S. 1-29.

Vanmechelen, L., R. Groenemans, E. Van Ranst. 1997. Forest Soil Condition in Europe. Forest Soil Co-ordinating Centre. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution on Forest. UN-ECE. 261.