

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΕ ΤΡΕΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΤΗΣ ΒΔ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ

Παγώνας Μ., Κοντόπουλος Ν.

Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας, Εργαστήριο Ιζηματολογίας

Περίληψη

Σκοπός στις εργασίες είναι ο υπολογισμός στις εδαφικής απώλειας εξαιτίας στις δράσης του νερού, χρησιμοποιώντας την Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (ΠΕΕΑ) $SE=RxKxLSxCxP$. Ο τύπος στις υπολογίζει τη μέση ετήσια εδαφική διάβρωση σε καλλιεργούμενες και μη εκτάσεις αλλά δε λαμβάνει υπόψη τη μεταφορά ιζήματος. Η διαβρωτικότητα στις βροχόπτωσης ΣΤΙΣ υπολογίζεται βάσει του ετήσιου ύψους βροχής. Ο συντελεστής εδαφικής διαβρωσιμότητας (Κ) προσδιορίστηκε βάσει των γεωλογικών σχηματισμών. Ο τοπογραφικός συντελεστής (LS) προσδιορίστηκε από το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (ΨΜΕ) στις περιοχές έρευνας. Τέλος, οι συντελεστές φυτοκάλυψης ΣΤΙΣ και διαχείρισης των εδαφών (Ρ) προέκυψαν από χάρτες φυτοκάλυψης και χρήσεων γης του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης. Για τη διαχείριση των παραπάνω δεδομένων και των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ). Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι περιοχές υψηλού κινδύνου παρατηρούνται στα κεντρικά και υψηλότερα τμήματα στις λεκάνης απορροής του Βολιναίου (Αργυρά, Σελλά, Πιτίτσα), ενώ στις λεκάνες του Σέλεμνου και του Ξυλοκέρα περιορίζονται στα ενδιάμεσα και κατώτερα τμήματα.

SOIL EROSION ESTIMATION WITH THE UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION: A CASE STUDY OF THREE HELLENIC BASINS, NW PELOPONNESE, GREECE

Pagonas M., Kontopoulos N.

University of Patras, Department of Geology, Laboratory of Sedimentology

Abstract

The aim of this paper was to estimate the soil loss due to water by using the simple empirical model of the Universal Soil Loss Equation (USLE) $SE=RxKxLSxCxP$. The model calculates the mean annual soil erosion from cultivated (or non-) lands and does not take into account sediment yield. A Geographical Information System (GIS) was used as a tool to handle and manage data for application of the model. The R-factor (rainfall erosivity) was estimated from the mean annual rainfall-erosivity relationship. The K-factor (soil erodibility) was determined according the soil structure and permeability. The LS-factor (topographic) was determined from a Digital Elevation Model (DEM) of the study area. The C-factor (cropping management) was determined from maps of vegetation cover data, obtained from the Ministry of Agriculture, while the P-factor (support practice) was estimated according the human activities against soil erosion. From the results obtained regions of high risk of soil erosion are mainly located at the middle and the upper parts of Volinaios basin (Argyra, Sella, Pititsa) while in Selemnos and Xylokeras basins are limited at the middle to lower parts.

Λέξεις κλειδιά: Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας, εδαφική διάβρωση, Ρίο.

Key words: Universal Soil Loss Equation, soil erosion, Rio.

1. Εισαγωγή

Η περιοχή έρευνας εντοπίζεται στη ΒΔ Πελοπόννησο. Αποτελείται από τις υδρολογικές λεκάνες των χειμάρρων Σέλεμνου, Ξυλοκέρα και Βολιναίου και καλύπτει 68.626 χλμ². Είναι ημιορεινή έως ορεινή, με το μέσο υψόμετρο να κυμαίνεται στα 480.74 m. Η μέση κλίση της περιοχής ανέρχεται στα 42.04%. Το τεκτονικό καθεστώς της περιοχής αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στη διαμόρφωση και ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου.

Σκοπός της εργασίας είναι να εντοπιστούν περιοχές υψηλού κινδύνου εδαφικής διάβρωσης, με σκοπό τη μελλοντική διαχείριση των εδαφών για την αντιμετώπιση του φαινομένου.

2. Δεδομένα και μεθοδολογία

Επιστήμονες στις ΗΠΑ ανέπτυξαν την Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (ΠΕΕΑ) (Wischmeier and Smith, 1965; 1978) ως μια τεχνική εκτίμησης της εδαφικής διάβρωσης και αποτίμησης των διάφορων πρακτικών διατήρησης του εδαφικού στρώματος. Η ΠΕΕΑ επιτρέπει τον υπολογισμό της μέσης ετήσιας εδαφικής διάβρωσης για συγκεκριμένες φυσικές και ανθρωπογενείς συνθήκες. Ο υπολογισμός της εδαφικής διάβρωσης γίνεται με τον τύπο:

$$SE = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

όπου, SE η εδαφική απώλεια ανά μονάδα επιφάνειας (t/ha ή kg/m²), R ο συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹), K ο συντελεστής εδαφικής διαβρωσιμότητας (t h MJ⁻¹ mm⁻¹), LS ο τοπογραφικός συντελεστής που αποτελείται από το γινόμενο του συντελεστή μήκους κλιτύος (L) και του συντελεστή κλίσης κλιτύος (S) (-), C ο συντελεστής φυτοκάλυψης (-) και P ο συντελεστής διαχείρισης των εδαφών κατά της διάβρωσης (-).

Η ΠΕΕΑ αποτελεί μια από τις πιο δημοφιλείς μεθόδους υπολογισμού της ετήσιας εδαφικής απώλειας κυρίως λόγω της απλότητάς της στην εφαρμογή καθώς και στη συλλογή των δεδομένων.

2.1 Συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης (R)

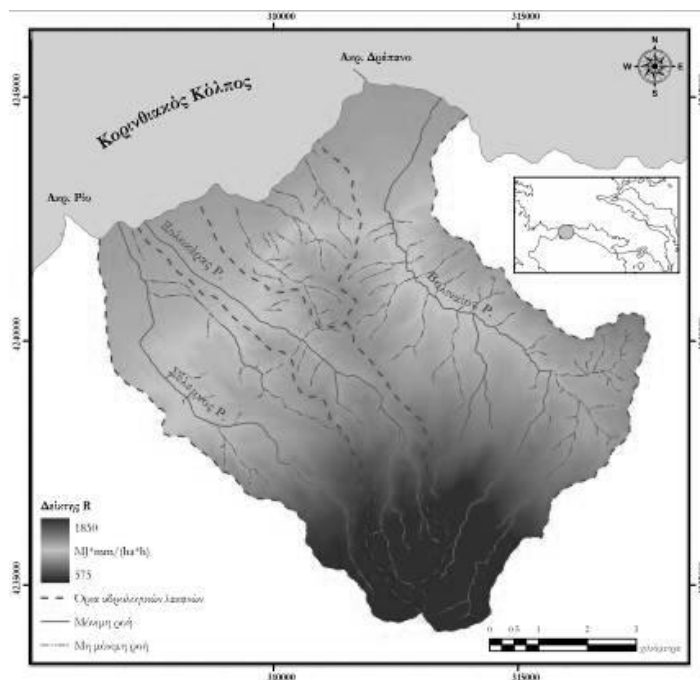
Η τιμή του συντελεστή R είναι το άθροισμα όλων των EI30 για όλες τις ισχυρές βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια ενός υδρολογικού έτους, όπου E είναι η κινητική ενέργεια της βροχόπτωσης και I30 είναι η μέγιστη 30-λεπτη ένταση βροχόπτωσης σε κάθε καταιγίδα. Σε πολλές περιπτώσεις, όμως, η πληροφορία αυτή δεν είναι διαθέσιμη. Έτσι, γίνεται χρήση απλών σχέσεων γραμμικής παλινδρόμησης που δίνουν το συντελεστή R σε συνάρτηση με τη μέση ετήσια βροχόπτωση N. Μια σχέση που αναπτύχθηκε στη Γερμανία (Schwertmann et al., 1990) και έχει χρησιμοποιηθεί και για τις ελληνικές συνθήκες (Χρυσάνθου και Πυλιώτης, 1995; Ζαρρής κ.ά., 2001) είναι:

$$R = 0.83N - 17.7 \quad (2)$$

όπου, R ο συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης, και N η μέση ετήσια βροχόπτωση (mm).

Για τον υπολογισμό του συντελεστή R χρησιμοποιήθηκαν βροχομετρικά δεδομένα των σταθμών 'Αίγιο' και 'Πάτραί', που ανήκουν στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ), και των σταθμών 'Λεόντιο' και 'Μελίσσια', που ανήκουν στη Δημόσια Επιχείριση Ηλεκτρισμού

(ΔΕΗ), για τα έτη 1975-2004. Από την επεξεργασία των βροχομετρικών δεδομένων και με τη χρήση της παραπάνω εξίσωσης, προέκυψε ο κάρναβος κατανομής της διαβρωτικότητας της βροχοπτώσης για την περιοχή έρευνας (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Χάρτης κατανομής της διαβρωτικότητας της βροχοπτώσης

2.2 Συντελεστής εδαφικής διαβρωσιμότητας (K)

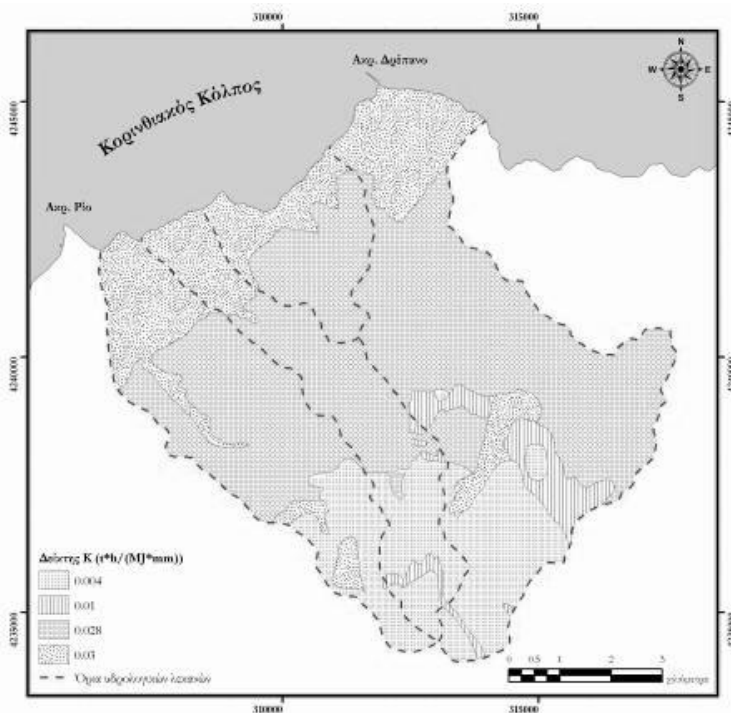
Η τιμή του συντελεστή K ορίζεται βάσει των ιδιοτήτων του εδάφους, ανάλογα δηλαδή με την υφή, την περιεκτικότητα σε άμμο - πηλό - άργιλο - οργανικό υλικό καθώς και τη δομή και την διαπερατότητά του, όπως ορίζεται από τη διεθνή βιβλιογραφία (Mitchell and Bubbenzer, 1980; Χρυσάνθου και Πυλιώτης, 1995).

Στην παρούσα εργασία, οι τιμές του συντελεστή K προσαρμόστηκαν στη συγκεκριμένη περίπτωση και τροποποιήθηκαν συνεκτιμώντας χαρτογραφικά δεδομένα (γεωλογικοί χάρτες ΙΓΜΕ, 1:50,000) και υπαιθριες παρατηρήσεις. Έτσι, οι γεωλογικοί σχηματισμοί ομαδοποιήθηκαν με βάση τη διαβρωσιμότητά τους σε ασβεστόλιθους Πίνδου (ασβεστόλιθοι με ενδιαστρώσεις κερατολίθων και αργιλικών σχιστολίθων), σε φλύσχη Πίνδου, σε πλειοκαινικές αποθέσεις (κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες) και σε τεταρτογενείς αποθέσεις (Εικόνα 2). Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται οι τιμές του συντελεστή K για τους υπάρχοντες γεωλογικούς σχηματισμούς.

Πίνακας 1. Συντελεστής K με βάση τους γεωλογικούς σχηματισμούς

Γεωλογικός σχηματισμός	Συντελεστής K
Ασβεστόλιθοι Πίνδου	0.004
Φλύσχης Πίνδου	0.01

Γεωλογικός σχηματισμός	Συντελεστής K
Πλειοκαινικές αποθέσεις	0.028
Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.03



Εικόνα 2. Χάρτης κατανομής της εδαφικής διαβρωσιμότητας βάσει των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής έρευνας

2.3 Τοπογραφικός συντελεστής (LS)

Ο τοπογραφικός συντελεστής LS είναι ο συνδυασμός δύο παραγόντων, του συντελεστή μήκους κλιτύς (L) και του συντελεστή της κλίσης κλιτύς (S). Ο συντελεστής L δίνεται από τον τύπο:

$$L = \left(\frac{x}{22.13} \right)^m \quad (3)$$

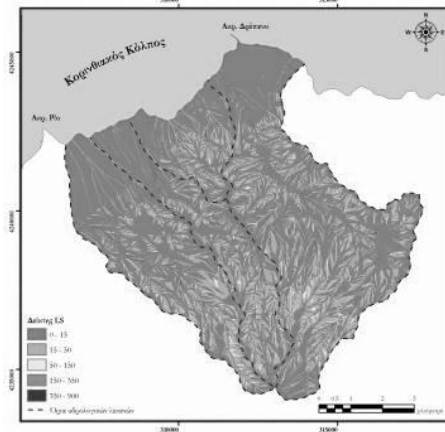
όπου x είναι το μήκος της κλιτύς σε οριζόντιο επίπεδο και m εκθέτης ο οποίος είναι ίσος με 0.5 αν η κλίση είναι ≥5%, 0.4 αν η κλίση είναι μεταξύ 3 και 5%, 0.3 αν η κλίση είναι μεταξύ 1 και 3% και 0.2 αν η κλίση είναι ≤1%.

Ο συντελεστής S δίνεται από τον τύπο:

$$S = \frac{0.43 + 0.3s + 0.043s^2}{6.413} \quad (4)$$

όπου S είναι η κλίση (%).

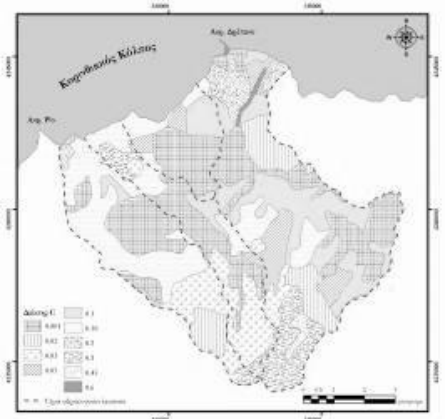
Για τον προσδιορισμό του τοπογραφικού συντελεστή, χρησιμοποιήθηκαν τοπογραφικοί χάρτες της περιοχής (ΓΥΣ, 1:50,000). Έγινε ψηφιοποίηση των ισοψών καμπύλων και κατασκευάστηκε το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (ΨΜΕ). Με τη χρήση προγράμματος ΓΣΠ προέκυψε ο κánaβος κατανομής του συντελεστή LS (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Χάρτης κατανομής του τοπογραφικού συντελεστή

2.4 Συντελεστής φυτοκάλυψης (C)

Ο συντελεστής φυτοκάλυψης C προκύπτει από τα διαγράμματα των χρήσεων γης. Για την περιοχή έρευνας χρησιμοποιήθηκαν τα διαγράμματα κάλυψης CORINE, σε κλίμακα 1:100,000, του Οργανισμού Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδος (ΟΚΧΕ) του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Για κάθε χρήση γης που απαντάται στην περιοχή, αντιστοιχίζεται μία τιμή του συντελεστή C, η οποία προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία (Wischmeier and Smith, 1978; Schwertmann et al., 1990; Χρυσάνθου και Πυλιώτης, 1995) και είναι προσαρμοσμένη στην περιγραφή των συγκεκριμένων χρήσεων γης. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι τιμές του συντελεστή C, με τους αντίστοιχους κωδικούς CORINE, για τις υπάρχουσες χρήσεις γης (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Χάρτης κατανομής του συντελεστή φυτοκάλυψης με βάση τις χρήσεις γης

Πίνακας 2. Συντελεστής C με βάση τις χρήσεις γης κατά CORINE

Κωδικός	Χρήση γης	Συντελεστής C
211	Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη	0.3
221	Αμπελώνες	0.2
222	Οπωροφόρα δέντρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς	0.2
223	Ελαιώνες	0.1
242	Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	0.18
243	Γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	0.1
244	Αγροτικές δασικές περιοχές	0.05
313	Μικτό δάσος	0.001
321	Φυσικοί βοσκότοποι	0.3
323	Σκληροφυλλική βλάστηση	0.03
324	Μεταβατικές δασώδεις θαμνώδεις εκτάσεις	0.02
331	Παραλίες αμμόλοφοι αμμουδιές	0.6
333	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	0.45

2.5 Συντελεστής διαχείρισης των εδαφών (P)

Η τιμή του συντελεστή P κυμαίνεται από 0-1, ανάλογα με τα έργα που έχουν γίνει για την αντιμετώπιση της διάβρωσης (πχ δημιουργία αναβαθμών, καλλιέργεια κατά μήκος ισοϋψών καμπύλων, κá). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, εξαιτίας της έλλειψης μέτρων αντιμετώπισης της διάβρωσης, ο συντελεστής P έχει τιμή 1 σε όλη την περιοχή μελέτης.

3. Αποτελέσματα - Εδαφική διάβρωση (SE)

Στο χάρτη της εικόνας 5 διακρίνονται οι περιοχές υψηλού κινδύνου εδαφικής απώλειας. Τέτοιες περιοχές είναι γύρω από τους οικισμούς Αργυρά και Σελλά, που βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Βολινάιου, καθώς και Πιτίσα (νότιο τμήμα). Για την υψηλή εδαφική απώλεια στις περιοχές αυτές ευθύνονται κυρίως οι ενδιάμεσες τιμές των συντελεστών K (Πλειοκαινικές-Τεταρτογενείς αποθέσεις) και C (αγροτικές δασικές περιοχές-γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία-ελαιώνες-σύνθετα συστήματα καλλιέργειας), σε συνδυασμό με τις ενδιάμεσες κλίσεις που επικρατούν στις περιοχές αυτές ($15 < LS < 610$). Το ίδιο συμβαίνει και στα κεντρικά τμήματα των λεκανών απορροής των χειμάρρων Σέλεμου και Ξυλοκέρα όπου οι τιμές των συντελεστών K (Πλειοκαινικές αποθέσεις), LS και C (ελαιώνες-σύνθετες καλλιέργειες) είναι εξίσου υψηλές.

Επίσης, στο νότιο τμήμα της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Βολινάιου, παρά το γεγονός ότι οι τιμές του συντελεστή K (ασβεστόλιθοι-φλύσχης Πίνδου) είναι αρκετά χαμηλές, οι συντελεστές C (φυσικοί βοσκότοποι-εκτάσεις με αραιή βλάστηση) και LS ($15 < LS < 420$) παίρνουν υψηλές τιμές και σε συνδυασμό με το μεγάλο ύψος βροχής ($R > 1400$), παρατηρούνται πολύ υψηλές τιμές εδαφικής απώλειας.

Αντίθετα, στο νότιο τμήμα των λεκανών απορροής των χειμάρρων Σέλεμου και Ξυλοκέρα, ενώ επικρατούν απότομες κλίσεις και το ύψος βροχής ($R > 1300$) παίρνει πολύ υψηλές τιμές, οι πολύ μικρές τιμές των συντελεστών C (δασώδεις/θαμνώδεις εκτάσεις-σκληροφυλλική βλάστηση) και K (ασβεστόλιθοι-φλύσχης Πίνδου) αντιστέκονται στην εδαφική απώλεια.

εντοπισμό περιοχών υψηλού ρυθμού ιζηματογένεσης. Τέτοιες περιοχές είναι συνήθως οι περιοχές χαμηλών κλίσεων που βρίσκονται κάτω από τις περιοχές υψηλής εδαφικής διάβρωσης.

Βιβλιογραφία

Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε.: Βροχομετρικά δεδομένα σταθμών 'Λεόντιο' και 'Μελίσσια', για τα έτη 1975-2004.

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία: Βροχομετρικά δεδομένα σταθμών 'Αίγιο' και 'Πάτραι', για τα έτη 1975-2004.

Ελληνική Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, 1987: φύλλα χάρτη 'Ναύπακτος' και 'Χαλανδρίτσα', Κλίμακα 1:50000.

Ζαρρής, Δ., Λυκούδη, Ε. & Κουτσογιάννης, Δ., 2001: Διερεύνηση των αποθέσεων φερτών υλικών σε υδροηλεκτρικούς ταμιευτήρες. Ερευνητικό πρόγραμμα, Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας και Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σ. 95-108, Αθήνα.

Ινστιτούτο Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους, 1971: φύλλο χάρτη: 'Ναύπακτος', Κλίμακα 1:50,000.

Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, 1984: φύλλο χάρτη: 'Χαλανδρίτσα', Κλίμακα 1:50,000.

Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδος, 1993: φύλλο χάρτη: 'Πάτραι', κλίμακα 1:100,000, CORINE Land Cover.

Χρυσάνθου, Β. & Πυλιώτης, Α., 1995: Εκτίμηση της εισροής φερτών υλών σε έναν ταμιευτήρα υπό κατασκευή. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΥΕ, σ. 355-362, Θεσσαλονίκη.

Mitchell, J.K. & Bubbenzer, G.D., 1980: Soil Loss Estimation, in Kirkby, M.J. and R.P.C. Morgan, Soil Erosion, John Wiley and Sons Ltd., p. 17-62.

Schwertmann, U., Vogl, W. & Kainz, M., 1990: Bodenerosion durch Wasser, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Wischmeier, W.H. & Smith, D.D., 1965: Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Agric. Handbook 282, U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C.

Wischmeier, W.H. & Smith, D.D., 1978: Predicting rainfall erosion losses: A guide to Conservation planning. Agric. Handbook 537, USDA Sci. and Edyc. Admin., Washington D.C.