

GEOGENE UND ANTHROPOGENE BEEINFLUSSUNG DER BÖDEN IN DER WEST THESSALISCHEN EBENE/GRIECHENLAND

V. Schimani* und H. E. Schneider*

ABSTRACT

Chemical analyses were carried out to assess the geogenic and anthropogenic influences on soils of the Western Thessaly Plain.

The prevailing soil types are developing on alluvial and colluvial deposits as fluvisols and regosols with a loamy to sandy composition. The pH-values are varying from weakly acid to highly alkaline. Soil contents of metal and non-metal elements (table 1) are used to established correlations between them and soil organic matter or pH-values. Different metal groups may also be associated to different rock types or to human impact. Methods of selective extraction may help to evaluate the bioavailability of the chemical elements. The origin of several heavy metals by human impact could be elucidated, this in a most interesting example along a highway.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή έχει σκοπό την έρευνα της ανθρωπογενούς επίδρασης τοξικών στοιχείων στα εδάφη του δυτικού Θεσσαλικού κάμπου και την διάκριση από την γεωγενή επίδραση. Στα 500 περίπου δείγματα που ελήφθησαν έγιναν οι ακόλουθες αναλύσεις: τύπος και κλάση εδαφών, αργιλικά ορυκτά, pH, χούμος, ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, ποσοτική ανάλυση των σπουδαιότερων τοξικών και θρεπτικών στοιχείων και τέλος εκχυλίσματα δια κατεργασίας των εδαφών με διαλύματα διαφορετικών pH.

Με βάση αυτές τις αναλύσεις εξακριβώθηκαν τα επόμενα: οι μεγάλες συγκεντρώσεις των μετάλλων Co, Mg, Ni, Fe, και Cr καθώς επίσης και κατά μέρος Mn, Na, Cu και Zn έχουν ως αιτία τους οφιόλιθους της ζώνης της Πίνδου, το Αίκαι το Κ τους γνεύσιους της Πελαγονικής ζώνης. Τα μέταλλα αυτά συνιστούν την γεωγενή επίδραση των εδαφών.

Ανθρωπογενή αιτία έχουν τα βαρέα μέταλλα: Cd, Pb, Ni, Cu, Cr, Hg και Zn. Τα καλλιεργήσιμα με σιτάρι εδάφη χαρακτηρίζονται από μεγάλες συγκεντρώσεις Cd και Hg.

Εδάφη με καλλιέργειες από βαμπάκι και καλαμπόκι ως και καλλιέργειες καρποφόρων δέντρων δείχνουν μεγάλες συγκεντρώσεις Zn. Στους αμπελώνες έχουμε Cd, Pb και Cu. Η κτηνοτροφία, ιδιαίτερα προβάτων, έχει αποτέλεσμα τις μεγάλες συγκεντρώσεις Cu. Τα εδάφη κοντά στους δρόμους του επαρχιακού δικτύου χαρακτηρίζονται από μεγάλες περιεκτικότητες των βαρέων μετάλλων: Cd, Pb, Ni, Cr και Zn.

*Angewandte Geochemie, Zentrum für Umweltforschung der Universität des Saarlandes, Beethovenstraße, Zell. II, 6602 Saarbrücken-Dudweiler, BRD

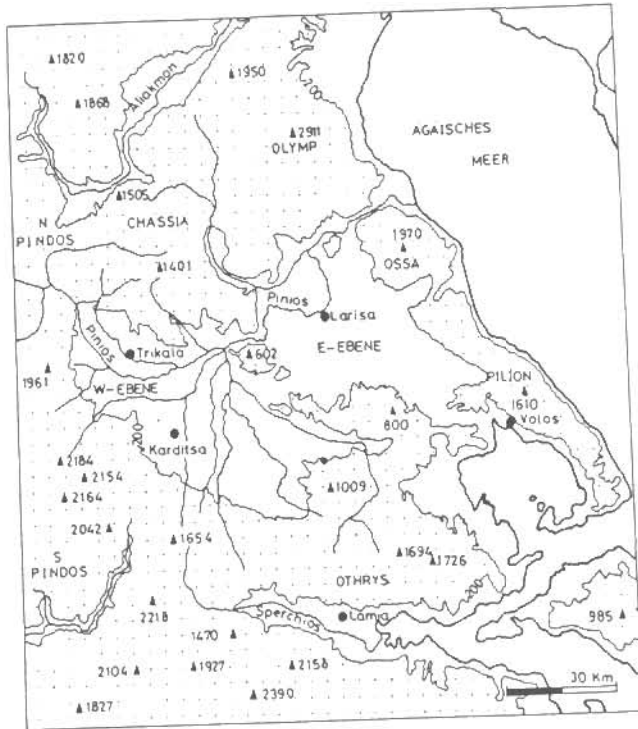


Abb. 1. Die Lage der Thessalischen Ebene in Griechenland
 Fig. 1. The situation of the Thessalian-Plain in Greece

Um Vorstellungen über geogene und anthropogene Einflüsse auf die Böden in der Westthessalischen Ebene (Abb. 1) zu gewinnen, wurden von 1986 bis 1989 rund 500 Bodenproben entnommen, auf den Gesamtgehalt der wichtigsten Nähr- und Schad-elemente sowie deren Verfügbarkeit unter verschiedenen Bedingungen untersucht. Dabei interessierte auch die Erfassung des Bodenmilieus in dem Gebiet intensiver landwirtschaftlicher Nutzung.

Der geogene Eintrag von Schadstoffen in den Böden kann, als naturgegeben, durch den Menschen kaum beeinflußt werden. Anthropogene Einträge dagegen sind gegeben durch die Nutzung des Bodens (Düngemittel, Pflanzenschutzmittel) und die menschliche Abfallproduktion, worunter nicht nur Siedlungs- und Industrieabfälle, sondern auch Immissionen aus Industrie, Siedlung und Verkehr zu verstehen sind.

Bei dieser Betrachtung ist zu bedenken, daß auch die Überdosierung von Nährstoffen schädlich sein kann, so z.B. Stickstoff, eines der wichtigsten Strukturelemente der Organismen, der gerade in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten häufig durch Überdosierung als Nitrat ins Trinkwasser gelangt und als Vorstufe der karzinogenen Nitrosamine gilt.

BODENUNTERSUCHUNGEN

Die Entnahme der flachen Bodenproben erfolgte rasterartig mit einem Punkteabstand von 5 km. Um den Einfluß der Petrographie der an der Beckenfüllung beteiligten Gesteine zu erfassen, und um den anthropogenen Eintrag bekannten Strukturen zuzuordnen, wurden Gesamtsilikataufschlüsse (nach HERMANN, 1979) hergestellt und analysiert. Dazu kamen Analysen von Bodenprofilen, um die Elementgehalte in verschiedener Tiefe darzustellen. Proben bestimmter Anbauflächen zeigen einen Zusammenhang zwischen der agrochemischen Behandlung und dem Grad der dafür spezifischen Bodenbelastung.

Mittels selektiver Extraktionsverfahren (nach PATCHINEELAM 1975, SALOMONS und FORSTNER 1984, CALMANO und FORSTNER 1985, WILLEMS 1988) läßt sich das Verhalten bestimmter Elemente (Bioverfügbarkeit), unter unterschiedlichen Bedingungen (Salzgehalte, pH-Werte, Redoxverhältnisse, mikrobielle Aktivitäten) abschätzen.

Das ist deshalb von Interesse, weil ein hoher Anteil der Elemente im Boden nicht für die Pflanze zur Verfügung steht und dadurch die aktuelle Verwertung der Nährstoffe und das Gefahrenpotential der Schadstoffe besser dargestellt wird.

Der vorherrschende Bodentyp der Westthessalischen Ebene sind Aueböden, die sich auf den Alluvionen und Hangschuttmassen der Randgebirge und Höhenzüge entwickeln. Deren petrographischem Aufbau entsprechend unterscheiden sich auch die Böden am Rande der Ebene (z.B. Pindos-Ophiolithe); im Zentralteil der Ebene

vermischen sich unterschiedliche Einflüsse.

- Die Böden sind vorwiegend lehmig ausgebildet (sandiger Lehm), daneben existieren aber auch sandige und tonige Böden. Die lehmigen Böden kommen am Gebirgsrand und entlang der Flüsse, vor allem am Pinos-Fluß, vor. Tonige Böden finden wir vor allem in den Überschwemmungsgebieten im Zentrum der Ebene von Karditza/Sofades.

- Unter den Tonmineralien der Böden befinden sich Illit, Vermiculit, Montmorillonit, Kaolinit und dazu in einigen Proben Chlorit. Die Tonmineralien verdanken ihre Entstehung hauptsächlich den Gneisen der Pelagonischen Zone im Osten sowie den Ophiolithen der Pindos-Zone im Westen der Westthessalischen Ebene.

- Die pH-Werte schwanken vom mäßig sauer (pH H₂O: 5.94, KCl: 4.63, CaCl₂: 5.72) bis extrem alkalisch (pH H₂O: 11.05, KCl: 9.01, CaCl₂: 10.26). Prozentual verteilen sie sich folgendermaßen: 2.1%: <6, 6.7%: 6-7, 21.1%: 7-8, 56.8%: 8-9, 13.3%: >9.

Mäßig saure bis schwach alkalische Böden fanden sich am westlichen und südlichen Rand der Ebene (Ophiolithe), im Zentrum stiegen sie auf Werte zwischen 8 und 9, im Norden und Nordwesten lagen sie im sehr stark bzw. extrem alkalischen Bereich (Kalkgebirge). Darüber hinaus wurden Unterschiede zwischen Acker- und Brachland festgestellt, dabei wurden im Ackerland höhere pH-Werte gefunden, was wir auf den Einfluß der Düngung zurückführen.

Weitere gemessene Parameter sind:

- Die Gehalte an organischer Substanz; sie variieren normalerweise zwischen 1 und 2%, können aber auch Spitzenwerte bis 7% erreichen.

- Die potentielle Austauschkapazität schwankt zwischen 6 und 58 mval/100 g Boden, die höchsten Werte wurden bei tonigen Böden gefunden. Bei 38.3% der Proben (lehmige Böden) liegt sie zwischen 20 und 30 mval/100 g Boden, bei den übrigen Proben ist sie geringer (23.4%), bzw. höher (38.2%).

Die quantitative Bestimmung der bereits erwähnten Elementgehalte an Leicht-, Schwer- und Halbmetallen, die den Schwerpunkt unserer Untersuchungen bildeten, erfolgte aus einem Gesamtsilikataufschluß (nach HERMANN, 1979) mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS). Es wurden dabei die Fraktionen kleiner und größer als 0.2 mm getrennt untersucht.

Die Ergebnisse der Metall- und Nichtmetallanalysen sind in der Tabelle 1 dargestellt. Die Korrelation zwischen den in dieser Tabelle aufgeführten Elementen sowie der organischen Substanz und dem pH-Wert ergab 5 Gruppen von jeweils gut miteinander korrelierenden Parametern.

	Maximal-	Minimal-	Mittelwert	Median
Cr (ppm)	484	19	141,14	133
Ni (ppm)	1625	22	216,26	164
Co (ppm)	75	2	19,47	19
Mg (%)	11,15	0,19	1,88	1,55
Fe (%)	19,71	0,43	3,72	3,43
Cu (ppm)	62	19	37,69	37
Zn (ppm)	235	34	85,19	86
Mn (ppm)	2087	332	943,77	955
Na (%)	3,37	0,5	1,52	1,58
Pb (ppm)	30	5	15,39	15
Al (%)	10,33	0	6,7	6,67
K (%)	3,06	0,1	1,49	1,41
Cd (ppm)	1,208	0,089	0,24	0,223
Hg (ppm)	2,67	0,2	0,87	0,8
Ca (%)	30,00	0,1	1,73	0,92
N (%)	0,29	0,05	0,116	0,11
P (%)	1,65	0,1	0,495	0,41

Tab. 1. Maximal-, Minimal-, Mittel- und Medianwerte der untersuchten Metalle und Nichtmetalle von 90 Probepunkten

Tab. 1. Maximal, minimal, mean and median values of metal and non-metal content from 90 samples

Gruppe 1: Cr- Ni- Co- Mg- Fe

Hohe Korrelationen von 0.9 kennzeichnen diese Gruppe, die aufgrund der Ähnlichkeit ihrer Zusammensetzung mit dem Serpentin als "Serpentinelemente" bezeichnet wird.

Gruppe 2: Cu- Zn- Mn- Na

Ihre Korrelation liegt im Bereich von 0.7-0.8, nach ihrer Zusammensetzung werden sie als "Pillow-Lavaelemente" bezeichnet.

Gruppe 3: Pb- Al- K

"Kalifeldspat- und Glimmerelemente" (Muskovit)

Ihre Korrelation beträgt ebenfalls 0.7- 0.8

Gruppe 4: Cd- Zn- pH-Wert

Sie enthält leicht lösliche Metalle, die gut mit dem pH-Wert korrelieren. Hierbei handelt es sich vorwiegend um anthropogen eingebrachte Substanzen.

Gruppe 5: N- organische Substanz

Wie schon zu erwarten war, lassen sich Stickstoff und organische Substanz sehr gut korrelieren.

Ca, Hg und P zeigen keine Korrelationen.

Alle Bodenproben wurden auf ihren Gesamtgehalt untersucht. Zusätzlich wurden bei einem Teil der Proben selektive Extraktionsverfahren angewendet, um die Art der Bindung festzustellen; denn sie ist von entscheidender Bedeutung für die Frage der "Verfügbarkeit" und damit der möglichen toxischen Wirkung innerhalb der Biosphäre.

Die Auswertung dieser Untersuchungen ergab die Möglichkeit, die Metalle in 3 charakteristische Gruppen einzuteilen, die den jeweils vorherrschenden Bindungsformen entsprechen:

Gruppe I umfaßt die Metalle K, Al, Fe, Co, Cr und Mg, die in den silikatischen Anteilen (Residualfraktion) vorliegen, ein geringer Anteil zeigt organische und sulfidische Bindungsformen.

Gruppe II enthält Ni, Cu, Zn und Mn, wobei reduzierbare Phasen, organische und sulfidische Bindungsformen sowie die Residualfraktion vorherrschen; Mn weist zusätzlich eine karbonatische Bindung auf.

Gruppe III, in ihr liegen die Elemente Cd, Pb und Ca mit hauptsächlich organischer und sulfidischer Bindungsform vor. Dabei beträgt der leicht lösliche und austauschbare Anteil von Cd und Ca 15% bzw. 17%. Hierdurch ist eine leichte Mobilisierung in die Bodenlösung gegeben, wobei vor allem beim Cd die Gefahr toxischer Wirkung naheliegt.

Zu dem Ziel der Untersuchungen, geogene und anthropogene Einflüsse zu interpretieren, läßt sich bisher folgendes aussagen:

Der relativ hohe Gehalt an Cr, Ni, Co, Mg und Fe wird mit großer Wahrscheinlichkeit durch den beachtlichen Anteil dieser Metalle im Ophiolith verursacht und stellt somit die geogene Belastung dar.

Als vorwiegend anthropogen dagegen werden die Schwermetalle Hg, Cd, Cu, Pb und Zn interpretiert:

Weizenanbauflächen werden meistens charakterisiert durch hohe Anteile von Hg und Cd, Baumwoll- und Maisfelder sowie Apfelplantagen durch erhöhte Zn- Gehalte. In Weinanbauflächen sind die Cu, Cd und Pb- Konzentrationen erhöht; Tierhaltung, insbesondere Schafzucht, bewirkt, nach bisheriger Feststellung, hohe Cu- Anteile. Die Klärung der Ursachen dieser erhöhten Werte bedarf weiterer Untersuchungen.

Besonders deutlich wird die anthropogene Belastung der Böden beiderseits häufig befahrener Autostrassen. So wurden quer zur Nationalstraße Larissa-Kalambaka Probenserien von Brach- und Ackerland bis in eine Tiefe von maximal 55 cm entnommen und analysiert. Das Ergebnis zeigt (Abb. 2) den Einfluß des Kraftverkehrs, der sich bis zu einem Abstand von mindestens 10 m vom Straßenrand deutlich bemerkbar macht. Aus Treibstoff- und Motorrückständen sowie dem Abrieb von Reifen und Motoren erklären sich Einträge von Pb, Cd, Zn, Cr und Ni. Die hohen Ca- Anteile dürften dagegen aus dem Material des Straßenunterbaues stammen.

- CALMANO, V., FORSTNER, U. (1985). Schwermetall-Bindungsformen in Küstensedimenten - Standardisierung von Extraktionsmethoden.- Bundesministerium für Forschung und Technologie, Forschungsbericht M 85-004/Meeresforschung, München.
- HERMANN, R. (1979). Untersuchungen zur Bestimmung von Pb, Cu, Zn, As, Se und Sb in Böden und deren Ausgangsgesteinen mit ausgewählten Beispielen aus der nördlichen Eifel.- Dissertation, Tachen.
- PATCHINEELAM, S. R. (1975). Untersuchungen über die Hauptbindungsarten und die Mobilisierbarkeit von Schwermetallen in fluviatilen Sedimenten.- Dissertation, Heidelberg.
- SALOMONS, W., FORSTNER, U. (1984). Metals in the Hydrocycle.- Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- WILLEMS, M. (1988). Untersuchungen zur Verteilung und Bindung von Nähr- und Spurenelementen in verschiedenen Kompartimenten von Korbweiden (*Fagus sylvatica*) auf Muschelkalkstandorten im Saarland.- Dissertation, Saarbrücken.

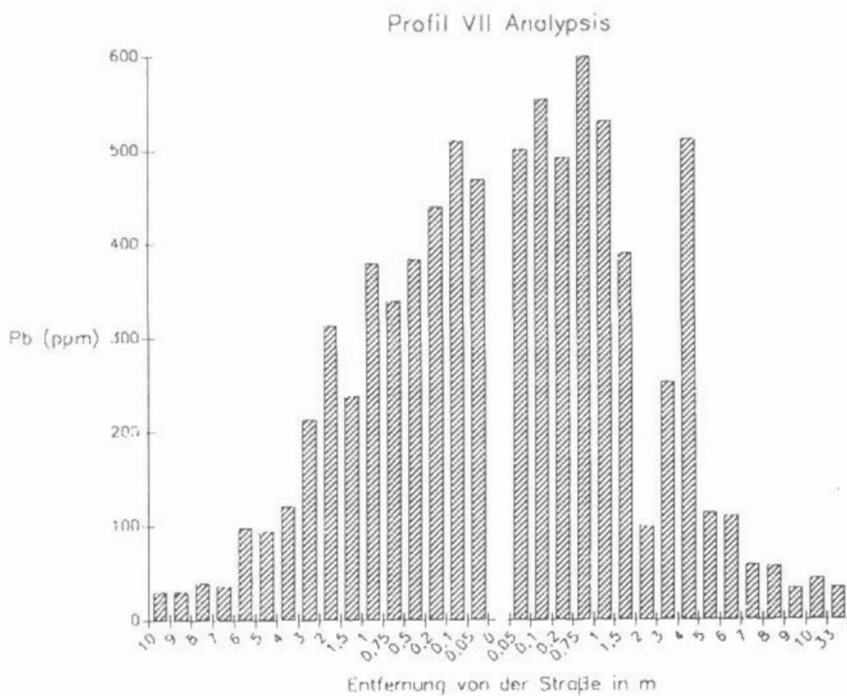


Abb. 2 Pb-Konzentration in Abhängigkeit von der Entfernung zur Straße

Fig. 2 Pb-concentration in relation to the distance of the highway