



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΧΩΡΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ
ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΜΕΣΩ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ
ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ QGIS

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΛΑΜΟΣ

ΑΜΑΛΙΑΔΑ 2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Πατρών υπό την επίβλεψη του κ. Νικόλαου Μαλάμου Επίκουρου Καθηγητή.

Αντικείμενο της εργασίας αποτελούν τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) και η χωρική επεξεργασία δεδομένων που χρησιμοποιούνται στις Αρδεύσεις-Στραγγίσεις.

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Νικόλαο Μαλάμο, για την καθοδήγησή του και την βοήθεια που προσέφερε σε κάθε στάδιο εκπόνησης της διατριβής μου καθώς και την Αναπλ. Καθηγήτρια κ. Αγλαΐα Λιόπα-Τσακαλίδη για την υποστήριξή της.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένεια και τους φίλους μου, για την κατανόηση και συμπαράσταση που έδειξαν ολόκληρη τη περίοδο εκπόνησης της εργασίας αυτής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, με τίτλο «Ανάλυση και επεξεργασία χωρικής βάσης δεδομένων υδροδυναμικών χαρακτηριστικών του εδάφους μέσω αλγορίθμου σε περιβάλλον QGIS», έχει ως αντικείμενο τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) και τη χωρική επεξεργασία δεδομένων στις Αρδεύσεις-Στραγγίσεις. Η χωρική επεξεργασία δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού QGIS.

Στόχος, ήταν η εξαγωγή μαζικών δεδομένων από εικόνες raster της τρισδιάστατης υδραυλικής βάσης δεδομένων της Ευρώπης, για την Ελλάδα. Επιπλέον, η δημιουργία αλγορίθμου σε περιβάλλον QGIS, έγινε με τη χρήση του εργαλείου Model Builder , για την εξοικονόμηση χρόνου και την επίτευξη της μαζικής εξαγωγής των τιμών. Οι τιμές αυτές συντέλεσαν τη χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας του εδάφους σε 7 βάθη (“moisture retention curve”, MRC) και τη καμπύλη υδραυλικής αγωγιμότητας σε 7 βάθη (“Hydraulic conductivity curve”, HCC). Τέλος, με τη χρήση των τιμών της υδατοϊκανότητας (“field capacity”, FC) και των σημείων μόνιμης μάρανσης (“Permanent Wilting Point”, WP), δημιουργήθηκε η απεικόνιση νέων εικόνων raster της μέγιστης επί τοις εκατό διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας (TAW) για την Ελλάδα, σε 7 βάθη έως 200 cm εδάφους.

Ο αλγόριθμος κατάφερε να ικανοποιήσει την εξαγωγή δεδομένων χωρίς σφάλματα. Ακόμα η απεικόνιση των χαρτών της συνολικά διαθέσιμης υγρασίας, μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε μία πρώτη εικόνα για το τι συμβαίνει σε μία περιοχή, αλλά δεν είναι σε θέση ακόμα οι μετρήσεις των δορυφόρων, να αντικαταστήσουν πλήρως την ακρίβεια της συλλογής δεδομένων απ’ το σημείο ενδιαφέροντος.

Λέξεις κλειδιά: αλγόριθμος, διαθέσιμη εδαφική υγρασία (TAW), εικόνες raster, εργαλείο Model Builder, καμπύλη συγκράτησης υγρασίας (MRC), καμπύλη υδραυλικής αγωγιμότητας (HCC), λογισμικό QGIS, σημείο μόνιμης μάρανσης (WP), Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών, τρισδιάστατη υδραυλική βάση δεδομένων, υδατοϊκανότητα (FC).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

i.	ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	7
ii.	ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ	9
iii.	ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	11
iv.	ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΕΣΕΩΝ.....	11
v.	ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	12
vi.	ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ.....	13
1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	16
1.1	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS)	16
1.2	Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ GIS.....	16
1.3	ΣΥΛΛΟΓΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	17
1.3.1	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΩΝ	17
1.3.2	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	18
1.3.3	ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	21
1.4	ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	22
1.4.1	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	23
1.5	Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ GIS ΣΤΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑ	26
1.5.1	Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ GIS ΣΤΙΣ ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ.....	26
1.6	ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ GIS	27
2	QGIS.....	28
2.1	ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ.....	28
2.1.1	GDAI ΚΑΙ MDAL	29
2.2	ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ QGIS.....	29
2.3	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	30
2.4	PROCESSING MODELER	31

2.4.1	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	32
2.4.2	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΡΟΗΣ.....	33
2.4.3	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΦΟΡΤΩΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	36
3	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ.....	37
3.1.1	ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ.....	37
3.1.2	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.....	37
3.1.3	ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.....	38
4	ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ ΣΤΑ 250Μ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	40
4.1	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	42
4.1.1	ΠΕΔΟΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ.....	44
4.2	ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΝΕΡΟ (THS).....	45
4.3	ΥΔΑΤΟΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ (FC).....	50
4.3.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	55
4.4	ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ (WP).....	56
4.4.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	61
4.5	ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΦΥΤΑ (TAW).....	62
4.5.1	ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΓΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ RASTER ΤΟΥ TAW.....	63
4.5.2	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	69
4.6	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (MRC).....	70
4.7	ΚΑΜΠΥΛΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (HCC).....	73
4.7.1	ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΣΤΙΣ ΕΙΚΟΝΕΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (HCC).....	73
4.7.2	ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	74
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ.....	79
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	80

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ 81

Ι. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1 Σχηματική περιγραφή συλλογής γεωγραφικών δεδομένων, http://www.dga.gr/web/publications/notes/gis.pdf	17
Σχήμα 1.2 Συλλογή δεδομένων τηλεπισκόπισης,	18
Σχήμα 1.3 Τοπογραφικά όργανα μέτρησης,	20
Σχήμα 1.4 Οι δορυφόροι εκπέμπουν συνεχώς τις συντεταγμένες τους στο χώρο, (http://www.dga.gr/web/publications/notes/gis.pdf).....	20
Σχήμα 1.5 Συλλογή δεδομένων με τεχνολογία LiDAR,	21
Σχήμα 1.6 Ψηφιακό μοντέλο υψομέτρου.....	22
Σχήμα 1.7 Δημιουργία βάσης δεδομένων	23
Σχήμα 1.8 Γεωβάση δεδομένων αποθηκευμένη σε Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων δεδομένων,	25
Σχήμα 1.9 Πίνακας χαρακτηριστικών γραμμικών αντικειμένων,.....	25
Σχήμα 1.10 Μεταφορά πληροφορίας από την καλλιέργεια στο χρήστη,	26
Σχήμα 1.11 Καταγραφή άρδευσης και ενημέρωση μεσω cloud,	27
Σχήμα 2. 1 Επιφάνεια Εργασίας QGIS	28
Σχήμα 2. 2 Προβολή πρότζεκτ και εργαλειοθήκης QGIS	30
Σχήμα 2. 3 Προβολή εισαγωγής δεδομένων στο QGIS	31
Σχήμα 2. 4 Επιφάνεια εργασίας Processing Modeler	32
Σχήμα 2. 5 Παράδειγμα προσδιορισμού παραμέτρου	33
Σχήμα 2. 6 Παράδειγμα εισαγωγής ψηφιακού μοντέλου εδάφους σαν παράμετρος.....	34
Σχήμα 2. 8 Παράδειγμα γονικών αλγορίθμων	35
Σχήμα 4. 1 Καμπύλες υπολογισμού υδατοϊκανότητας, σημείου μόνιμης μάρανσης και διαθέσιμου νερού για τα φυτά,.....	50
Σχήμα 4. 2 Απεικόνιση απορρόφησης νερού και άλλων θρεπτικών συστατικών απ' το έδαφος, https://talkinghydroponics.files.wordpress.com/2018/03/main-qimg-f89b293aa32ba534d9c4f405b9dd6ab5-c_large.jpg	62
Σχήμα 4. 3 Αλγόριθμος δημιουργίας εικόνων TAW	63
Σχήμα 4. 4 Εισαγωγή παραμέτρων για τη δημιουργία εικόνων TAW	64

Σχήμα 4. 5 Φόρτωση των εικόνων FC και WP στον αλγόριθμος για διεξαγωγή και ολοκλήρωση του αλγορίθμου.....	64
Σχήμα 4. 6 Η δομή του αλγορίθμου που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των τιμών απ τις εικόνες MRC.....	70
Σχήμα 4. 7 Εισαγωγή παραμέτρων στο εργαλείο υπολογισμού ράστερ.....	71
Σχήμα 4. 8 Απεικόνιση του πρώτου μέρους του πίνακα με τα εισαγόμενα και τα εξαγόμενα αρχεία.....	71
Σχήμα 4. 9 Απεικόνιση του δεύτερου μέρους του πίνακα με τα εισαγόμενα και τα εξαγόμενα αρχεία .	72
Σχήμα 4. 10 Απεικόνιση ομαδοποίησης εικόνας ράστερ με τις τιμές που διεξάχθηκαν απ' τον αλγόριθμο	72
Σχήμα 4. 15 Παράδειγμα καμπύλης υδραυλικής αγωγιμότητας σε διαφορετικούς τύπους εδάφους, “Hydrology 301: what a hydraulic conductivity curve tells you & more” , Colin Campell 18 Μαΐου 2018”	73
Σχήμα 4. 16 Η δομή του αλγορίθμου που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των τιμών απ τις εικόνες HCC	74
Σχήμα 4. 11 Σύγκριση της ΧΚΥ από τα πειραματικά δεδομένα με την αντίστοιχη της 3D βάσης δεδομένων για τα 30 cm.....	75
Σχήμα 4. 13 Σύγκριση της ΧΚΥ από τα πειραματικά δεδομένα με την αντίστοιχη της 3D βάσης δεδομένων για τα 60 cm.....	76
Σχήμα 4. 12 Σύγκριση της Κ(Η) από τα πειραματικά δεδομένα με την αντίστοιχη της 3D βάσης δεδομένων για τα 30 cm.....	77
Σχήμα 4. 14 Σύγκριση της Κ(Η) από τα πειραματικά δεδομένα με την αντίστοιχη της 3D βάσης δεδομένων για τα 60 cm.....	77

ii. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 4. 1 Ο ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	46
Χάρτης 4. 2 Ο ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 5cm.....	46
Χάρτης 4. 3 Ο ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 15cm.....	47
Χάρτης 4. 4 Ο ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 30cm.....	47
Χάρτης 4. 5 Ο ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 60cm.....	48
Χάρτης 4. 6 Ο ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 100cm.....	48
Χάρτης 4. 7 Ο ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 200cm.....	49
Χάρτης 4. 8 Η ΥΔΑΤΟΪΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	52
Χάρτης 4. 9 η Υδατοϊκανότητα ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 5CM.....	52
Χάρτης 4. 10 η Υδατοϊκανότητα ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 15CM.....	53
Χάρτης 4. 11 Η ΥΔΑΤΟΪΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 30CM.....	53
Χάρτης 4. 12 Η ΥΔΑΤΟΪΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 60CM.....	54
Χάρτης 4. 13 Η ΥΔΑΤΟΪΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 100CM.....	54
Χάρτης 4. 14 Η ΥΔΑΤΟΪΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 200cm.....	55
Χάρτης 4. 15 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	57
Χάρτης 4. 16 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 5cm	57
Χάρτης 4. 17 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 15cm	58
Χάρτης 4. 18 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 30cm	58
Χάρτης 4. 19 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 60cm	59
Χάρτης 4. 20 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 100cm.....	59
Χάρτης 4. 21 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 200cm.....	60
Χάρτης 4. 22 ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΦΥΤΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	66

Χάρτης 4. 23 ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΦΥΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 5cm	66
Χάρτης 4. 24 ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΦΥΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 15cm	67
Χάρτης 4. 25 ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΦΥΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 30cm	67
Χάρτης 4. 26 ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΦΥΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 60cm	68
Χάρτης 4. 27 ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΦΥΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 100cm	68
Χάρτης 4. 28 ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΦΥΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 200cm	69

iii. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Table 1 Η λίστα των υδραυλικών ιδιοτήτων του εδάφους που υπολογίστηκαν στα EU-SoilHydroGrids και οι πεδοσυναρτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό (Toth et al, 2015) υποδεικνύοντας εκχωρούμενες πληροφορίες απ' τα SoilGrids	41
Table 3 Αποτελέσματα στο Μεσολόγγι.....	74
Table 4 Αποτελέσματα μετρήσεων από την τρισδιάστατη υδραυλική βάση δεδομένων.....	75

iv. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΕΣΕΩΝ

Σχέση 1 Van Genuchten.....	43
Σχέση 2 van Genuchten	43
Σχέση 3 Mualem	43
Σχέση 4 Τύπος διαθέσιμης εδαφικής υγρασία για τα φυτά "TAW"	62

v. ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΣΔΒΔ	Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων
API	Application Programming Interface
AR	Augmented Reality
BD	Bulk Density
clay	clay content
DEM	Digital Elevation Model
FC	water content at Field Capacity
GDAL	Geospatial Data Abstraction Library
GIS	Geographic Information System
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HCC	Hydraulic Conductivity Curve
IOT	Internet Of Things
KS	Saturated Hydraulic Conductivity
LASER	Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation
LIDAR	Light Detection And Ranging
LR	multiple Linear Regression
MDAL	Mesh Data Abstraction Library
MRC	Moisture Retention Curve
MS	Mean Statistics of pre-determined groups
OC	Organic Carbon content
ODBMS	Object-Oriented Database Management System
pH	pH in water
PTFs	Pedotransfer Functions
RDBMS	Relational Database Management System
RS	Remote Sensing
silt	silt content
SQL	Structured Query Language
T/S	Topsoil and Subsoil distinction
THS	Saturated Water Content
USC	University of Southern California
USDA	USDA Logo U.S. Department of Agriculture
VR	Virtual Reality
WP	water content at Wilting Point

vi. ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

Application Programming Interface (API)	Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογής
Augmented Reality (AR)	Επαυξημένη Πραγματικότητα
Attribute	ιδιότητα αντικειμένου
bulk density (BD)	Φαινόμενη Πυκνότητα
clay content	Περιεκτικότητα σε άργιλο
Cloud	Νέφος δεδομένων
Definiteness	Καθοριστικότητα
Digital Elevation Model (DEM)	Ψηφιακό Μοντέλο Υψομετρικών
Drag and Drop	Λειτουργία άμεσης εισαγωγής αρχείων
Effectiveness	Αποτελεσματικότητα
water content at field capacity	Υδατοϊκανότητα
Finiteness	Περατότητα
Galileo	Ευρωπαϊκό Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης
Geospatial Data Abstraction Library (GDAL)	Βιβλιοθήκη Λήψης Γεωχωρικών Δεδομένων
Geographic Information System (GIS)	Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών
Global Navigation Satellite System (GLONASS)	Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης Ρωσικής Προέλευσης
Global Positioning System (GPS)	Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης Αμερικανικής Προέλευσης
hydraulic conductivity curve (HCC)	Καμπύλη Υδραυλικής Αγωγιμότητας
index	Ευρετήριο
input	Είσοδος Δεδομένων
Internet Of Things	Σύνδεση Αντικειμένων στο Διαδίκτυο
saturated hydraulic conductivity (KS)	Υδραυλικής Αγωγιμότητας στον κορεσμό
Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation (LASER)	Ενίσχυση φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας
Light Detection And Ranging (LIDAR)	Ανίχνευση και Διακύμανση Φωτός
Mesh Data Abstraction Library (MDAL)	Βιβλιοθήκη Λήψης Πλεγματικών Δεδομένων

moisture retention curve (MRC)	Χαρακτηριστική Καμπύλη Υγρασίας
mean statistics of pre-determined groups (MS)	Σταθμισμένος Μέσος Όρος των Προκαθορισμένων Ομάδων
organic carbon content (OC)	Περιεκτικότητα σε Οργανικό Άνθρακα
Object-Oriented Database Management System (ODBMS)	Αντικειμενοστραφή ΣΔΒΔ
Output	Έξοδος Αποτελεσμάτων
pH in water	pH Νερού
pedotransfer functions (PTFs)	Πεδοσυναρτήσεις
Relational Database Management System (RDBMS)	Σχεσιακά ΣΔΒΔ
remote Sensing (RS)	Αισθητήρες Απομακρυσμένης Μέτρησης
sand content	Περιεκτικότητα σε Άμμο
Shapefiles	Αρχεία που περιέχουν το σχήμα μιας περιοχής
silt content	περιεκτικότητα σε ίλυ
Structured Query Language (SQL)	Γλώσσα Δομημένης Αναζήτησης
topsoil and subsoil distinction (T/S)	Κατηγοριοποίηση Εδάφους και Υπεδάφους
saturated water content (THS)	Περιεκτικότητα υγρασίας σε κορεσμένο έδαφος
vector layers	διανυσματικά μεγέθη
Virtual Reality (VR)	Εικονική Πραγματικότητα
water content at wilting point (WP)	Εδαφική υγρασία στο σημείο μόνιμης μάρανσης

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS)

Ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) δημιουργεί, διαχειρίζεται, αναλύει, και χαρτογραφεί όλων των ειδών δεδομένα. Τα GIS συνδέουν τα δεδομένα σε έναν χάρτη, ενσωματώνουν μια τοποθεσία με όλους τους τύπους των περιγραφικών της δεδομένων. Αυτό παρέχει τη βάση για τη χαρτογράφηση και την ανάλυση που χρησιμοποιείται στην επιστήμη.

Η συλλογή και η εισαγωγή των γεωγραφικών δεδομένων, αποτελεί μια χρονοβόρα διαδικασία, με μεγάλο κόστος, καθώς αποτελεί το 60-80% του συνολικού ποσού ενός έργου. Όμως είναι απαραίτητα δεδομένα για την εφαρμογή των GIS. Πώς όμως συλλέγονται τα γεωγραφικά δεδομένα, ποιές είναι οι διαθέσιμες πηγές και πώς εντάσσονται τα δεδομένα αυτά σε ένα GIS.

1.2 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ GIS

Τα GIS πρωτοεμφανίστηκαν τη δεκαετία του 60 με τον Michael Goodchild, επικεφαλής του Εθνικού Κέντρου Γεωγραφικών Πληροφοριών και Ανάλυσης, να τυποποιεί τη χωρική ανάλυση και την οπτικοποίηση στη γεωγραφική επιστήμη. Το 1963 ο Roger Tomilson δημιούργησε τη σχεδίαση για αποθήκευση και επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων μέσω της αυτοματοποιημένης πληροφορικής, καθώς έδωσε και την ονομασία των γεωπληροφοριακών συστημάτων (GIS). Το 1964 δημιουργήθηκε το πρώτο λογισμικό χαρτογράφησης από τον Howard Fisher, ενώ το 1965 ίδρυσε το τμήμα γραφικού σχεδίου υπολογιστών στο Harvard (Harvard Laboratory for Computer Graphics), όπου πολλοί ταλαντούχοι γεωγράφοι, σχεδιαστές, προγραμματιστές και πολλοί άλλοι ανέπτυξαν τις πρώτες ιδέες και εφαρμογές για GIS.

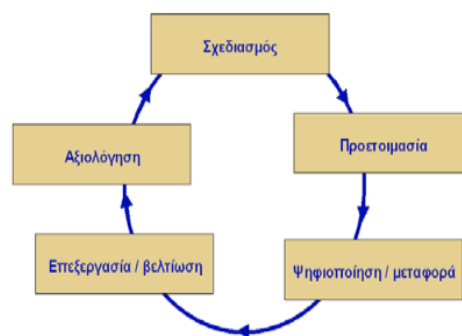
1.3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα γεωγραφικά δεδομένα είναι ψηφιδωτής ή διανυσματικής μορφής και διακρίνονται σε πρωτογενή και δευτερογενή.

- Τα πρωτογενή δεδομένα συλλέγονται σε ψηφιακή μορφή και αφορούν άμεσες μετρήσεις.
- Τα δευτερογενή δεδομένα είναι σε ψηφιακά ή αναλογικά δεδομένα όπου η παραγωγή τους πραγματοποιήθηκε για διαφορετικούς λόγους και είναι απαραίτητη η μετατροπή τους για την χρήση τους στα GIS.

1.3.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Αρχικά ο σχεδιασμός, αφορά το πιο σημαντικό στάδιο, καθώς ο προσδιορισμός των απαιτήσεων, η συλλογή των πόρων και η ανάπτυξη ενός σχεδίου εξαρτώνται απ' αυτόν. Η προετοιμασία του εξοπλισμού για την εισαγωγή των δεδομένων καθώς και η αντιμετώπιση κακής ποιότητας δεδομένων αφορούν τη προετοιμασία των δεδομένων. Τις περισσότερες απαιτήσεις σε χρόνο αποτελούν η ψηφιοποίηση και η μεταφορά των δεδομένων και μετά ακολουθεί η διαδικασία της επεξεργασίας και διόρθωσης. Τέλος για την ποιοτική, ποσοτική επίτευξη και την αστοχία των δεδομένων πραγματοποιείται η αξιολόγηση τους.



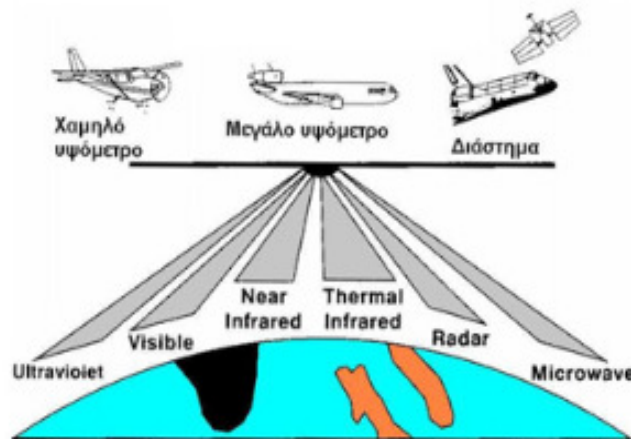
Σχήμα 1.1 Σχηματική περιγραφή συλλογής γεωγραφικών δεδομένων,
<http://www.dga.gr/web/publications/notes/gis.pdf>

1.3.2 ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Οι απευθείας μετρήσεις μεγεθών αφορούν τα πρωτογενή δεδομένα. Οι μετρήσεις αυτών των δεδομένων μπορούν να εισαχθούν απευθείας στο GIS καθώς και να αποθηκευτούν και να ταξινομηθούν για μελλοντική χρήση.

- Ψηφιδωτά πρωτογενή δεδομένα

Η καταγραφή των δεδομένων γίνεται μέσω αισθητήρων που έχουν τοποθετηθεί σε δορυφόρους αεροπλάνα ή drones. Οι αισθητήρες εκτός από καταγραφή του ορατού φωτός, μπορούν να καταγράψουν την ποσότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται ή ανακλάται. Αυτά τα δεδομένα ονομάζονται δεδομένα τηλεπισκόπισης και η συνεισφορά τους είναι καταλυτική για την εξ' αποστάσεως άντληση πληροφοριών ανεξαρτήτως καιρού ή έλλειψης φωτός. Συμπερασματικά τηλεπισκόπηση είναι η μέτρηση των φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων αντικειμένων, χωρίς άμεση επαφή.



Σχήμα 1.2 Συλλογή δεδομένων τηλεπισκόπισης,

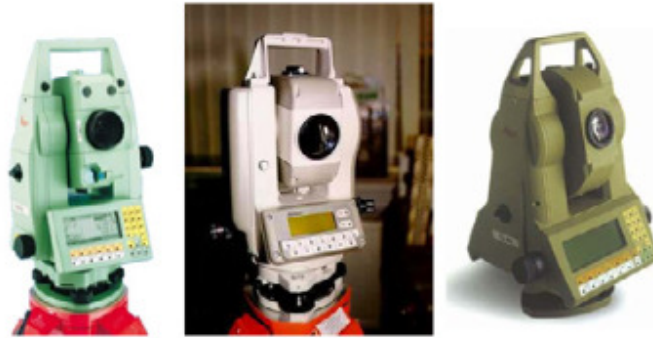
(<http://www.dga.gr/web/publications/notes/gis.pdf>)

Η ανάλυση σε ένα σύστημα τηλεπισκόπισης αφορά τόσο τη χωρική, όσο και τη φασματική και τη χρονική του ανάλυση. Και οι τρεις αναλύσεις έχουν επίπτωση στον

παραγόμενο όγκο δεδομένων. Ο λόγος για τον οποίο τα συστήματα τηλεπισκόπισης χρησιμοποιούνται για τις χαρτογραφήσεις περιοχών είναι η τυπική χωρική τους ανάλυση που κυμαίνεται από 0.5m – 1km και των συστημάτων αεροφωτογράφισης από 0.1m – 5m. Έτσι, με τη χρήση διαδοχικών εικόνων μιας περιοχής δίνεται η δυνατότητα να δημιουργηθεί μια στερεοσκοπική απεικόνιση, καθώς με την αξιοποίηση των συντεταγμένων στο χώρο και τα υψομετρικά, να δημιουργηθούν αρχικά οι ισοϋψής καμπύλες και ύστερα τα ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα εδάφους (“Digital Elevation Model”, DEM). Τα DEM παράγονται σε αρκετές αναλύσεις εκ των οποίων τα χαμηλής ανάλυσης μπορούν να βρεθούν δωρεάν στη βάση δεδομένων του Αμερικανικού Γεωλογικού Ερευνητικού κέντρου. Οι μεγαλύτερες αναλύσεις χρειάζονται μεγαλύτερο αποθηκευτικό χώρο και ακριβότερο εξοπλισμό, έτσι το κόστος είναι μεγαλύτερο.

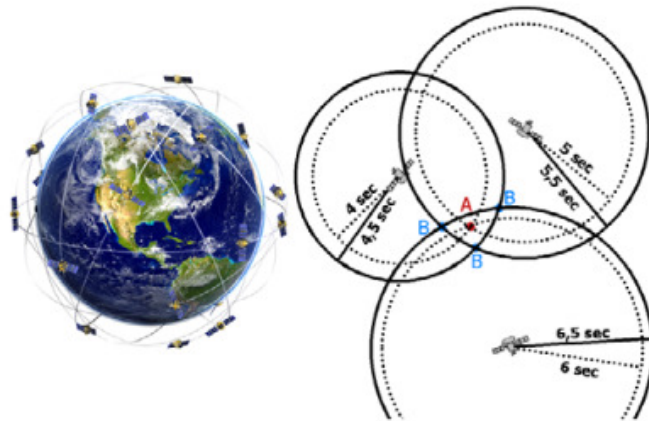
- Διανυσματικά Πρωτογενή Δεδομένα

Οι τοπογραφικές μετρήσεις μέσω εξειδικευμένων οργάνων, λόγω της μεγάλης ακρίβειας χιλιοστού, τα παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης GPS (αμερικανικής προέλευσης), GLONASS (ρωσικής προέλευσης) και GALILEO (ευρωπαϊκό σύστημα), καθώς και τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία LiDAR (Light Detection And Ranging) συνήθως με ακτίνες Laser που σαρώνει την επιφάνεια του εδάφους, αποτελούν το μεγαλύτερο κομμάτι συλλογής δεδομένων και συντελούν τα διανυσματικά πρωτογενή δεδομένα. Τέλος ένα κοινό λάθος είναι πως το GPS δεν είναι μια συσκευή, αλλά ένα από τα παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης.



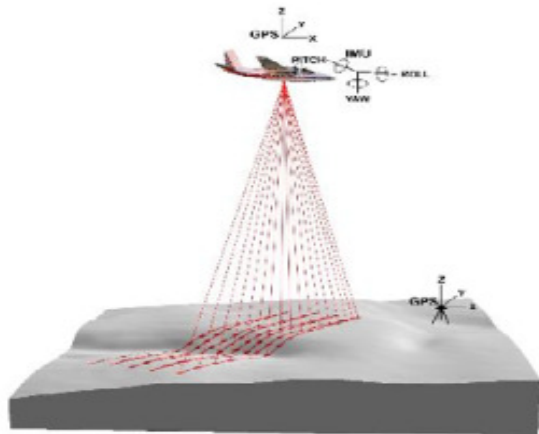
Σχήμα 1.3 Τοπογραφικά όργανα μέτρησης,

(<http://www.dga.gr/web/publications/notes/gis.pdf>)



Σχήμα 1.4 Οι δορυφόροι εκπέμπουν συνεχώς τις συντεταγμένες τους στο χώρο,

(<http://www.dga.gr/web/publications/notes/gis.pdf>)



Σχήμα 1.5 Συλλογή δεδομένων με τεχνολογία LiDAR,

(<http://www.dga.gr/web/publications/notes/gis.pdf>)

1.3.3 ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα δευτερογενή δεδομένα διακρίνονται σε ψηφιδωτές και διανυσματικής μορφής που προκύπτουν από τη μετατροπή αναλογικών μέσων όπως είναι οι χάρτες σχεδιασμένοι σε χαρτί.

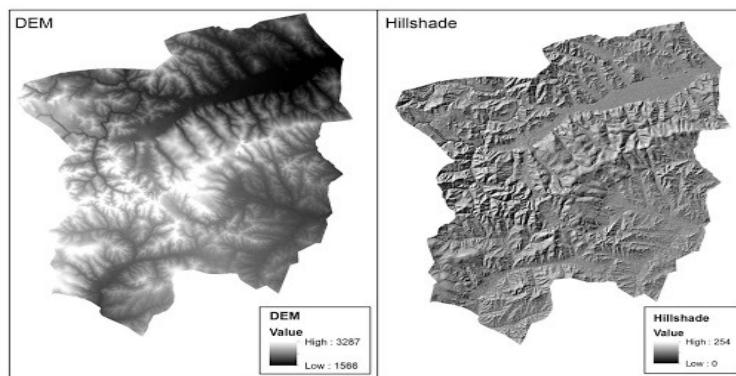
- Ψηφιδωτά δευτερογενή τομέα

Από τη ψηφιοποίηση χαρτών με συσκευές σάρωσης (scanner) προκύπτουν τα ψηφιδωτά δευτερογενή δεδομένα. Οι σαρωτές φωτίζουν το χάρτη και καταγράφουν τις διακυμάνσεις του ανακλώμενου φωτός. Η ανάλυση και το χρωματικό βάθος του ψηφιακού αρχείου εξαρτώνται από τη ποιότητα των αισθητήρων του σαρωτή. Ενώ, η διάρκεια από το μέγεθος του χάρτη και από τις ρυθμίσεις παραμέτρων της ψηφιοποίησής του. Τέλος οι ψηφιοποιημένοι χάρτες χρησιμοποιούνται ως υπόβαθρα.

- Διανυσματικά δευτερογενή δεδομένα

Τα διανυσματικά δεδομένα προκύπτουν από τη ψηφιοποίηση διανυσματικών οντοτήτων από χάρτες ή άλλες πηγές. Η ψηφιοποίηση μπορεί να πραγματοποιηθεί χειρωνακτικά μέσω ψηφιοποιητών ή σε οθόνη ακόμα και μέσω λογισμικών, όπου η διαδικασία αυτοματοποιείται ή ημιαυτοματοποιείται. Τέλος διανυσματικά δεδομένα προκύπτουν και από δορυφορικές εικόνες και αεροφωτογραφίες με φωτογραμμετρικές μεθόδους.

Η φωτογραμμετρία είναι η επιστήμη και η τεχνολογία της εξαγωγής δεδομένων από φωτογραφίες ή άλλα είδη εικόνων.



Σχήμα 1.6 Ψηφιακό μοντέλο υψομέτρου

1.4 ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Οι βάσεις γεωγραφικών δεδομένων μπορούν να αποθηκεύονται είτε ως αρχεία, είτε σε συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (ΣΔΒΔ). Συνήθως οι οργανισμοί χρησιμοποιούν και τις δυο μεθόδους αποθήκευσης.

Η συγκέντρωση των δεδομένων μειώνει τη πιθανότητα επανάληψης καταχώρησης και το κόστος συντήρησης. Ακόμα, βελτιώνει πολλαπλές εφαρμογές από τη χρήση ίδιων δεδομένων, επιτρέπει την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ τους, διαμοιράζει δεδομένα ενός οργανισμού, εφαρμόζει κανόνες ασφαλείας και τέλος επιτρέπει τη ταυτόχρονη εργασία με μεγάλους όγκους δεδομένων.

Το κόστος κατασκευής και η συντήρηση του λογισμικού είναι υψηλό, ενώ η πολυπλοκότητα τους καθώς και οι επιδόσεις τους σε ατομική χρήση συντελούν τα μειονεκτήματά τους.



Σχήμα 1.7 Δημιουργία βάσης δεδομένων

1.4.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ένα ΣΔΒΔ είναι μια εφαρμογή λογισμικού σχεδιασμένη έτσι ώστε να οργανώνει την αποθήκευση δεδομένων και τη πρόσβαση σε αυτά με αποδοτικό και αποτελεσματικό τρόπο. Ανάλογα των αριθμό των χρηστών επιλέγεται η αποθήκευση με μορφή κοινών αρχείων ή η χρήση εξειδικευμένων ΣΔΒΔ.

Οι κυριότερες δυνατότητες που παρέχουν τα ΣΔΒΔ είναι:

- Ένα μοντέλο δεδομένων, δηλαδή έναν μηχανισμό για την ψηφιακή αναπαράσταση αντικειμένων του πραγματικού κόσμου.
- Τη δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων στη βάση δεδομένων, μέσω εργαλείων που είναι φτιαγμένα γι' αυτό το σκοπό.
- Ευρετήρια (indexes), μηχανισμούς που επιταχύνουν την αναζήτηση.
- Γλώσσα διατύπωσης ερωτημάτων, μία τυποποιημένη μέθοδο σύνταξης ερωτήσεων και εντολών χειρισμού προς τη βάση δεδομένων.
- Ασφάλεια, ελεγχόμενη πρόσβαση στα δεδομένα από τους χρήστες.
- Ελεγχόμενη ενημέρωση, που εξασφαλίζει την οργανωμένη υλοποίηση ενημερώσεων στα δεδομένα από πολλούς χρήστες ταυτόχρονα.
- Αντίγραφα ασφαλείας, με εργαλεία αποθήκευσης ασφαλείας και ανάκτησης τμημάτων ή του συνόλου της βάσης δεδομένων.

- Εργαλεία διαχείρισης, σχεδιασμένα ώστε να καλύπτουν ανάγκες από το σχεδιασμό μίας βάσης δεδομένων μέχρι τη διαχείριση χρηστών και ευρετηρίων, ή τη ρύθμιση παραμέτρων που επηρεάζουν την επίδοση.
- Εφαρμογές, τυποποιημένα εργαλεία που διευκολύνουν τη δημιουργία και τη συντήρηση βάσεων δεδομένων.
- Διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών (API), οι οποίες επιτρέπουν την προσθήκη επιπλέον λειτουργικότητας.

Επίσης τα ΣΔΒΔ διακρίνονται σε τρεις τύπους με βάση το τρόπο αποθήκευσης και χειρισμού των δεδομένων:

- Σχεσιακά ΣΔΒΔ (RDBMS)

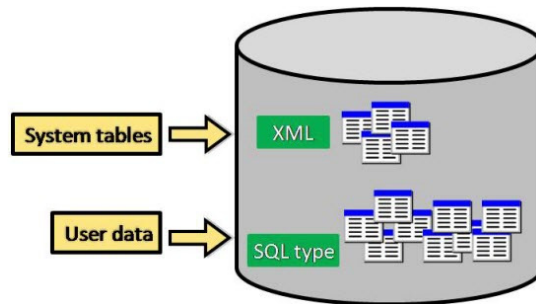
Το Σχεσιακό Μοντέλο “Relational Model”, προτάθηκε για πρώτη φορά το 1970 από τον Edgar F. Codd(19 Αυγούστου 1923 – 18 Απριλίου 2003), ο οποίος σκέφτηκε ότι οι αιτήσεις του χρήστη θα πρέπει να αναζητούν δεδομένα με βάση το περιεχόμενο. Η βάση δεδομένων αποτελείται από δισδιάστατους πίνακες εγγραφών οι οποίες περιλαμβάνουν τις ιδιότητες “attributes” αντικειμένων. Από τις αρχές του 1990, τα σχεσιακά συστήματα ήταν κυρίαρχα σε όλες τις εφαρμογές μεγάλης κλίμακας επεξεργασίας στοιχείων και παραμένουν κυρίαρχα μέχρι και σήμερα, εκτός από συγκεκριμένες περιοχές.

- Αντικειμενοστραφή ΣΔΒΔ (ODBMS)

Τα αντικειμενοστραφή ΣΔΒΔ δημιουργήθηκαν για να συμπληρώσουν την αδυναμία αναπαράστασης του φυσικού κόσμου στη μοντελοποίησή. Η πληροφορία προσεγγίζεται με την μορφή των αντικειμένων που χρησιμοποιούνται στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό. Οι βάσεις δεδομένων δηλαδή κρατούν τα δεδομένα τους σαν αντικείμενα.

- Αντικειμενο-Σχεσιακά (ORDBMS)

Οι αντικειμενοσχεσιακές βάσεις δεδομένων συντελούν έναν υβριδικό τρόπο αποθήκευσης των δεδομένων καθώς διαθέτουν attribute tables και αντικείμενα ως ένα ενιαίο σύνολο. Η κυρίαρχη γλώσσα των Βάσεων Δεδομένων είναι το πρότυπο SQL (Structured Query Language).



Σχήμα 1.8 Γεωβάση δεδομένων αποθηκευμένη σε Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων δεδομένων,

(<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/GUID-AA76710D-2FCF-44C4-9962-5C17571F6450-web.jpg>)

FID	Shape *	ID	CONTOUR
0	Polyline	1	200
1	Polyline	2	100
2	Polyline	3	300
3	Polyline	5	300
4	Polyline	6	300
5	Polyline	11	300
6	Polyline	12	300
7	Polyline	13	500
8	Polyline	14	300
9	Polyline	15	300
10	Polyline	18	300

Σχήμα 1.9 Πίνακας χαρακτηριστικών γραμμικών αντικειμένων,

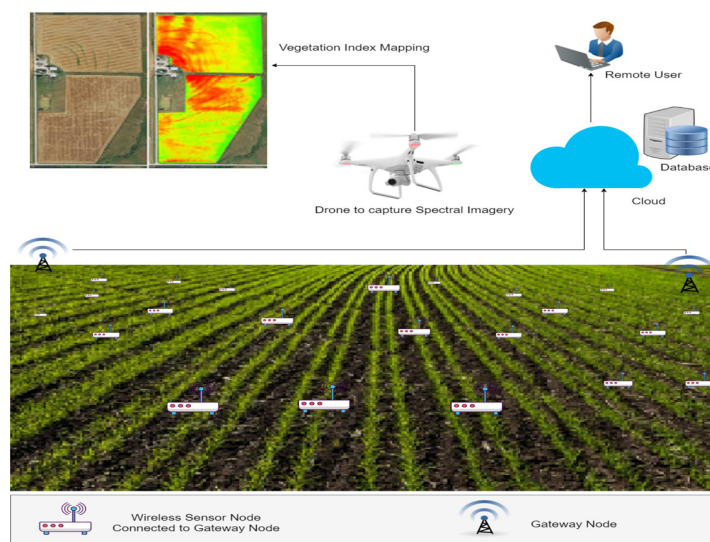
([https://www.researchgate.net/profile/Jamie-](https://www.researchgate.net/profile/Jamie-Makinster/publication/260002799/Σχήμα/fig1/AS:297112202956800@1447848477222/Example-of-an-attribute-table-from-a-GIS.png)

[Makinster/publication/260002799/Σχήμα/fig1/AS:297112202956800@1447848477222/Example-of-an-attribute-table-from-a-GIS.png](https://www.researchgate.net/profile/Jamie-Makinster/publication/260002799/Σχήμα/fig1/AS:297112202956800@1447848477222/Example-of-an-attribute-table-from-a-GIS.png))

(Τσολάκης, Ιανουάριος 2013)

1.5 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ GIS ΣΤΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑ

Τα GIS μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αγροτική παραγωγή για να αυξήσουν την αποδοτικότητα, τη δημιουργία εσόδων και τη μείωση του κόστους. Ακόμα, βελτιώνουν την ακρίβεια της συλλογής των δεδομένων, αυτοματοποιούν τις διεργασίες και δημιουργούν αποδοτικότερη διαχείριση φυσικών πόρων. Έτσι με τη συνεχή παρακολούθηση και καταγραφή της θερμοκρασίας, της υγείας των φυτών και της εδαφικής υγρασίας οι αγρότες μπορούν να γνωρίζουν μελλοντικές απειλές για την παραγωγή τους και να προλαμβάνουν γι' αυτές σε σύντομο χρονικό διάστημα. (GIS Solutions For Agricultural Government, 2004)



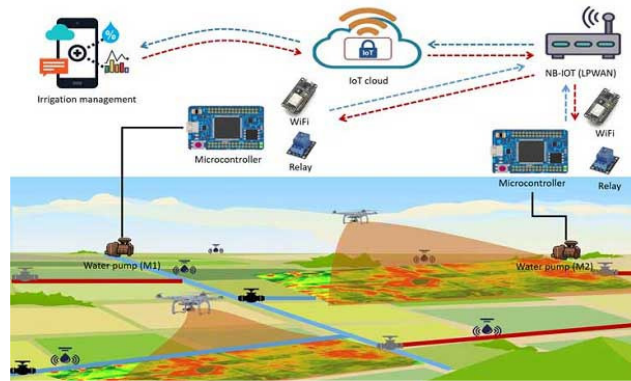
Σχήμα 1.10 Μεταφορά πληροφορίας από την καλλιέργεια στο χρήστη,

https://www.mdpi.com/sensors/sensors-19-03796/article_deploy/html/images/sensors-19-03796-g001.png

1.5.1 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ GIS ΣΤΙΣ ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ

Με την ικανότητα των απομακρυσμένων αισθητήρων (RS), της τεχνολογίας LIDAR, των drones και τη δύναμη των GIS σήμερα δύναται η δυνατότητα της δημιουργίας χωρικών χαρτών. Δηλαδή, χάρτες με τις υδραυλικές ιδιότητες του εδάφους και του βάθους στο οποίο φτάνει η υγρασία στο έδαφος καθώς και να πραγματοποιηθεί εκτίμηση του επαρκούς νερού στη

καλλιέργεια. Τέλος είναι πιο εύκολος ο προγραμματισμός και η καταγραφή του εκτιμώμενου χρόνου άρδευσης. (Mohammadi, May-2019)



Σχήμα 1.11 Καταγραφή άρδευσης και ενημέρωση μέσω cloud,

<https://www.apo-tokyo.org/resources/wp-content/uploads/sites/8/2019/08/IoT-Irrigation-2.jpg>

1.6 ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ GIS

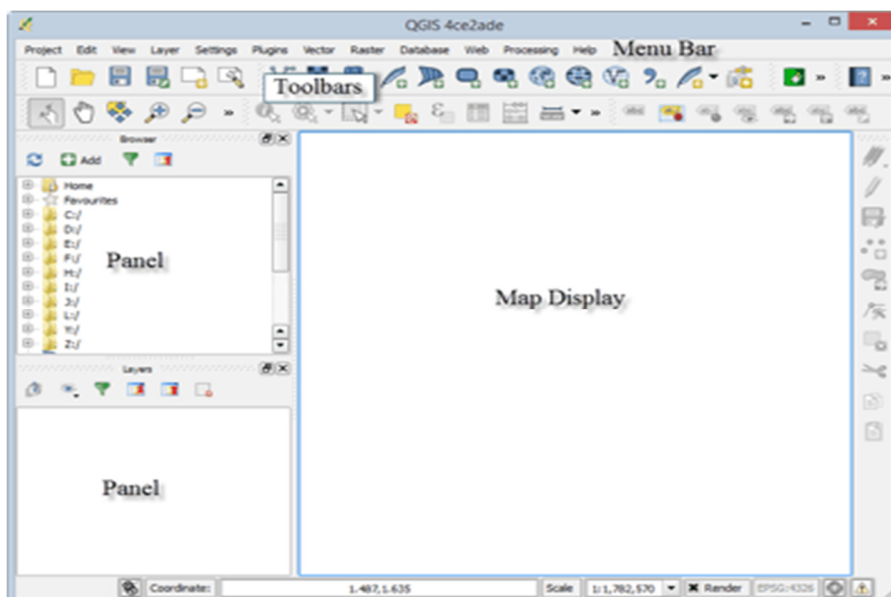
Τα GIS σήμερα έχουν τη δυνατότητα να διατηρούνται σε cloud και να προβάλλονται στο διαδίκτυο σε πραγματικό χρόνο, καθώς και να αποτελούν ένα δίκτυο της καθημερινότητας μέσω του internet of things. Η ιδιότητα τους να προβλέπουν και να παρέχουν λύσεις αντιμετώπισης σε έναν κόσμο που ολοένα και διευρύνεται, τόσο σε πληθυσμό όσο και σε ρύπανση ενώ παράλληλα υπάρχει απώλεια φύσης, τα GIS θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο χρησιμοποιώντας τη γλώσσα της χαρτογράφησης. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Χωρικών Επιστημών του Πανεπιστημίου της Νότιας Καλιφόρνια (USC Dornsife, Spatial Sciences Institute), το μέλλον βρίσκεται στην επαυξημένη (Augmented Reality, “AR”) και εικονική (Virtual Reality, “VR”) πραγματικότητα. Όσο ο κόσμος ολοένα και περισσότερο εξοικειώνεται με τη τεχνολογία, η χρήση εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας θα μπορούσε να γίνει από οποιονδήποτε. Τέλος, κάτι τέτοιο θα έδινε δυνατότητες να μπορεί κανείς να δει μέσα από αντικείμενα, ακόμα και να συλλέγει ή να προβάλλει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο μέσα από ένα έξυπνο κινητό ή τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας. (GIS OF THE FUTURE VS HERE AND NOW, 2021)

2 QGIS

Το QGIS είναι ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών ανοιχτού κώδικα , δηλαδή μπορεί κανείς να το εγκαταστήσει δωρεάν στον υπολογιστή.

2.1 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Ο κώδικας του λογισμικού γράφτηκε σε python και C++, κάτι το οποίο δίνει την δυνατότητα σε χρήστες με εμπειρία στον προγραμματισμό να επιλύσουν προβλήματα στον κώδικα, καθώς ακόμα και να αναπτύξουν νέα εργαλεία και να τα παρέχουν στην επιστημονική κοινότητα δωρεάν. Επιπλέον, υπάρχουν εργαλεία για σχεδίαση, επεξεργασία και ανάλυση γεωχωρικών πληροφοριών τόσο για υπολογιστή όσο και για ένα smartphone. Η συνεργασία του προγράμματος με βιβλιοθήκες λογισμικών όπως το GDAL και το MDAL ενισχύει την ταχύτητα και τη διαχείριση μεγάλου όγκου πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο, με συνέπεια να δημιουργούνται μελέτες και προβλέψεις για μια πυρκαγιά, πλημμύρες, καιρικά φαινόμενα, βιοκλιματικές μελέτες κ.α.



Σχήμα 2. 1 Επιφάνεια Εργασίας QGIS

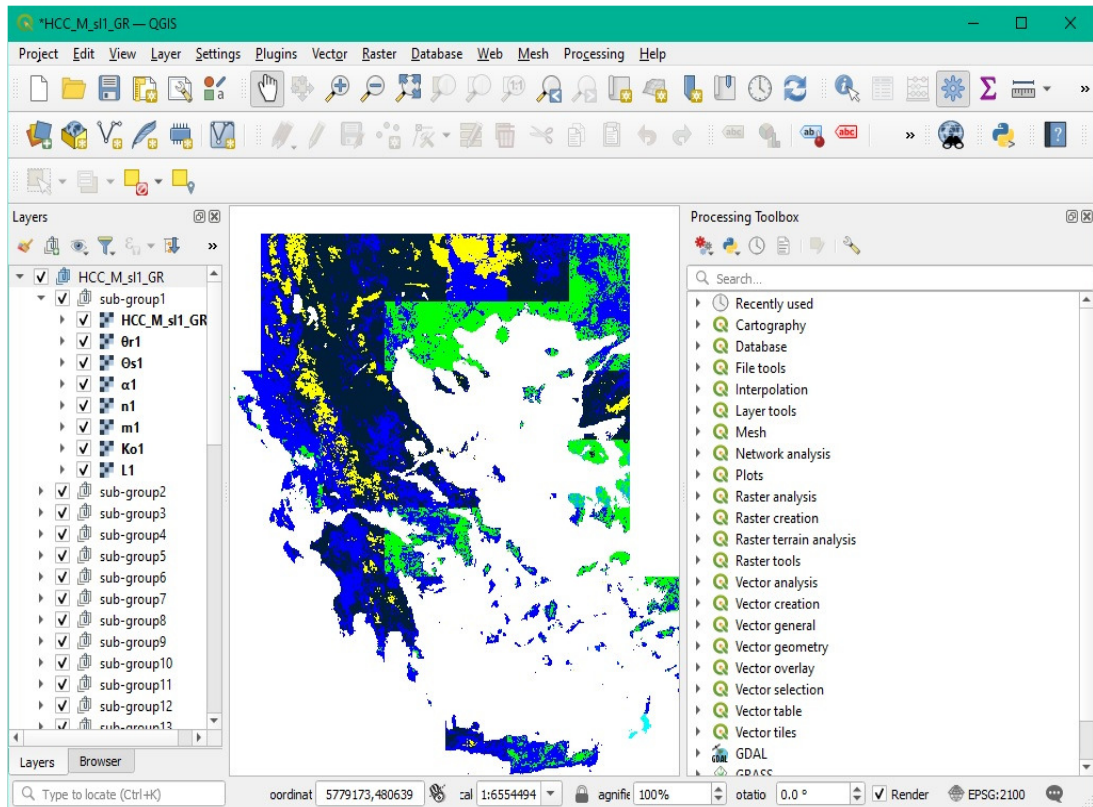
2.1.1 GDAI ΚΑΙ MDAL

Το GDAL είναι μια δωρεάν βιβλιοθήκη εργαλείων για την επεξεργασία εικόνων ράστερ και διανυσματικών γεωχωρικών δεδομένων. Η βιβλιοθήκη ενημερώνει συνεχώς τα υπάρχον εργαλεία και δημιουργούνται νέα.

Το MDAL είναι μια ακόμα βιβλιοθήκη της C++ όπου διαχειρίζεται μη δομημένα δεδομένα, δηλαδή δεδομένα που δεν ακολουθούν μια καθορισμένη δομή. Τέτοια μπορεί να είναι μετεωρολογικά δεδομένα όπως η θερμοκρασία και η ταχύτητα του αέρα, υδρολογικά δεδομένα όπως η ταχύτητα του νερού κ.α.

2.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ QGIS

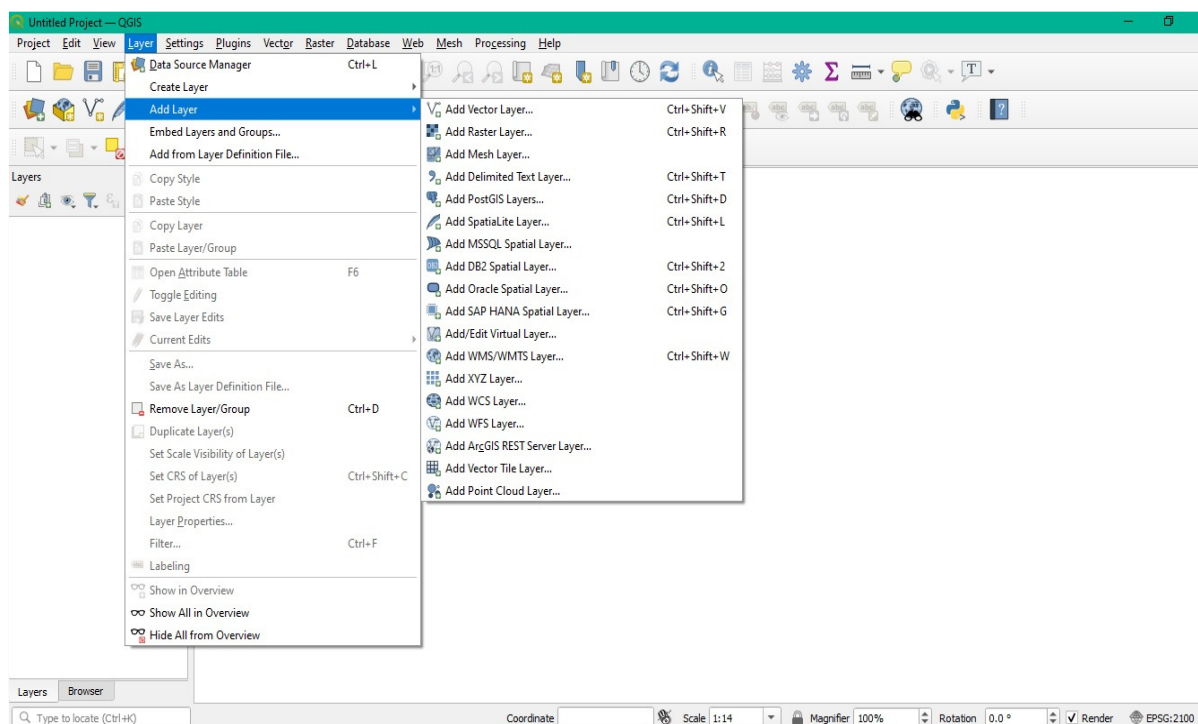
Το QGIS διαθέτει φιλική γραφική διεπαφή προς το χρήστη που του δίνει τη δυνατότητα διαχείρισης εργαλείων και λειτουργιών, όπως ο σύγχρονος σχεδιασμός διανυσμάτων και επεξεργασία γεωχωρικών δεδομένων. Ακόμα, επιτρέπει την εισαγωγή και διαχείριση δεδομένων καθώς και τη μετατροπή τους σε διαφορετικό σύστημα συντεταγμένων. Επιλέον παρέχει εργαλεία για τη συλλογή δεδομένων και σύνθεση χάρτου, διαχείριση και εξαγωγή αρχείων, χωρική ανάλυση, δημοσίευση στο Διαδίκτυο κ.λπ. Υποστηρίζει διανυσματικά και κανονικοποιημένα δεδομένα σε πολλές μορφές και επικοινωνεί με χωρικές βάσεις δεδομένων. Τέλος Παρέχει ισχυρές αναλυτικές δυνατότητες σε συνδυασμό με το GRASS και άλλες βιβλιοθήκες εργαλείων.



Σχήμα 2. 2 Προβολή πρότζεκτ και εργαλειοθήκης QGIS

2.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η εισαγωγή δεδομένων στο QGIS μπορεί να γίνει είτε μέσω drag and drop είτε με την επιλογή εισαγωγής αρχείου.



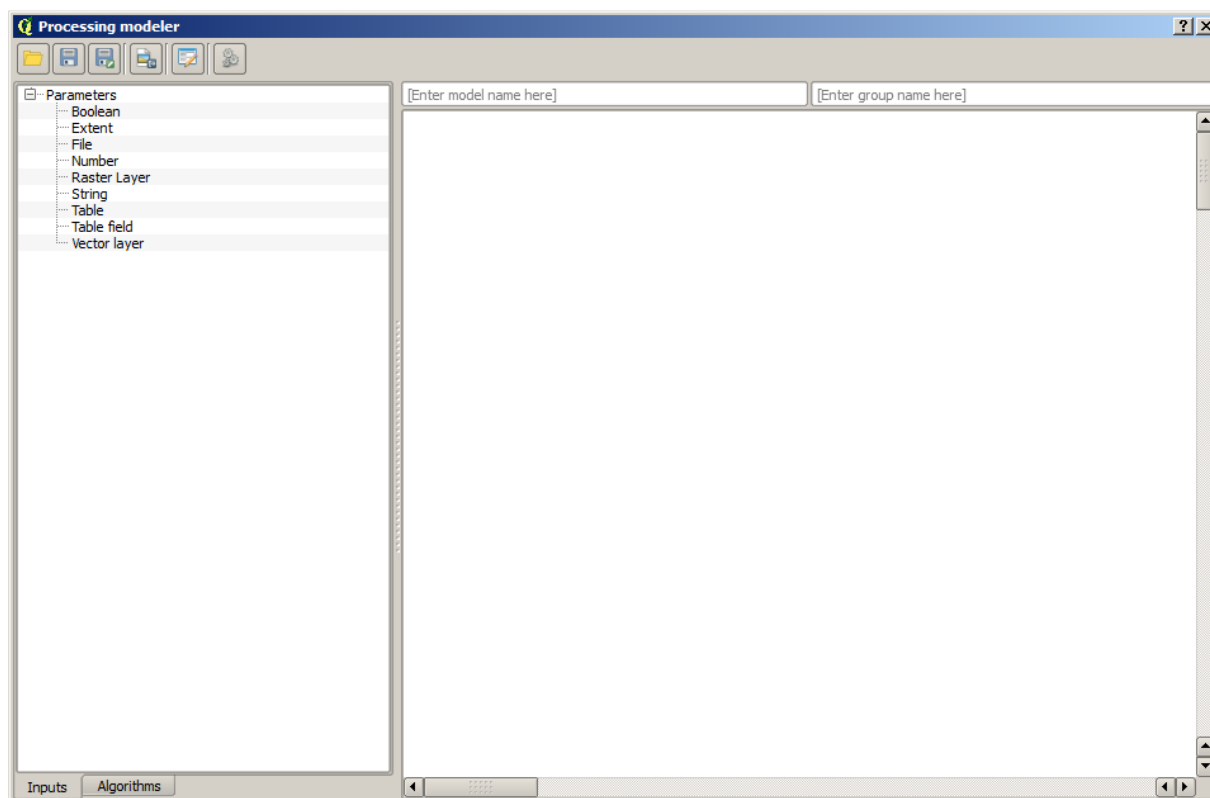
Σχήμα 2. 3 Προβολή εισαγωγής δεδομένων στο QGIS

Όπως φαίνεται και στην εικόνα η εφαρμογή μας επιτρέπει να εισάγουμε shapefiles, εικόνες raster, διανυσματικά μεγέθη (vector layers), βάσεις δεδομένων, να δημιουργήσουμε συνδέσεις με υποβάθρα όπως το google maps κ.α. Τέλος δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής υπολογιστικών φύλλων csv και να δημιουργήσουμε κάποιον πίνακα τιμών για ψηφιοποίηση των δεδομένων.

2.4 PROCESSING MODELER

Το Processing Modeler επιτρέπει τη δημιουργία πολύπλοκων μοντέλων χρησιμοποιώντας μια απλή και εύχρηστη διεπαφή. Οι περισσότερες λειτουργίες ανάλυσης δεν είναι μεμονωμένες, αλλά μέρος μιας αλυσίδας λειτουργιών. Με τη χρήση του, αυτή η αλυσίδα διαδικασιών μπορεί να διασπαστεί σε μικρότερες πιο απλές διαδικασίες, επομένως είναι πιο εύκολο και βολικό να

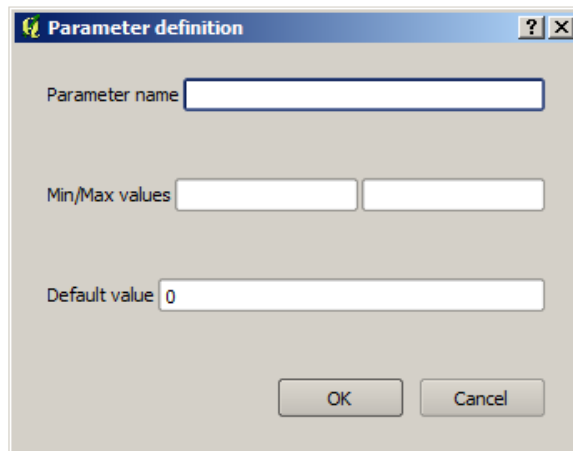
εκτελεστεί όσο μια απλή διαδικασία αργότερα. Ανεξάρτητα απ' το πόσα βήματα και διαφορετικούς αλγόριθμους περιλαμβάνει, ένα μοντέλο εκτελείται ως ένας μόνο αλγόριθμος, εξοικονομώντας έτσι χρόνο και προσπάθεια, ειδικά για μεγαλύτερα μοντέλα. Το “Processing Modeler” έχει επιφάνεια εργασίας όπου εμφανίζεται η δομή του μοντέλου και η ροή εργασίας που αντιπροσωπεύει. Στο αριστερό μέρος του παραθύρου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας πίνακας με δύο καρτέλες για να προστεθούν νέα στοιχεία στο μοντέλο.



Σχήμα 2. 4 Επιφάνεια εργασίας Processing Modeler

2.4.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Για την δημιουργία ενός μοντέλου πρέπει αρχικά να προσδιορίσουμε την παράμετρό που θέλουμε να εισάγουμε (input) στα αριστερά της επιφάνειας. Οι διαθέσιμες παράμετροι είναι η εισαγωγή εικόνας ράστερ, διανυσματικής επιφάνειας, πίνακας πεδίου, αρχείου, αριθμού. Επιλέγοντας με διπλό κλικ, ανοίγει αυτόματα ένας κατάλογος για να εκχωρήσουμε τα χαρακτηριστικά της παραμέτρου που θέλουμε να εισάγουμε.

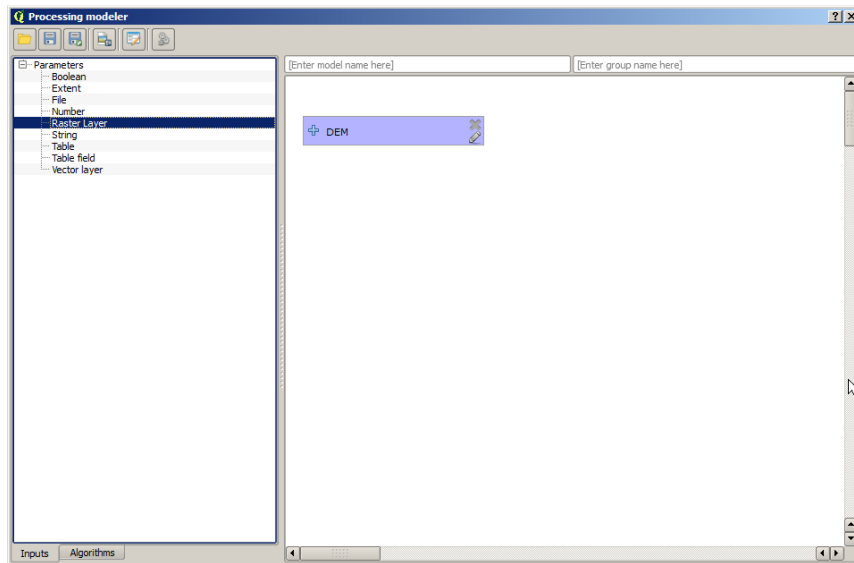


Σχήμα 2. 5 Παράδειγμα προσδιορισμού παραμέτρου

2.4.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΡΟΗΣ

Μόλις καθοριστούν οι είσοδοι, ήρθε η ώρα να ορίσουμε τους αλγόριθμους που θα εφαρμοστούν σε αυτές. Οι αλγόριθμοι μπορούν να βρεθούν στην καρτέλα Αλγόριθμοι, ομαδοποιημένοι με τον ίδιο τρόπο όπως βρίσκονται στην εργαλειοθήκη.

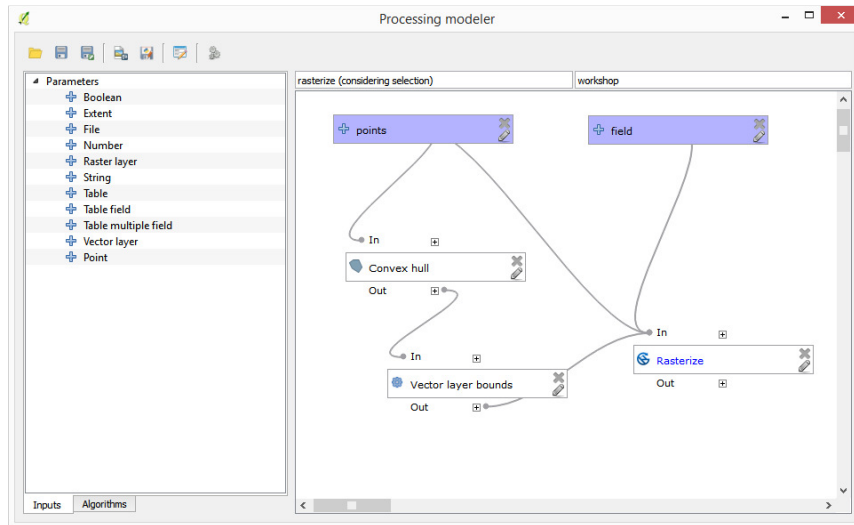
Η εμφάνιση της εργαλειοθήκης έχει και εδώ δύο λειτουργίες: απλοποιημένη και προηγμένη. Ωστόσο, δεν υπάρχει στοιχείο για εναλλαγή μεταξύ των προβολών στο μοντέλο, οπότε πρέπει να το κάνετε στην εργαλειοθήκη. Η λειτουργία που επιλέγεται στην εργαλειοθήκη είναι αυτή που θα χρησιμοποιηθεί για τη λίστα των αλγορίθμων στο μοντέλο.



Σχήμα 2. 6 Παράδειγμα εισαγωγής ψηφιακού μοντέλου εδάφους σαν παράμετρος

Η προσθήκη ενός εργαλείου σε ένα μοντέλο πραγματοποιείται με διπλό κλικ στο όνομά του ή με drag and drop, όπως ακριβώς έγινε κατά την προσθήκη εισόδων. Θα εμφανιστεί ένα παράθυρο διαλόγου εκτέλεσης, με περιεχόμενο παρόμοιο με αυτό που βρίσκεται στον πίνακα εκτέλεσης και που εμφανίζεται κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου από την εργαλειοθήκη.

Σε όλες τις περιπτώσεις, θα βρεθεί μια πρόσθετη παράμετρος με όνομα Γονικοί αλγόριθμοι που δεν είναι διαθέσιμη κατά την κλήση του αλγορίθμου από την εργαλειοθήκη. Αυτή η παράμετρος επιτρέπει να οριστεί η σειρά με την οποία εκτελούνται οι αλγόριθμοι, ορίζοντας ρητά έναν αλγόριθμο ως γονέα του τρέχοντος, κάτι που θα αναγκάσει τον γονικό αλγόριθμο να εκτελεστεί πριν από τον τρέχοντα.



Σχήμα 2. 7 Παράδειγμα γονικών αλγορίθμων

Όταν χρησιμοποιείτε η έξοδος ενός προηγούμενου αλγορίθμου ως είσοδος του επόμενου αλγορίθμου, αυτός ορίζει έμμεσα τον προηγούμενο αλγόριθμο ως γονέα του τρέχοντος (και τοποθετεί το αντίστοιχο βέλος στον καμβά). Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις ένας αλγόριθμος μπορεί να εξαρτάται από έναν άλλο, ακόμη και αν δεν χρησιμοποιεί κανένα αντικείμενο εξόδου από αυτόν. Σε αυτή την περίπτωση, απλώς επιλέγουμε τον προηγούμενο αλγόριθμο στην παράμετρο αλγορίθμων γονέα και τα δύο βήματα θα εκτελεστούν με τη σωστή σειρά.

Μόλις εκχωρηθούν έγκυρες τιμές σε όλες τις παραμέτρους, ο αλγόριθμος θα προστεθεί στον καμβά. Θα συνδεθεί με όλα τα άλλα στοιχεία του καμβά, είτε αλγορίθμους είτε εισόδους, που παρέχουν αντικείμενα που χρησιμοποιούνται ως εισοδοί για αυτόν τον αλγόριθμο.

Τα στοιχεία μπορούν να μεταφερθούν σε διαφορετική θέση μέσα στον καμβά, για να αλλάξουν τον τρόπο εμφάνισης της δομής της μονάδας και να την καταστήσουν πιο σαφή και διαισθητική. Οι σύνδεσμοι μεταξύ των στοιχείων ενημερώνονται αυτόματα.

Η εκτέλεση του αλγορίθμου μπορεί να γίνει ανά πάσα στιγμή κάνοντας κλικ στο κουμπί [Εκτέλεση]. Ωστόσο, για να χρησιμοποιηθεί ο αλγόριθμος από την εργαλειοθήκη, πρέπει να

αποθηκευτεί και να κλείσει το παράθυρο διαλόγου, για να επιτραπεί στην εργαλειοθήκη να ανανεώσει το περιεχόμενό της.

2.4.3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΦΟΡΤΩΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Για να αποθηκευτεί το τρέχον μοντέλο, επιλέγουμε [Αποθήκευση] και για την εισαγωγή οποιοδήποτε μοντέλου που αποθηκεύτηκε προηγουμένως, επιλέγουμε [Άνοιγμα]. Τα μοντέλα αποθηκεύονται με την επέκταση .model. Εάν το μοντέλο έχει αποθηκευτεί προηγουμένως από το παράθυρο του μοντέλου, δεν θα ζητηθεί όνομα αρχείου. Δεδομένου ότι υπάρχει ήδη ένα αρχείο που σχετίζεται με αυτό το μοντέλο.

Τα μοντέλα που είναι αποθηκευμένα στο φάκελο μοντέλων, θα εμφανιστούν στην εργαλειοθήκη του αντίστοιχου κλάδου. Όταν γίνεται επίκληση της εργαλειοθήκης, πραγματοποιεί αναζήτηση στο φάκελο μοντέλων για αρχεία με την επέκταση .model. Δεδομένου ότι ένα μοντέλο είναι από μόνο του ένας αλγόριθμος, μπορεί να προστεθεί στην εργαλειοθήκη όπως και κάθε άλλος αλγόριθμος.

Ο φάκελος μοντέλων μπορεί να οριστεί από το παράθυρο διαλόγου διαμόρφωσης επεξεργασίας, στην ομάδα Modeler.

Τα μοντέλα που φορτώνονται από το φάκελο μοντέλων εμφανίζονται όχι μόνο στην εργαλειοθήκη, αλλά και στο δέντρο αλγορίθμων στην καρτέλα Αλγόριθμοι του παραθύρου μοντελοποίησης. Αυτό σημαίνει ότι μπορείτε να ενσωματώσετε ένα μοντέλο ως μέρος ενός μεγαλύτερου μοντέλου, όπως προσθέτετε οποιονδήποτε άλλο αλγόριθμο.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, ένα μοντέλο ενδέχεται να μην φορτωθεί επειδή δεν είναι διαθέσιμοι όλοι οι αλγόριθμοι που περιλαμβάνονται στη ροή εργασίας του. Εάν έχετε χρησιμοποιήσει έναν δεδομένο αλγόριθμο ως μέρος του μοντέλου σας, θα πρέπει να είναι διαθέσιμος (δηλαδή, θα πρέπει να εμφανίζεται στην εργαλειοθήκη) για να φορτώσετε αυτό το μοντέλο. Η απενεργοποίηση ενός παρόχου αλγορίθμων στο παράθυρο διαμόρφωσης επεξεργασίας καθιστά όλους τους αλγόριθμους σε αυτόν τον πάροχο άχρηστους από τον μοντελιστή, γεγονός που ενδέχεται να προκαλέσει προβλήματα κατά τη φόρτωση μοντέλων. (Kallipos)

3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ

Είναι μια πεπερασμένη σειρά ενεργειών, αυστηρά καθορισμένων και εκτελέσιμων σε πεπερασμένο χρόνο, που στοχεύουν στην επίλυση ενός προβλήματος. Πιο απλά αλγόριθμο ονομάζουμε μία σειρά από εντολές που έχουν αρχή και τέλος, είναι σαφείς και έχουν ως σκοπό την επίλυση κάποιου προβλήματος.

3.1.1 ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ

Η έννοια του αλγορίθμου πρωτοεμφανίστηκε μεταξύ του 8ου και 9ου αιώνα από έναν πέρση μαθηματικό με το όνομα Mohammed ibn-Musa al-Khuwarizm (780-850 μ.Χ.) , με την ονομασία algorismus. Στα τέλη του 17ου αιώνα συνδυάστηκε με τη λέξη αριθμός και μετατράπηκε στη λέξη αλγόριθμος.

Ο παλιότερος έγκυρος αλγόριθμος που γνωρίζουμε είναι του Ευκλείδη, όπου εφαρμόστηκε για την εύρεση του μέγιστου κοινού διαιρέτη δύο ακέραιων αριθμών.

3.1.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ

Για να δημιουργηθεί ένας αλγόριθμος θα πρέπει αρχικά να διατυπωθεί το πρόβλημα, να γίνει κατανόηση του, να βρεθεί λύση για το πρόβλημα, με τη σειρά να σχεδιαστεί ο αλγόριθμος και τέλος να γίνει έλεγχος της λύσης.

3.1.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ

- Definiteness

Με τον όρο “Definiteness” του αλγορίθμου κάθε κανόνας του θα πρέπει να ορίζεται επακριβώς και η αντίστοιχη διεργασία να είναι συγκεκριμένη. Κάθε εντολή πρέπει να καθορίζεται χωρίς καμία αμφιβολία για τον τρόπο εκτέλεσής της. Π.χ. Σε μία διαίρεση να λαμβάνεται υπόψη και η περίπτωση όπου ο διαιρετέος λαμβάνει μηδενική τιμή. Προβλήματα καθοριστικότητας αντιμετωπίζονται συχνά με τη λογική της επιλογής, δηλ. Αν $a > 0$ τότε ...αλλιώς.

- Finiteness

Με τον όρο “Finiteness” αλγορίθμου νοείτε ότι κάθε εκτέλεση είναι *πεπερασμένη*, δηλαδή τελειώνει ύστερα από έναν πεπερασμένο αριθμό διεργασιών ή βημάτων. Μία διαδικασία που δεν τελειώνει μετά από συγκεκριμένο/πεπερασμένο αριθμό βημάτων λέγεται απλά υπολογιστική διαδικασία.

- Effectiveness

Με τον όρο “Effectiveness” αλγορίθμου νοείτε να είναι *μηχανιστικά αποτελεσματικός*, δηλαδή όλες οι διαδικασίες που περιλαμβάνει μπορούν να πραγματοποιηθούν με ακρίβεια και σε πεπερασμένο χρόνο. Κάθε μεμονωμένη εντολή του αλγορίθμου να είναι απλή (και όχι σύνθετη). Δηλαδή μία εντολή δεν αρκεί να έχει ορισθεί αλλά πρέπει να είναι και εκτελέσιμη.

- Input

Με τον όρο “Input” θα πρέπει κατά την εκκίνηση εκτέλεσης του αλγορίθμου μία ή περισσότερες τιμές δεδομένων να δίνονται ως είσοδοι στον αλγόριθμο. Η περίπτωση που δε δίνονται τιμές δεδομένων, εμφανίζεται όταν ο αλγόριθμος δημιουργεί και επεξεργάζεται κάποιες πρωτογενείς τιμές με τη βοήθεια συναρτήσεων παραγωγής τυχαίων αριθμών ή με τη βοήθεια άλλων απλών εντολών.

- **Output**

Με τον όρο “Output” θα πρέπει να δίνει τουλάχιστον ένα μέγεθος ως αποτέλεσμα που εξαρτάται κατά κάποιο τρόπο από τις αρχικές εισόδους. Ο αλγόριθμος πρέπει να δημιουργεί τουλάχιστον μία τιμή (δεδομένων) ως αποτέλεσμα προς το χρήστη ή προς ένα άλλο αλγόριθμο.

4 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ ΣΤΑ 250M ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Οι υδραυλικές ιδιότητες του εδάφους χρειάζονται για την χρήση και εφαρμογή διάφορων μοντέλων προσομοίωσης στον τομέα των Αρδεύσεων και των Στραγγίσεων. Έτσι δημιουργήθηκε μια συνεχή γεωχωρική βάση δεδομένων υδραυλικών ιδιοτήτων για 7 βάθη εδάφους έως 2 m, υπολογισμένα για την Ευρώπη με βάση τα Soil Grids 250m (Toth et al, 2015), των συνόλων δεδομένων του 1 km και των πεδοσυναρτήσεων που αναπτύχθηκαν στο Ευρωπαϊκό Υδροεδαφολογικό αρχείο (“European Hydropedological Data Inventory”, EU-HYDI) (Tóth et al., 2017). Κατάφεραν να προβλέψουν τη περιεκτικότητα του κορεσμένου εδάφους σε νερό (“Saturated Water Content” THS), την εδαφική υγρασία στην υδατοϊκανότητα (“Field Capacity”, FC) και το σημείο μόνιμης μάρανσης (“Wilting Point”, WP), καθώς και τις καμπύλες της υδραυλικής αγωγιμότητας (“Hydraulic Conductivity curve”, HCC) και των παραμέτρων του Mualem-van Genuchten (van Genuchten, 1980) για τη περιγραφή της Χαρακτηριστικής Καμπύλης Υγρασίας του εδάφους (Soil Moisture Retention Curve). Τα παράγωγες τρισδιάστατες πληροφορίες για τις υδραυλικές ιδιότητες του εδάφους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς περιβαλλοντικής μοντελοποίησης μιας λεκάνης απορροής ή σε ηπειρωτική κλίμακα για ολόκληρη την Ευρώπη. Επί του παρόντος, μόνο η EU-SoilHydroGrids (Tóth et al., 2017) παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις πιο συχνά απαιτούμενες υδραυλικές ιδιότητες του εδάφους με πλήρη ευρωπαϊκή κάλυψη βάθους έως και 2 μέτρα.

Table 1 Η λίστα των υδραυλικών ιδιοτήτων του εδάφους που υπολογίστηκαν στα EU-SoilHydroGrids και οι πεδοσυναρτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό (Toth et al, 2015) υποδεικνύοντας εκχωρούμενες πληροφορίες απ' τα SoilGrids

Soil hydraulic property	unit	Name in dataset	
		250 m resolution	1 km resolution
THS x 100	cm ³ cm ⁻³	THS	THS
FC x 100	cm ³ cm ⁻³	FC	FC
WP x 100	cm ³ cm ⁻³	WP	WP
KS x 100	cm ³ day ⁻¹	KS	KS
Παράμετροι της MRC:			
Θ _r x 10000	cm ³ cm ⁻³	band1 of MRC	MRC_thr
Θ _s x 10000	cm ³ cm ⁻³	Band2 of MRC	MRC_ths
α x 10000	cm ⁻¹	Band3 of MRC	MRC_alp
n x 10000	-	Band4 of MRC	MRC_n
m x 10000	-	Band5 of MRC	MRC_m
Παράμετροι της MRC + HCC:			
Θ _r x 10000	cm ³ cm ⁻³	band1 of MRC	HCC_thr
Θ _s x 10000	cm ³ cm ⁻³	Band2 of MRC	HCC_ths
α x 10000	cm ⁻¹	Band3 of MRC	HCC_alp
n x 10000	-	Band4 of MRC	HCC_n
m x 10000	-	Band5 of MRC	HCC_m
K ₀ x 10000	cm day ⁻¹	Band6 of MRC	HCC_K ₀
L x 10000	-	Band7 of MRC	HCC_L

Σημειώσεις.

BD = bulk density,

clay = clay content,

FC = water content at field capacity,

HCC = hydraulic conductivity curve,

KS = saturated hydraulic conductivity,

MRC = moisture retention curve,

MS = mean statistics of pre-determined groups,

OC = organic carbon content,

pH = pH in water,

PTFs = pedotransfer functions,

sand= sand content,

silt = silt content,

T/S = topsoil and subsoil distinction,

THS = saturated water content,

WP = water content at wilting point

4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Οι ιδιότητες του εδάφους που περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων SoilGrids, μετασχηματίστηκαν στη μορφή που χρειάστηκε απ' τα EU-PTFs (Tóth et al., 2015). Η περιεκτικότητα σκόνης άμμου, πηλού και αργίλου διαμορφώθηκαν στο 100% και οι κατηγορίες υφής εδάφους του τμήματος γεωπονίας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (USDA) (Soil Survey Staff, 1975) υπολογίστηκαν. Επέλεξαν τα πιο αξιόπιστα και αποδοτικά PTFs που βαθμολογήθηκαν σε αντιπροσωπευτικά υποσύνολα δεδομένων για να εξαιρέσουν αρκετά συγκεκριμένα μοντέλα δεδομένων. Για τα επτά τυποποιημένα βάθη των SoilGrids, υπολογίστηκαν δεκαέξι υδραυλικές ιδιότητες εδάφους σε βάθος 0, 5, 15, 30, 60, 100 και 200 cm και σε αναλύσεις 250 m και 1 km. Δεδομένων των μη γραμμικών σχέσεων μεταξύ των υδραυλικών ιδιοτήτων του εδάφους και των άλλων ιδιοτήτων του εδάφους που χρησιμοποιήθηκαν ως προγνωστικά, ο μέσος όρος ενός συνόλου προβλεπόμενων υδραυλικών ιδιοτήτων δεν είναι ισοδύναμος με την πρόβλεψη των ιδιοτήτων οι οποίες βασίζονται στη μέση τιμή των δεικτών πρόβλεψης. Ως εκ τούτου, οι υπολογισμοί ολοκληρώθηκαν επίσης στα συγκεντρωτικά SoilGrids 1km και όχι στα υδραυλικά στρώματα του εδάφους που προκύπτουν σε ανάλυση 250 m. Η συγκέντρωση των χαρτών SoilGrids250m σε ανάλυση 1km δημιουργήθηκε με τη μέθοδο της "μέσης" αναδειγματοληψίας στο λογισμικό του GDAL (Mitchell και οι δημιουργοί του GDAL, 2014).

Ο Πίνακας 1 απαριθμεί τις υπολογισμένες υδραυλικές ιδιότητες του εδάφους και των ευρωπαϊκών πεδοσυναρτήσεων που χρησιμοποιήθηκαν για την πρόβλεψή τους, υποδεικνύοντας επίσης τις ιδιότητες του εδάφους που χρησιμοποιούνται ως μέσω πρόβλεψης. Η περιεκτικότητα σε νερό στον κορεσμό (THS) αναφέρεται στην περιεκτικότητα σε νερό στα 0 cm δυναμικής (0 MPa) (pF0). Υδατοϊκανότητα (FC) είναι η περιεκτικότητα του νερού στα -330 cm δυναμικής (-0,03 MPa), η οποία είναι η συνηθέστερη χρησιμοποιούμενη τιμή (pF 2,5). Εάν η τιμή της υδατοϊκανότητας (FC) είναι διαφορετική από αυτήν που αναφέραμε, για παράδειγμα, έστω ότι η εδαφική υγρασία σε βάθος -50, -60 ή -100 cm δυναμικής νερού αντίστοιχα (-0.005, -0.006, ή -0,01 MPa), μπορεί να υπολογιστεί από την καμπύλη συγκράτησης υγρασίας (MRC). Το σημείο μάρανσης (WP) υπολογίζεται ως η περιεκτικότητα σε νερό σε βάθος -15,848 cm δυναμικής (-1,5 MPa, pF 4,2). Η υδραυλική αγωγιμότητα στον κορεσμό (Ks) είναι η αγωγιμότητα όταν η δυναμική του νερού είναι 0 (0 MPa).

Το μοντέλο Van Genuchten (van Genuchten, 1980) χρησιμοποιείται για την περιγραφή της Χαρακτηριστικής Καμπύλης Υγρασίας:

$$\theta(h) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (ah)^n]^m}$$

Σχέση 1 Van Genuchten

όπου $\theta(h)$ είναι η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) σε συγκεκριμένη τιμή δυναμικής νερού (cm στήλης νερού). θ_r είναι η περιεκτικότητα του υπολειπόμενου νερού ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$). θ_s είναι η περιεκτικότητα σε κορεσμένο νερό ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) και a (cm^{-1}), n (-) και m (-) είναι παράμετροι προσαρμογής. Η παράμετρος m ισούται με $1 - 1/n$. Οι παράμετροι θ_r , θ_s , a , n και m του μοντέλου van Genuchten υπολογίστηκαν και καταχωρήθηκαν στο EU-SoilHydroGrids ver1.0.

Η Καμπύλη Υδραυλικής Αγωγιμότητας (HCC) περιγράφεται με το μοντέλο van Genuchten σε συνδυασμό με το μοντέλο του Mualem (1976):

$$K(S_e) = K_s S_e^L \left[1 - (1 - S_e^{1/m})^m \right]^2$$

Σχέση 2 van Genuchten

$$S_e(h) = \frac{\theta(h) - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}$$

Σχέση 3 Mualem

Όπου K είναι η υδραυλική αγωγιμότητα εδάφους (cm day^{-1}). K_s είναι η υδραυλική αγωγιμότητα στον κορεσμό (cm day^{-1}). S_e είναι ο ενεργός κορεσμός (-); και το L είναι μια παράμετρος σχήματος που σχετίζεται με τη κίνηση του νερού μέσα απ τους πόρους του εδάφους. Πέρα από τις παραμέτρους K_s και L , οι παράμετροι θ_r , θ_s , α , n και m της HCC υπολογίστηκαν για να δώσουν ένα ολοκληρωμένο μοντέλο που περιγράφει την ακόρεστη υδραυλική αγωγιμότητα στο εύρος της μέγιστης δυναμικής του νερού.

Οι υπολογισμοί εκτελέστηκαν στην R (R Core Team, 2016) με το πακέτο "eupfr" (Weynants & Tóth, 2014) που περιέχει τις μεθόδους υδραυλικής πρόβλεψης του εδάφους (EU-PTFs Tóth et al., 2015). Τα πακέτα "RGDAL" (Bivand, Keitt, & Rowlingson, 2016) και "raster" (Hijmans, 2016) R χρησιμοποιήθηκαν για την ανάκληση και την εκτέλεση υπολογισμών στις εικόνες ράστερ. Τα επίπεδα των SoilGrids250m συνδυάστηκαν με το πακέτο της παγκόσμιας παροχής εδαφικών πληροφοριών ("Global Soil Information Facilities", GSIF) (Hengl, 2016) ώστε να εκτελέσουν τις προβλέψεις. (Tóth B, Weynants M, Pásztor L, Hengl T., 2017)

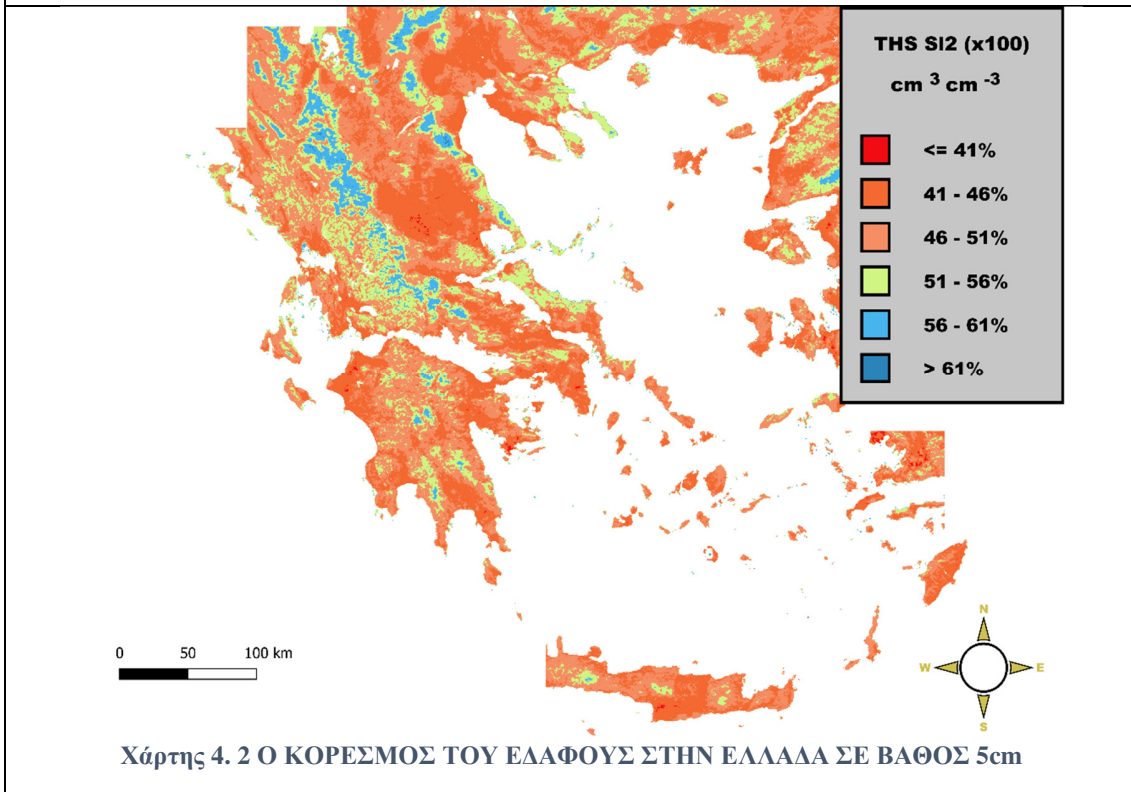
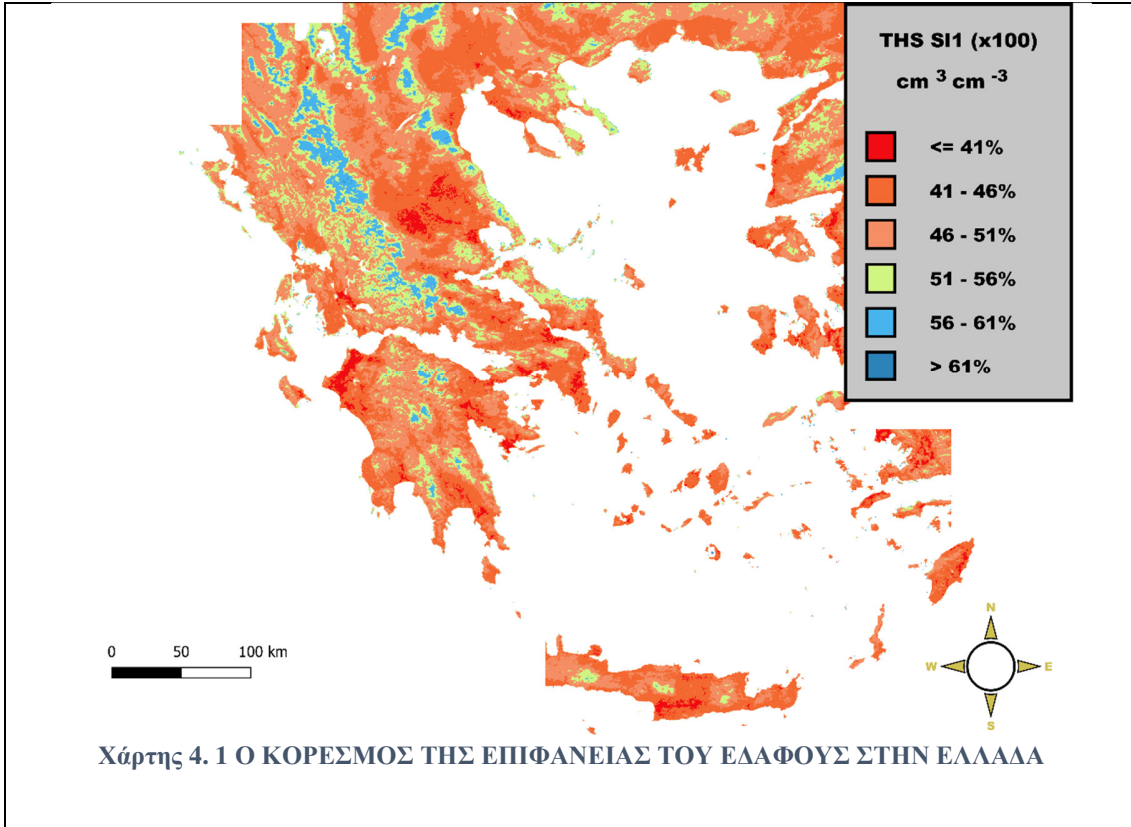
4.1.1 ΠΕΔΟΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ

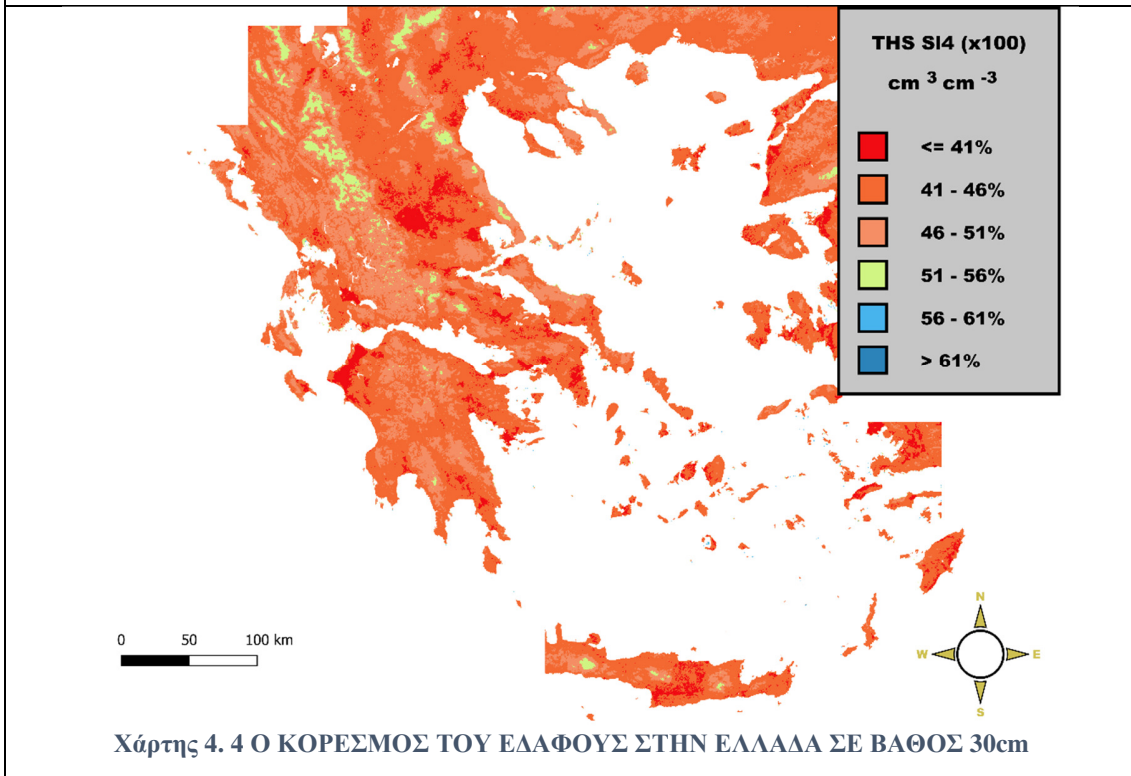
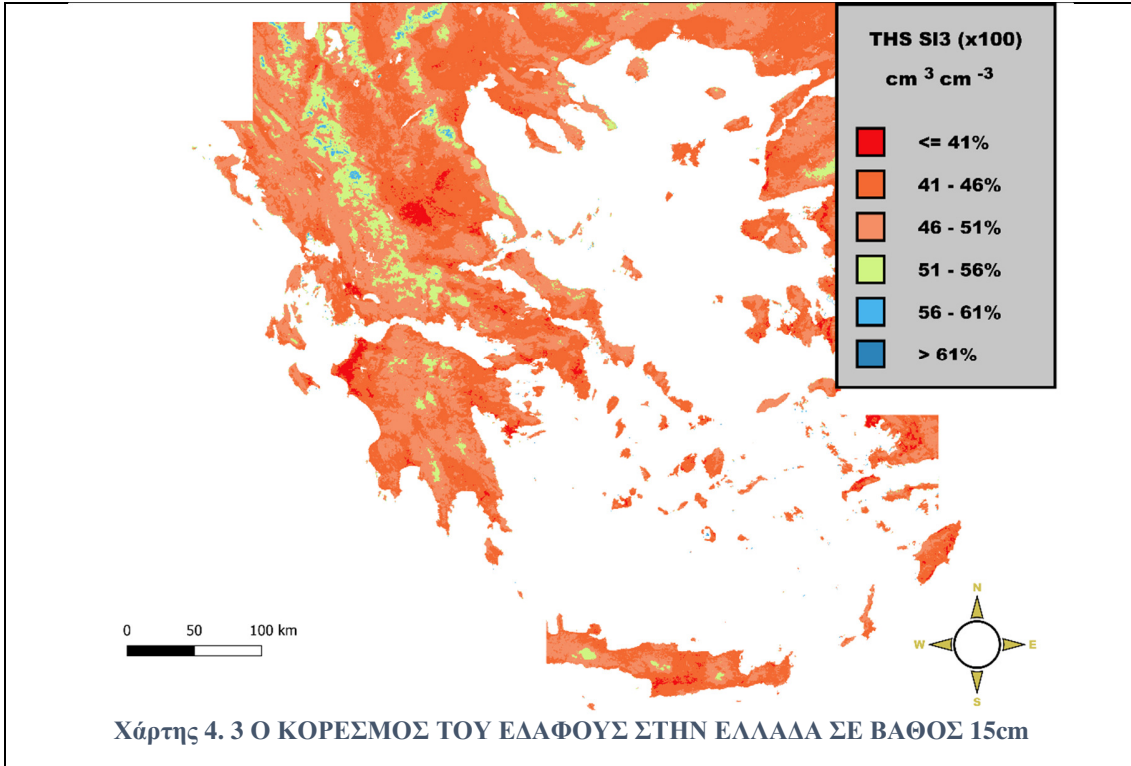
Πεδοσυνάρτηση (PTF) είναι η μετάφραση των πρωτογενών δεδομένων του εδάφους σε πιο χρήσιμες πληροφορίες. Οι πεδοσυναρτήσεις μπορούν επίσης να οριστούν ως προγνωστικές συναρτήσεις ορισμένων ιδιοτήτων του εδάφους από άλλες εύκολες, απλές ή μικρού κόστους μετρήσεις. Τα πιο άμεσα διαθέσιμα δεδομένα προέρχονται από την έρευνα του εδάφους, όπως η μορφολογία του εδάφους, η υφή, η δομή και το pH. Οι πεδοσυναρτήσεις προσθέτουν αξία στα βασικά δεδομένα του εδάφους μεταφράζοντάς τα σε κατηγορίες άλλων πιο επίπονων και αυστηρά καθορισμένων ιδιοτήτων του εδάφους. Αυτές οι λειτουργίες καλύπτουν το κενό μεταξύ των διαθέσιμων δεδομένων εδάφους και των ιδιοτήτων, οι οποίες είναι πιο χρήσιμες ή απαιτούνται για ένα συγκεκριμένο μοντέλο ή για την αξιολόγηση ποιότητας. (.O.A. Odeh, 2005)

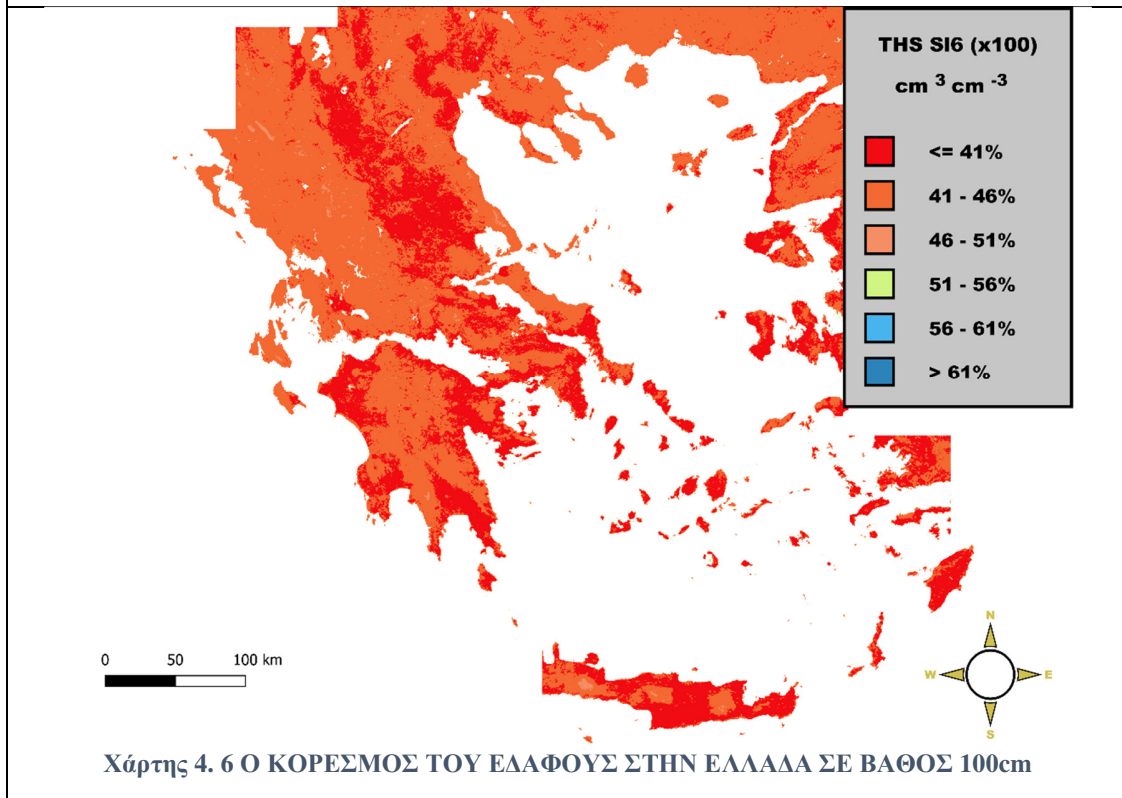
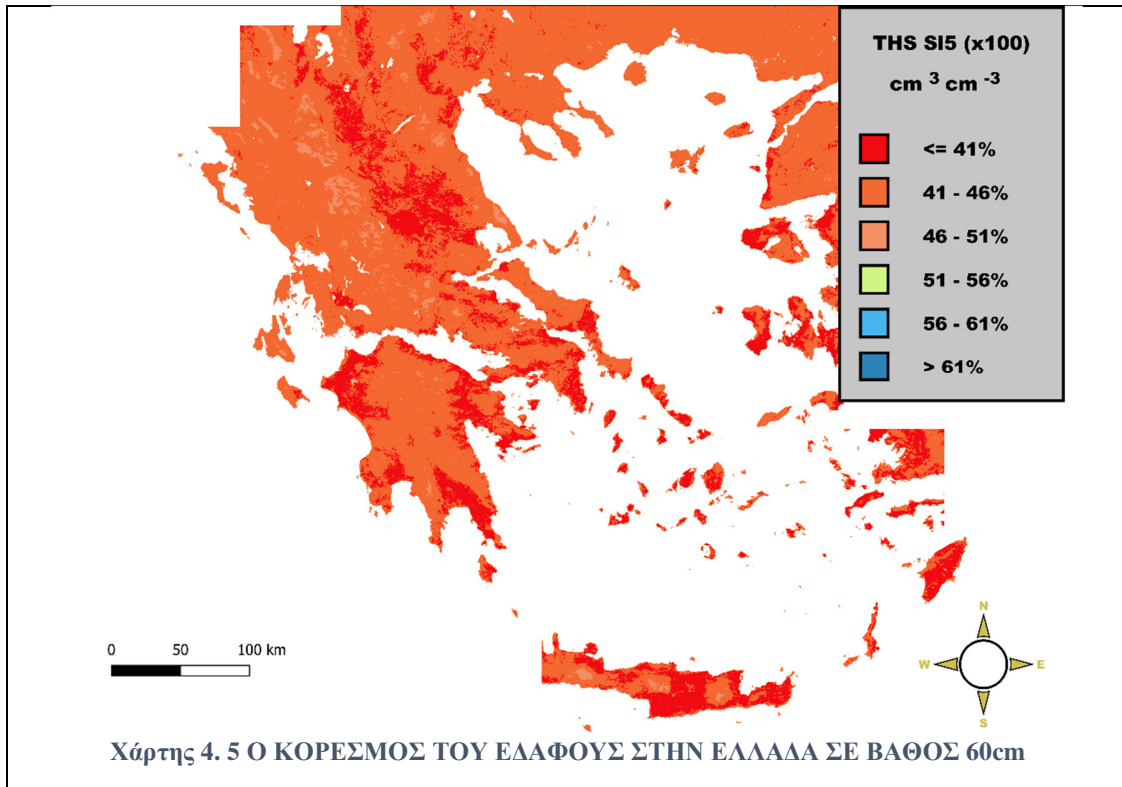
4.2 ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΝΕΡΟ (THS)

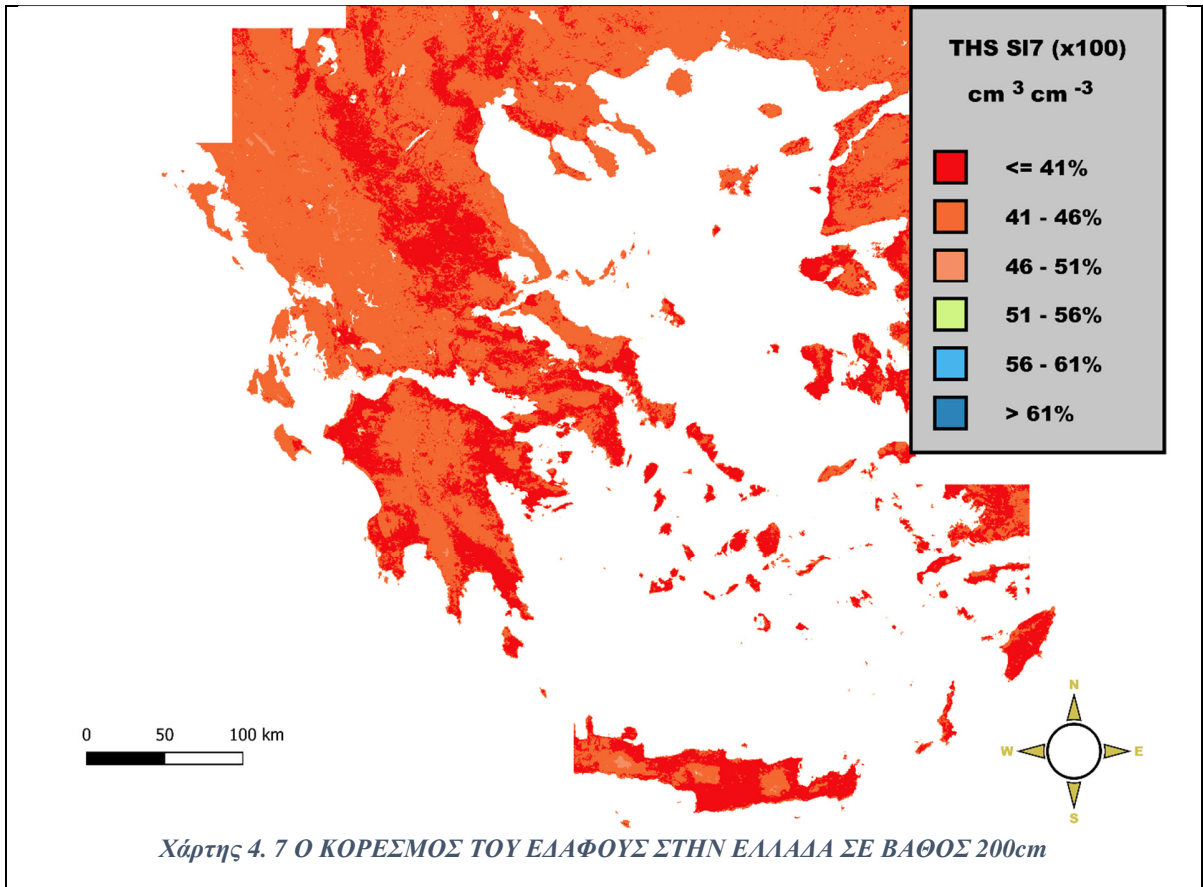
Το έδαφος βρίσκεται σε κορεσμό όταν όλοι οι πόροι γεμίζουν με νερό. Είναι μια προσωρινή κατάσταση που μπορεί να συμβεί μετά από μια μεγάλη σε διάρκεια βροχή ή μετά από άρδευση. Το έδαφος αποστραγγίζεται με την επίδραση της βαρύτητας, όπου το νερό μεταφέρεται στα κατώτερα στρώματα και το κενό στους πόρους θα αντικατασταθεί με αέρα. Ακόμα, το έδαφος όταν βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού χάνει την ιδιότητά του, να απομακρύνει παθογόνους οργανισμούς και ρύπους. Τέλος, για την πρόληψη προτείνεται, η φύτευση φυτών όπου το ριζικό σύστημα βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και αργιλοαμμώδη χώμα ως υλικό πλήρωσης, ώστε να βελτιωθεί ο αερισμός.

Παρακάτω εμφανίζονται οι χάρτες υγρασίας κορεσμού του εδάφους (THS) για την Ελλάδα που αντλήθηκαν από την τρισδιάστατη υδραυλική βάση δεδομένων της Eu-SoilHydroGrids και επεξεργάστηκαν για την απεικόνιση σε 7 βάθη 0, 5, 15,30, 60, 100, 200 εκατοστά.





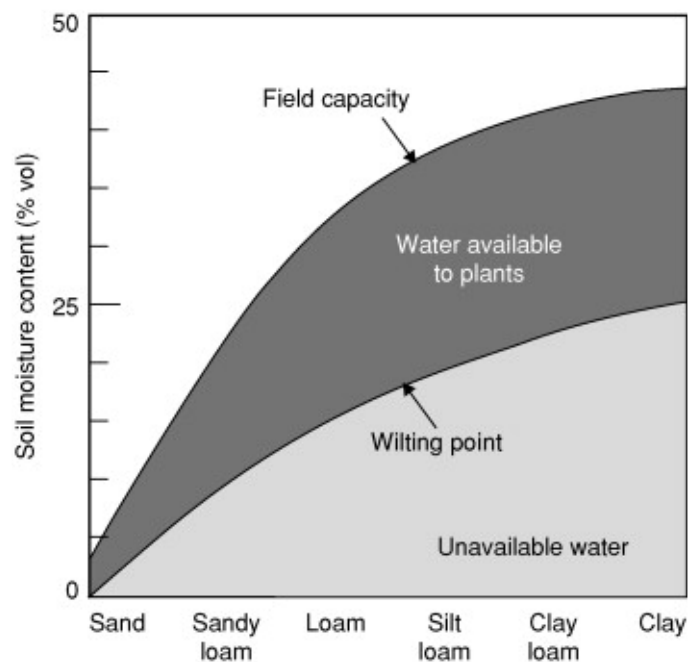




4.3 ΥΔΑΤΟΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ (FC)

Υδατοϊκανότητα του εδάφους είναι η εδαφική υγρασία ή η περιεκτικότητα νερού στο έδαφος ύστερα από την αποστράγγιση του. Συνήθως χρειάζονται μερικές μέρες αφού έχει προηγηθεί άρδευση ή βροχόπτωση.

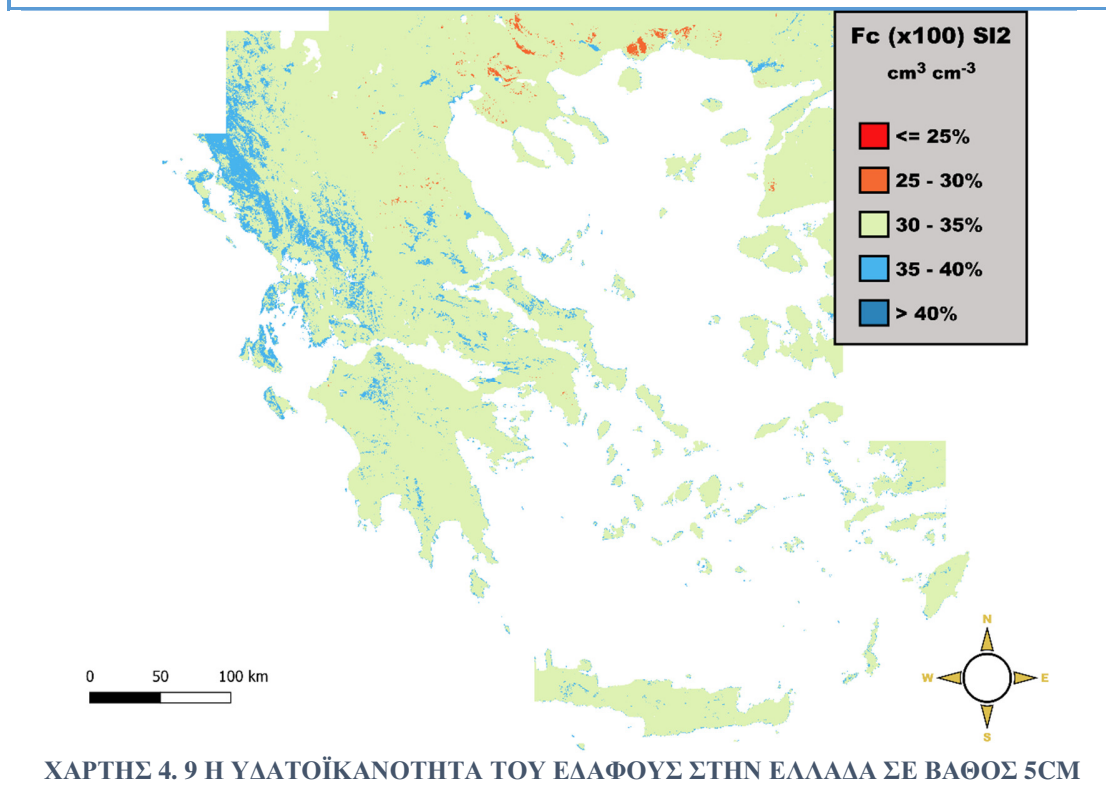
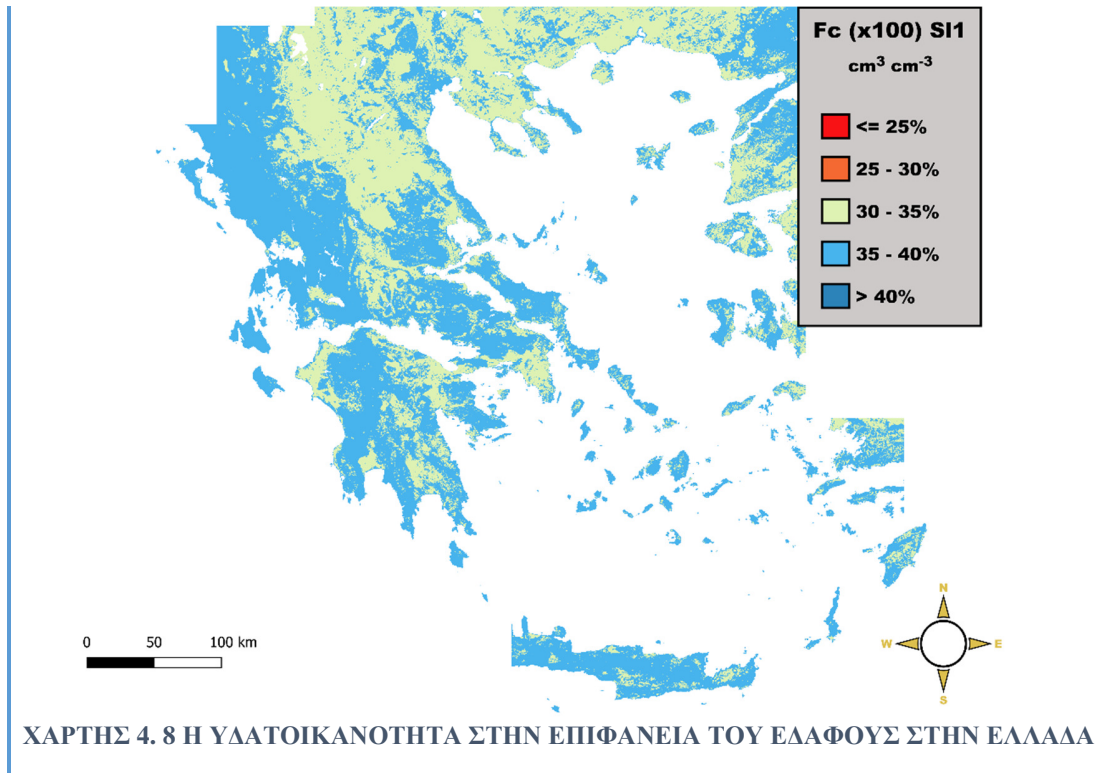
Η υδατοϊκανότητα (FC) είναι μια παράμετρος του εδάφους που χρησιμοποιείται ευρέως στην υδρολογία, στη διαχείριση της γης και στη μηχανική άρδευσης και αποστράγγισης. Αυτή η ευρεία χρήση του FC παρακινείται από τη συχνή εμφάνιση αποστράγγισης από τα ανώτερα στρώματα του εδάφους που σχετίζεται με σημαντική διαβροχή (βροχή ή άρδευση). Ανάλογα με την υδροδυναμική και τα χαρακτηριστικά κατακράτησης νερού των εδαφών, περισσότερο ή λιγότερο νερό αποστραγγίζεται από τα ανώτερα στρώματα του εδάφους μετά τη διαβροχή τους, επιτρέποντας καλύτερο αερισμό και κατανομή νερού. Συμπερασματικά, τα αργιλώδη εδάφη συγκρατούν μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας σε αντίθεση με τα αμμώδη που εμφανίζουν την μικρότερη υδατοϊκανότητα.

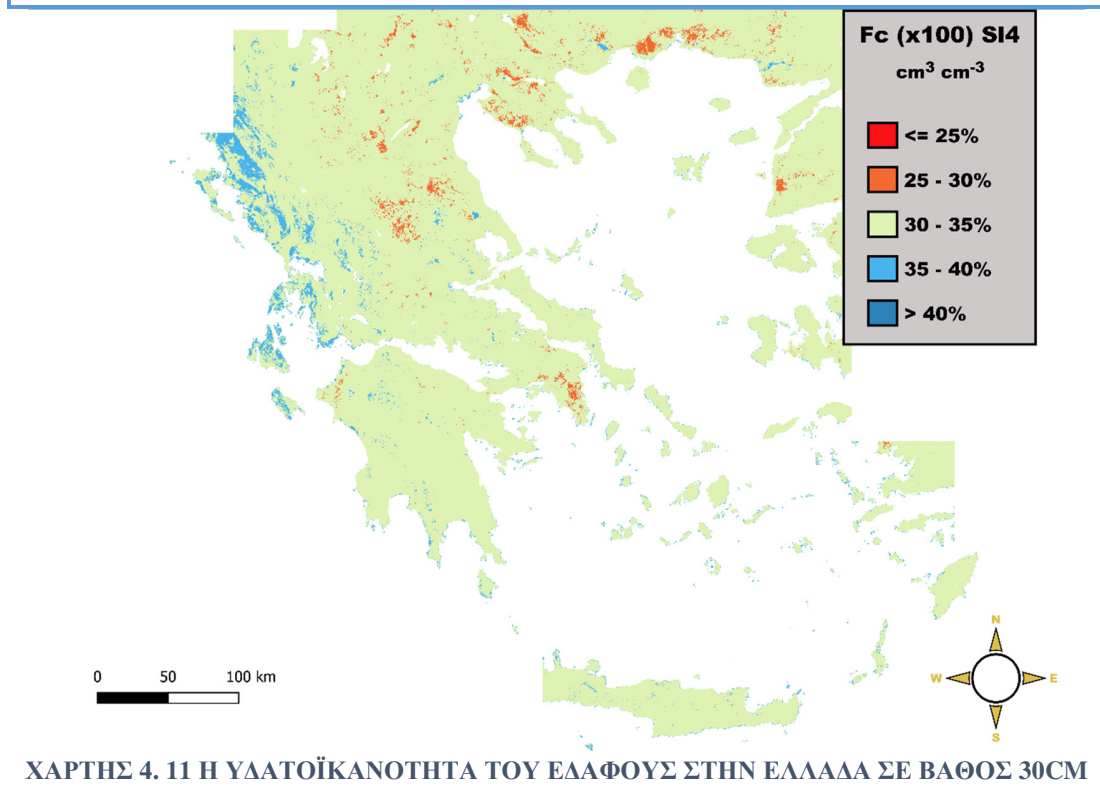
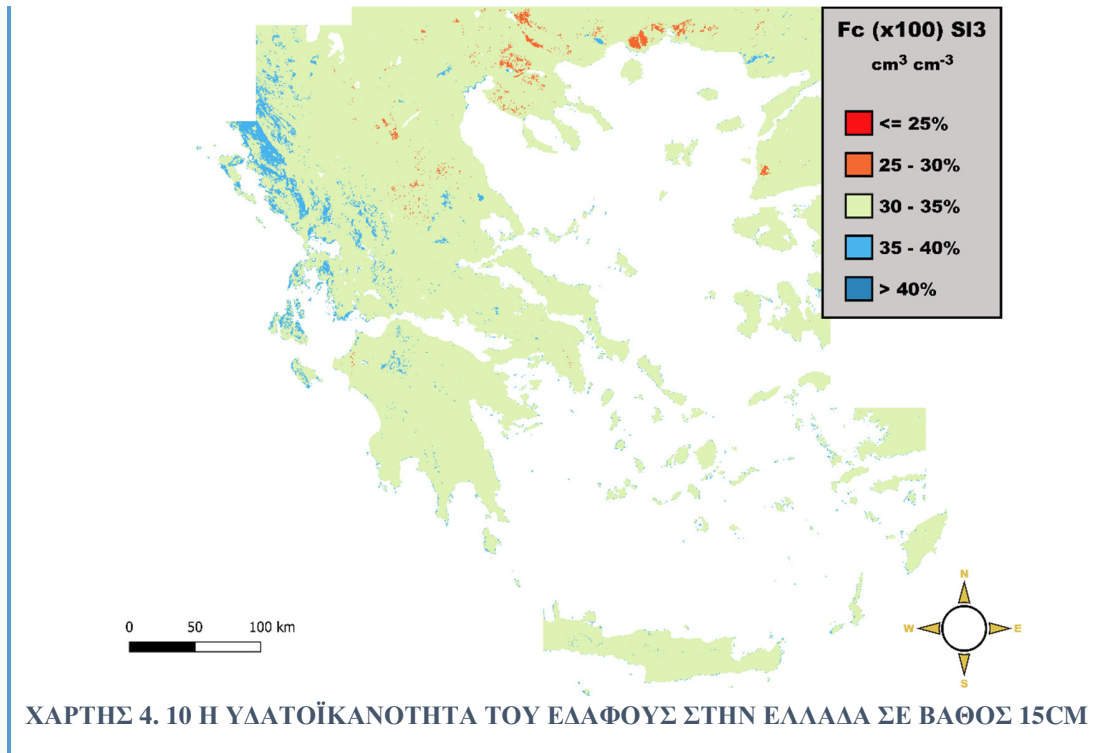


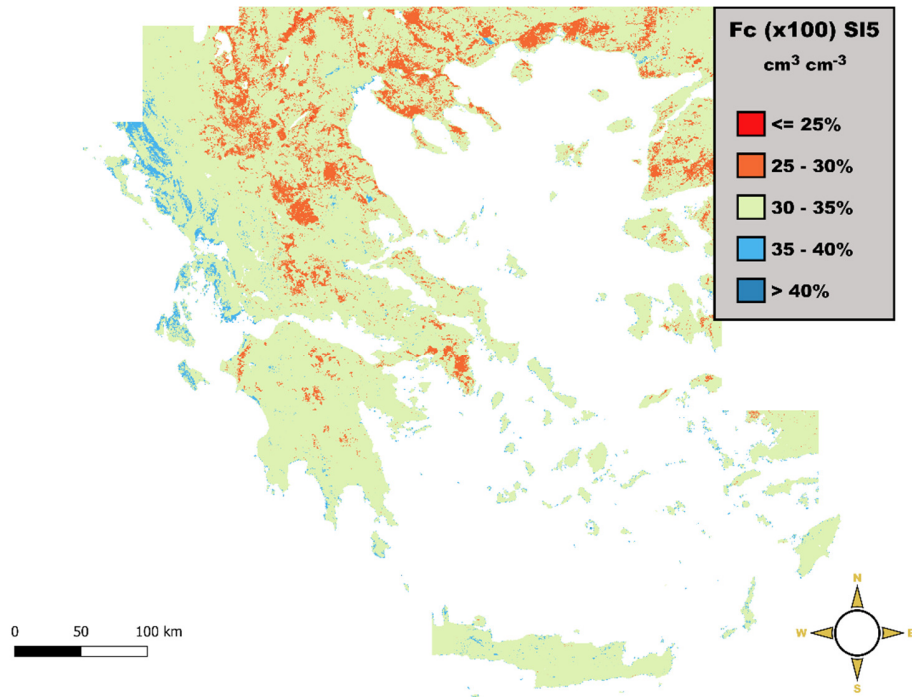
Σχήμα 4. 1 Καμπύλες υπολογισμού υδατοϊκανότητας, σημείου μόνιμης μάρανσης και διαθέσιμου νερού για τα φυτά..

[HTTPS://WWW.RESEARCHGATE.NET/PROFILE/DHANANJAY-SHIRSAT/POST/HOW-TO-MAINTAIN-100-AND-50-FIELD-CAPACITY-IN-TOMATO-GROWN-IN-POLY-GROW-BAGS/ATTACHMENT/5D2077BCC](https://www.researchgate.net/profile/Dhananjay-Shirsat/post/how-to-maintain-100-and-50-field-capacity-in-tomato-grown-in-poly-grow-bags/attachment/5d2077bcc)

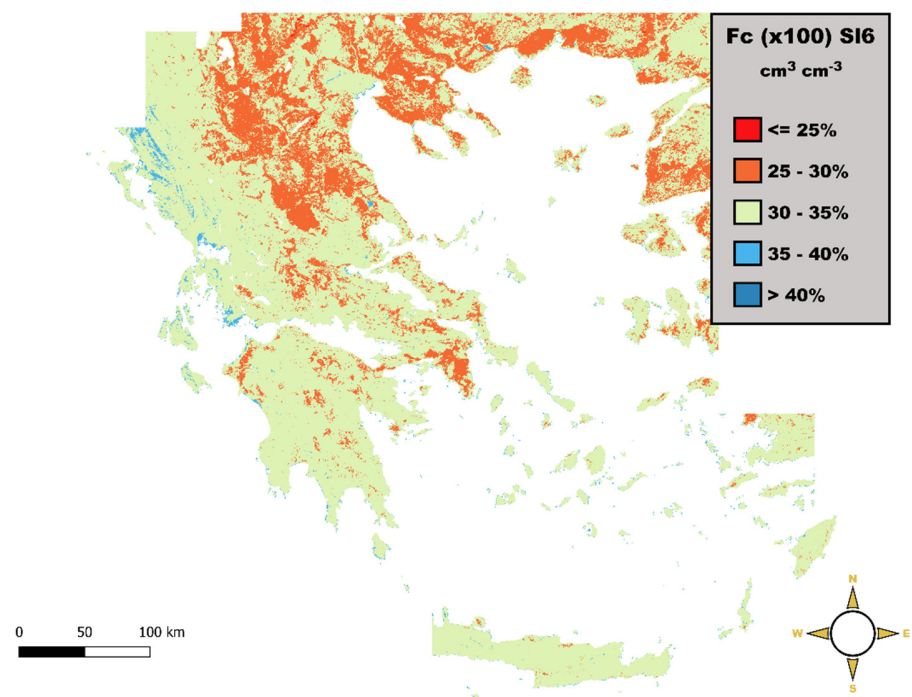
Παρακάτω εμφανίζονται οι χάρτες υδατοϊκανότητας (FC) για την Ελλάδα που αντλήθηκαν από την τρισδιάστατη υδραυλική βάση δεδομένων της Eu-SoilHydroGrids και επεξεργάστηκαν για την απεικόνιση σε 7 βάθη 0, 5, 15,30, 60, 100, 200 εκατοστά.



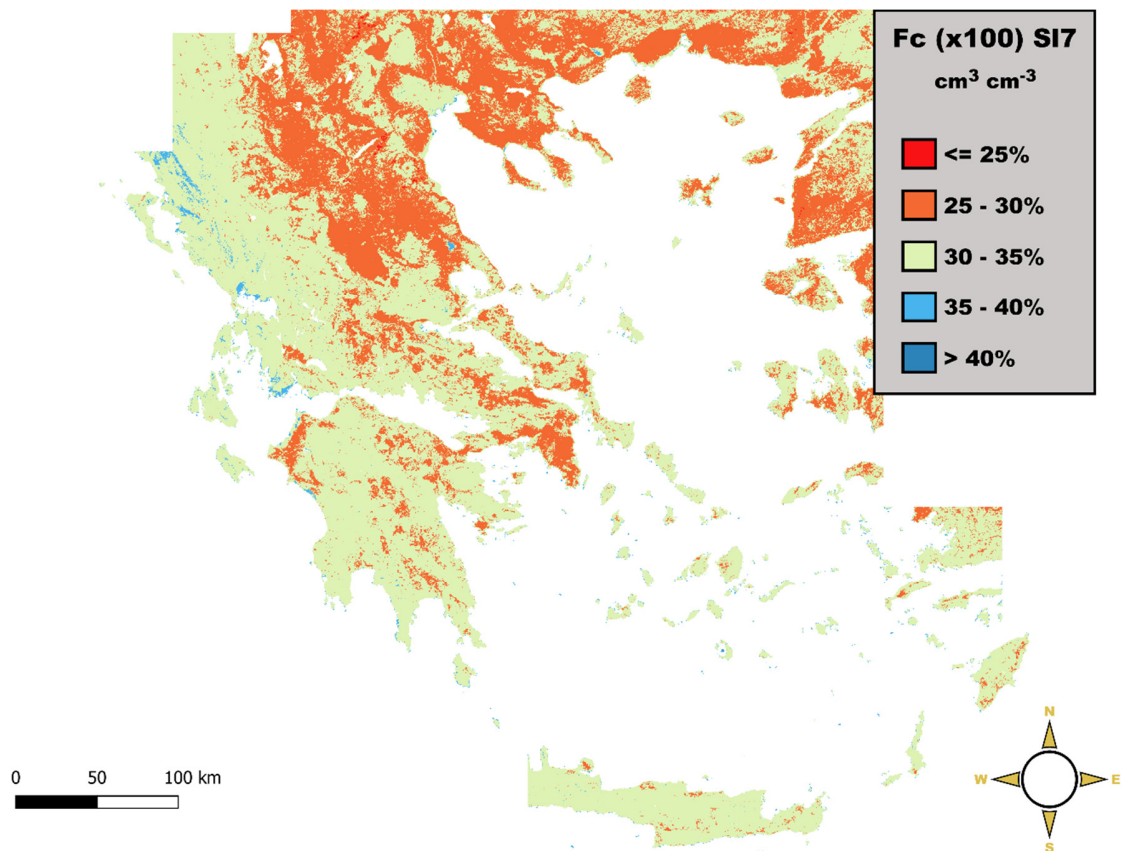




ΧΑΡΤΗΣ 4. 12 Η ΥΔΑΤΟΪΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 60CM



ΧΑΡΤΗΣ 4. 13 Η ΥΔΑΤΟΪΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 100CM



Χάρτης 4. 14 Η ΥΔΑΤΟΪΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 200cm

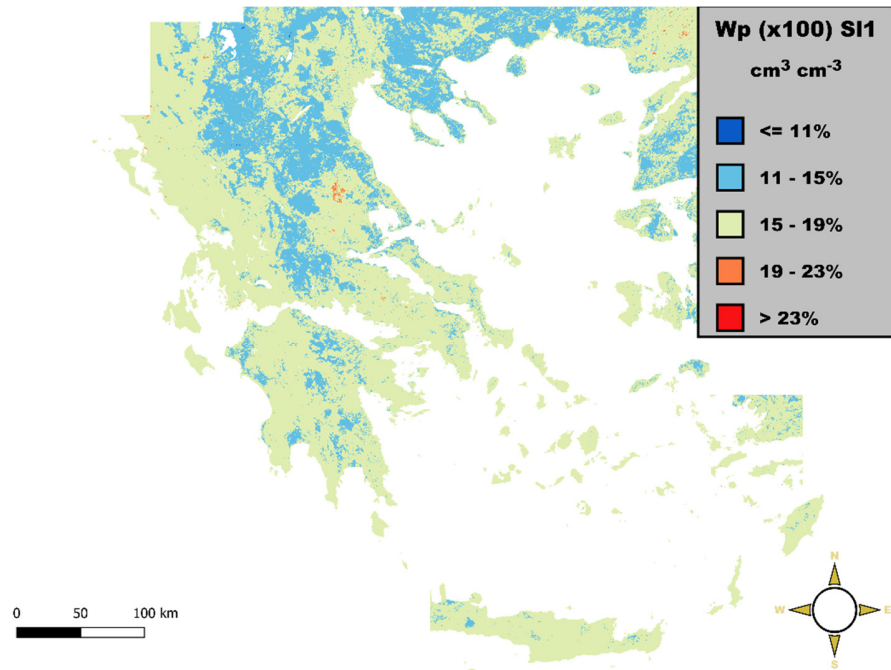
4.3.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από την απεικόνιση καταλαβαίνουμε ότι στην επιφάνεια υπάρχει μεγαλύτερη υδατοϊκανότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα βάθη όπως και περιμέναμε, σε βάθος 5, 15 και 30 εκατοστά βάθους δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές, ωστόσο στα 60, 100, 200 παρατηρούμε σημαντική μείωση του ποσοστού υγρασίας.

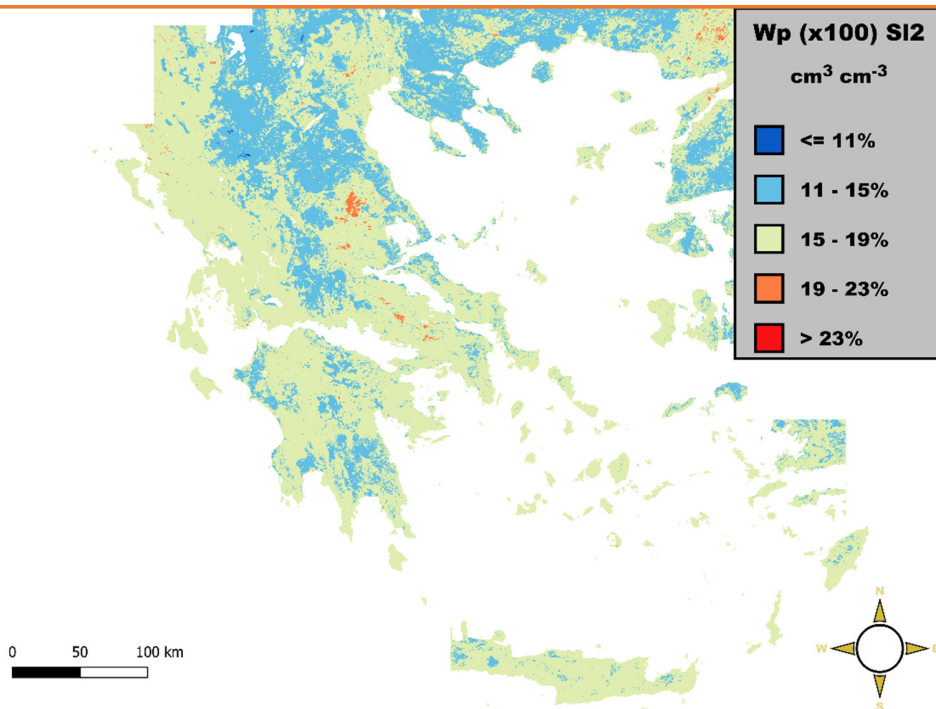
4.4 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ (WP)

Ονομάζεται το σημείο εκείνο όπου δεν υπάρχει διαθέσιμο νερό στο έδαφος για τα φυτά. Τα φυτά εάν δεν γίνει άρδευση μαραίνονται. Σε εκείνο το σημείο το έδαφος συγκρατεί μια μικρή ποσότητα υγρασίας, αλλά είναι δύσκολο για τις ρίζες των φυτών να το αφομοιώσουν, καθώς η συνηθής πίεση με την οποία αντλούν οι ρίζες των φυτών το νερό είναι γύρω στα 1500 kPa και εξαρτάται από την ποικιλία του φυτού. Σύμφωνα με το πιστοποιημένο συμβουλευτικό κέντρο καλλιεργειών του πανεπιστημίου Κορνέλ (NRCCA) στις Η.Π.Α τα φυτά αρχίζουν να εμφανίζουν συμπτώματα μαρανσης όταν η πίεση που ασκούν οι ρίζες στο νερό είναι μεταξύ 200 – 500 kPa. Η περιεκτικότητα σε υγρασία στο σημείο μόνιμης μαρανσης διαφέρει ανάλογα το τύπο του εδάφους, όπως αναφέραμε στην υδατοϊκανότητα όπου τα αργιλώδη εδάφη συγκρατούν περισσότερη υγρασία στο σημείο μόνιμης μαρανσης με 32% v/v, τα πηλώδη 15% - 20% v/v ενώ τα αμμώδη μόλις 5% - 10% v/v.

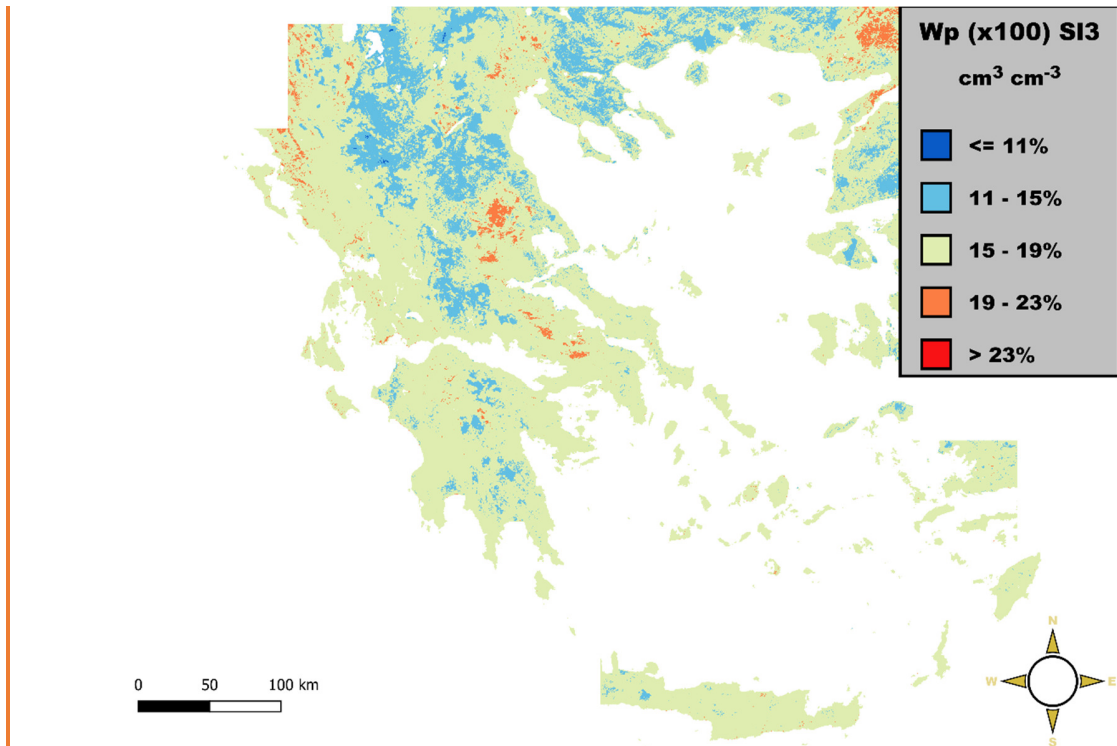
Θα ακολουθήσει παρουσίαση των χαρτών WP στην Ελλάδα, οι εικόνες αντλήθηκαν από την τρισδιάστατη βάση υδραυλικών δεδομένων της Ευρώπης για την απεικόνιση.



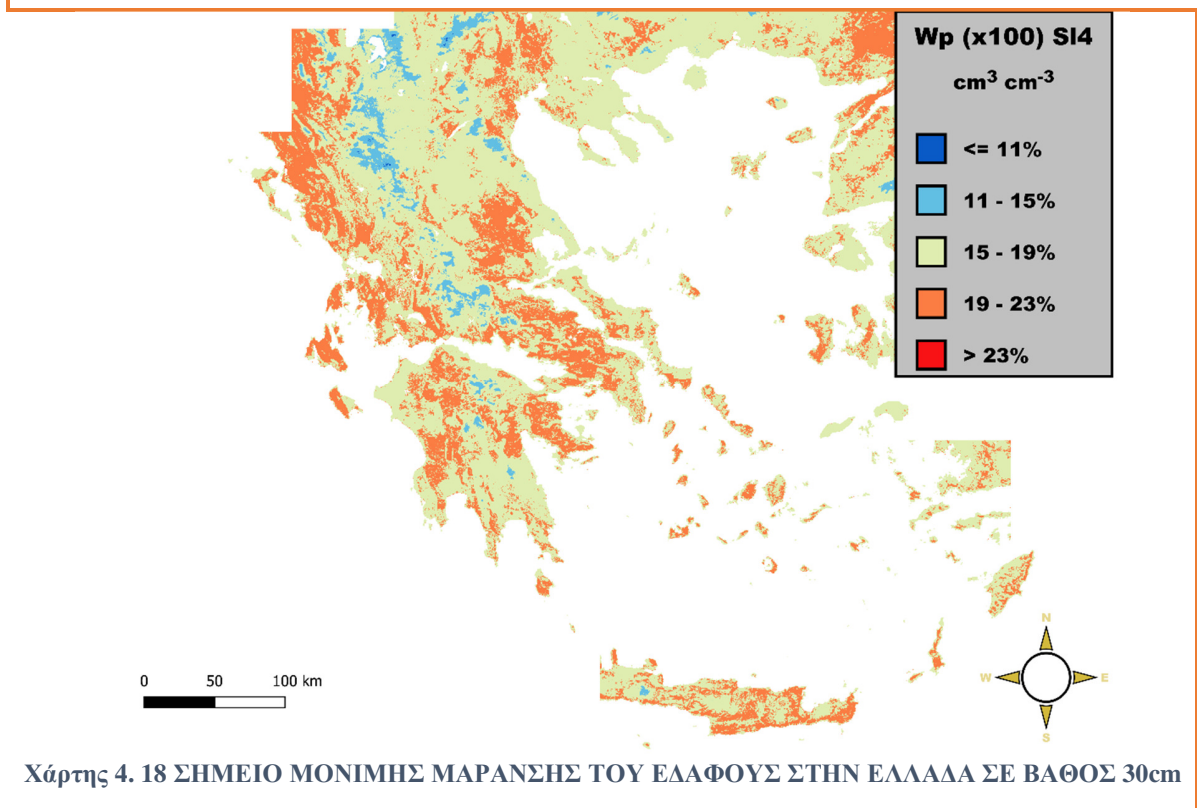
Χάρτης 4. 15 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ



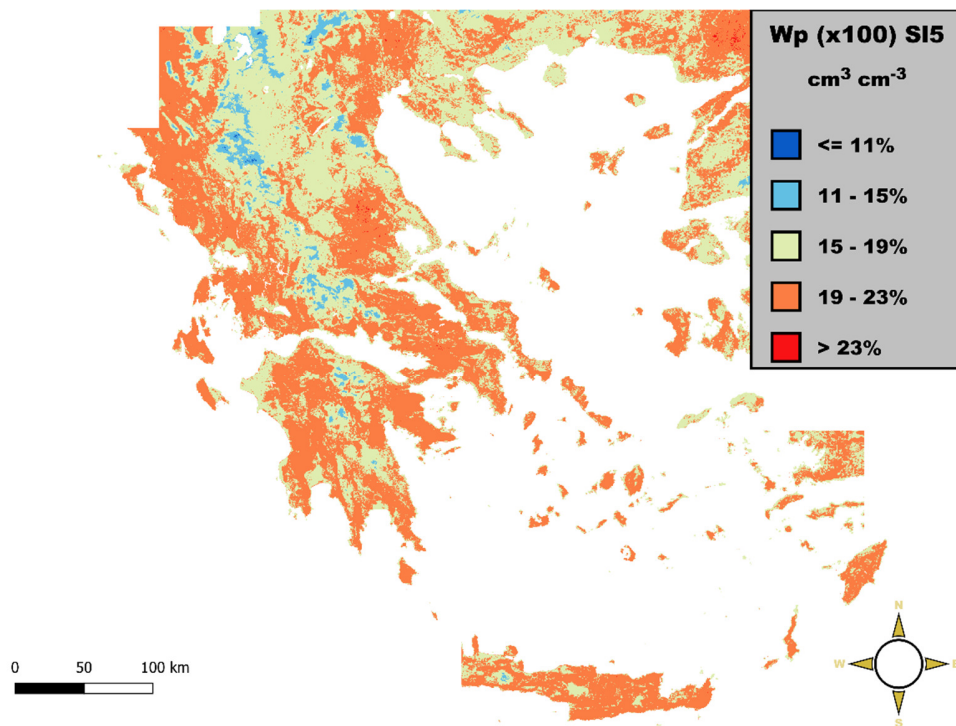
Χάρτης 4. 16 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 5cm



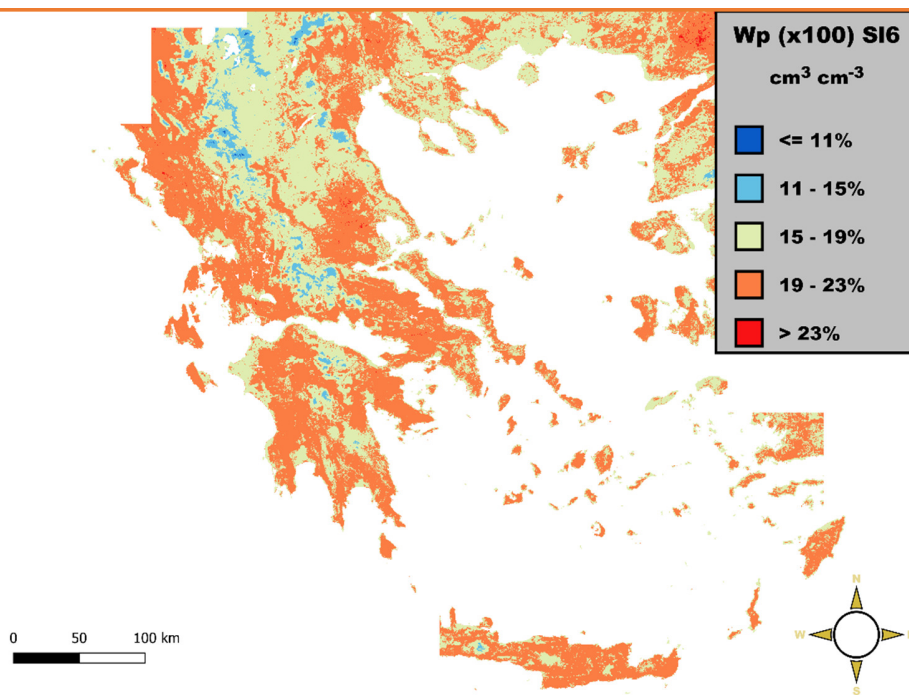
Χάρτης 4. 17 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 15cm



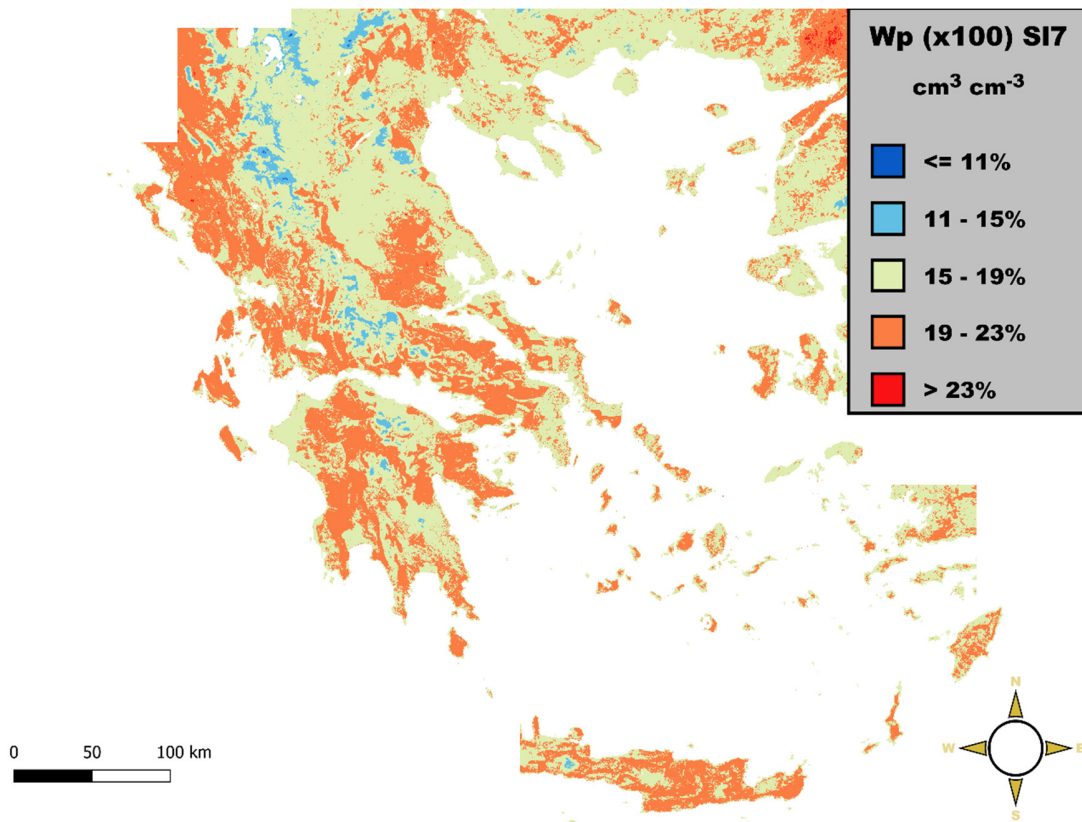
Χάρτης 4. 18 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 30cm



Χάρτης 4. 19 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 60cm



Χάρτης 4. 20 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 100cm



Χάρτης 4. 21 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 200cm

4.4.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Στην επιφάνεια καθώς και σε βάθος έως 15 εκατοστών παρατηρούμε ότι τα ποσοστά της υγρασίας είναι πολύ χαμηλά. Όσο όμως συλλέγουμε δεδομένα σε μεγαλύτερο βάθος 30 – 60 εκατοστά έχουμε μια καλύτερη εικόνα όπου η υγρασία φτάνει σε αρκετές περιοχές πάνω από 22% v/v. Τέλος η θετική εικόνα σε βάθος ενός μέτρου απ' το έδαφος ενθαρρύνει τις καλλιέργειες βαθύριζων φυτών καθώς τα ποσοστά σε μερικές περιοχές αγγίζουν το 25% v/v.

4.5 ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΦΥΤΑ (TAW)

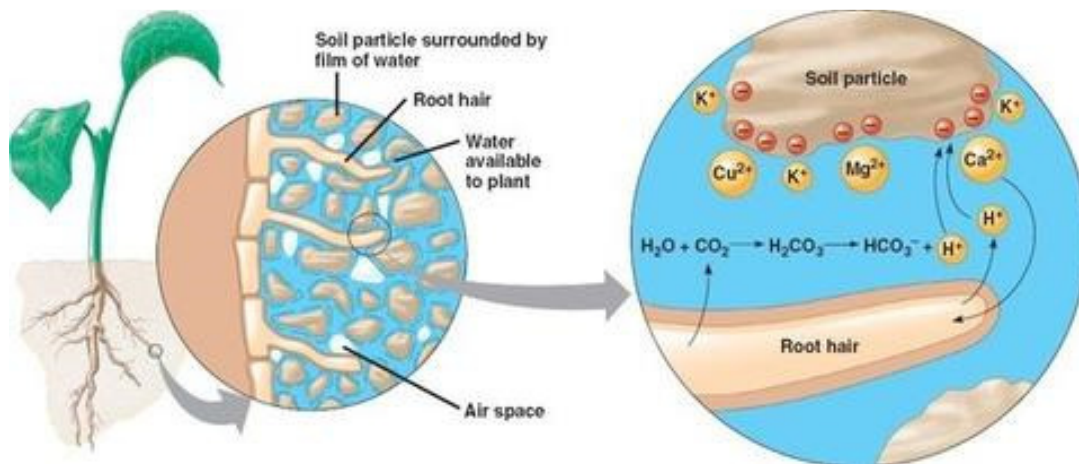
Είναι το μέγιστο ποσοστό υγρασίας που μπορεί να αποθηκευτεί στο έδαφος και να αξιοποιήσουν τα φυτά για την ανάπτυξή τους. Ανάλογα με το τύπο του εδάφους οι τιμές των TAW διαφέρουν.

Ο υπολογισμός των εικόνων TAW πραγματοποιήθηκε με την αφαίρεση των ράστερ του μόνιμου σημείου μάρανσης απ' τα ράστερ της υδατοϊκανότητας:

$$\underline{TAW = FC - WP}$$

Σχέση 4 Τύπος διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας για τα φυτά "TAW"

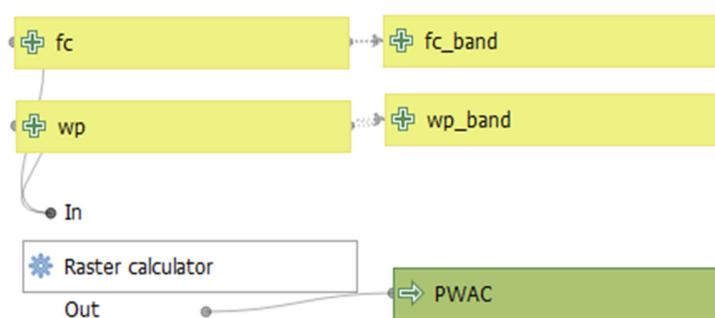
Είναι σημαντικό οι αγρότες να γνωρίζουν την διαθέσιμη υγρασία του εδάφους όπου καλλιεργούν, καθώς θα μπορούν να γνωρίζουν τη μέγιστη απόδοση της καλλιέργειας και να λαμβάνουν αποφάσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια για τη χρήση των λιπασμάτων. Τέλος, γνωρίζοντας την υγρασία που μπορεί να διαθέσει το έδαφος στα φυτά, μπορούν να κατασκευαστούν μοντέλα πρόβλεψης για αύξηση του κέρδους και μείωσης των δαπανών.



*Σχήμα 4. 2 Απεικόνιση απορρόφησης νερού και άλλων θρεπτικών συστατικών απ' το έδαφος,
https://talkinghydroponics.files.wordpress.com/2018/03/main-qimg-f89b293aa32ba534d9c4f405b9dd6ab5-c_large.jpg*

4.5.1 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΓΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ RASTER ΤΟΥ ΤΑΥ

Αρχικά ο αλγόριθμος, διάβασε τις εικόνες raster υδατοϊκανότητας (FC) και μόνιμου σημείου μάρανσης (WP) και ύστερα τις τιμές των band. Μετά, εισάχθηκε το εργαλείο του υπολογισμού ράστερ (raster_calculator) και ορίσαμε τις παραμέτρους. Οι παράμετροι που έπρεπε να συμπληρωθούν ήταν η εισαγωγή της πράξης μεταξύ των εικόνων και το σύστημα συντεταγμένων των διεξαγόμενων εικόνων.

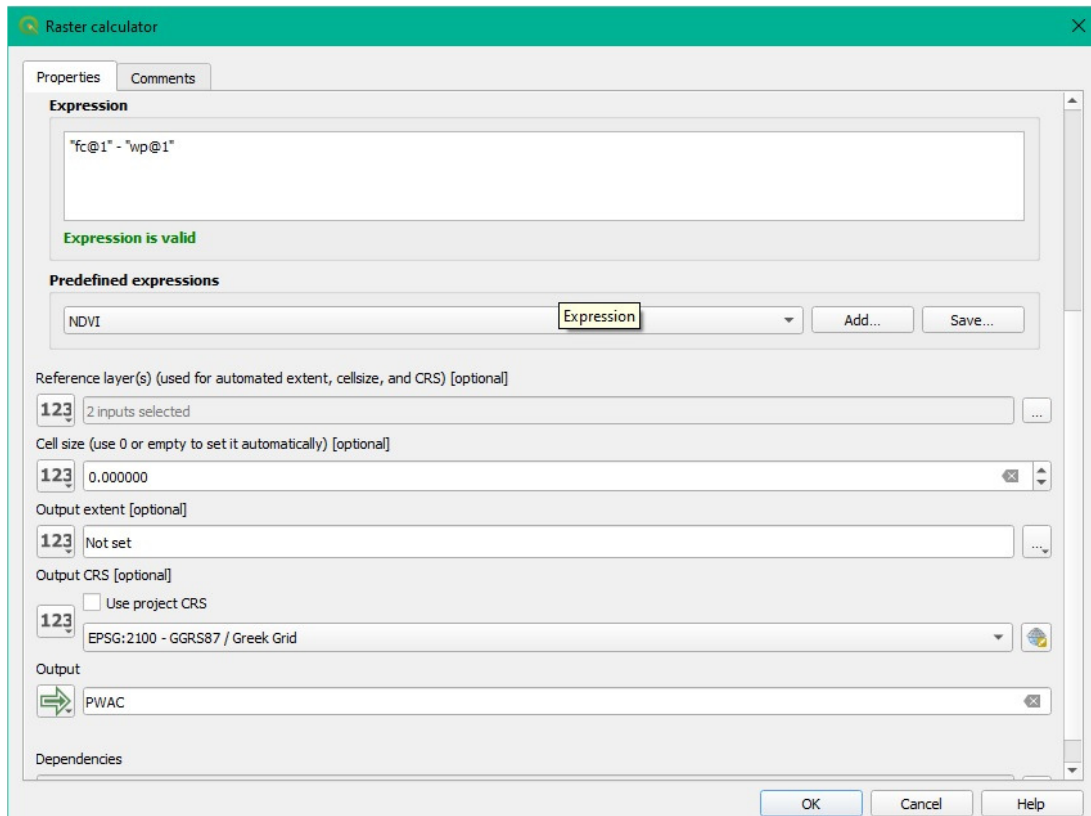


Σχήμα 4. 3 Αλγόριθμος δημιουργίας εικόνων ΤΑΥ

Έτσι, στο πεδίο expression του εργαλείου δόθηκε η αφαίρεση για την δημιουργία των εικόνων ΤΑΥ

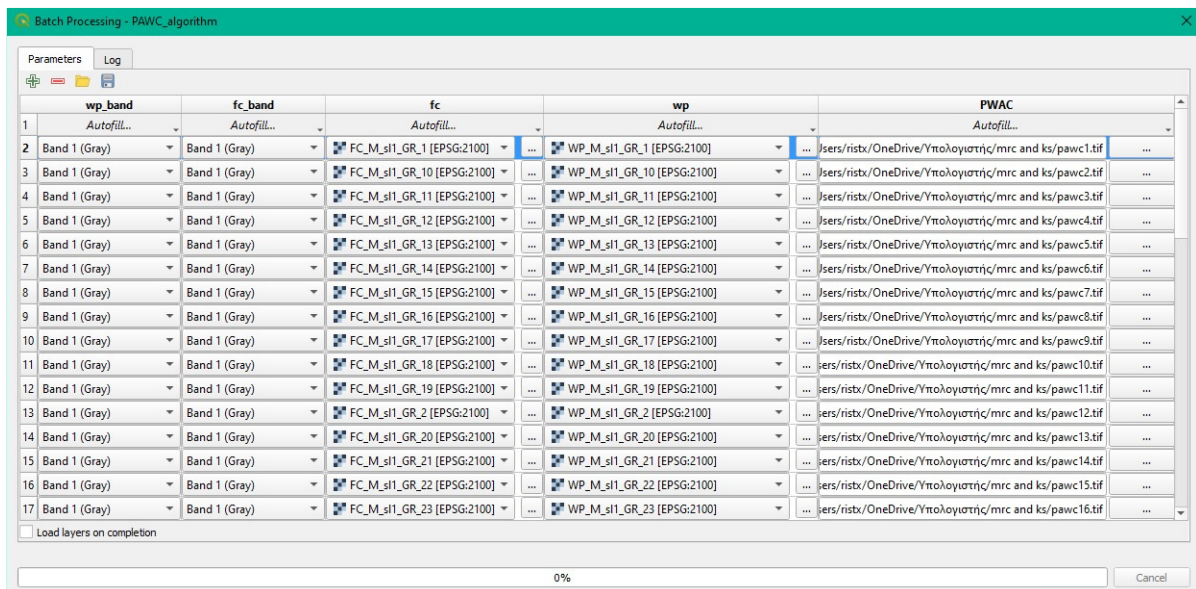
expression: "Fc@1" - "Wp@1"

Και στο πεδίο συντεταγμένων ορίστηκε το ΕΓΣΑ87, EPSG:2100. Όλες οι άλλες παράμετροι ορίστηκαν αυτόματα από το εργαλείο.



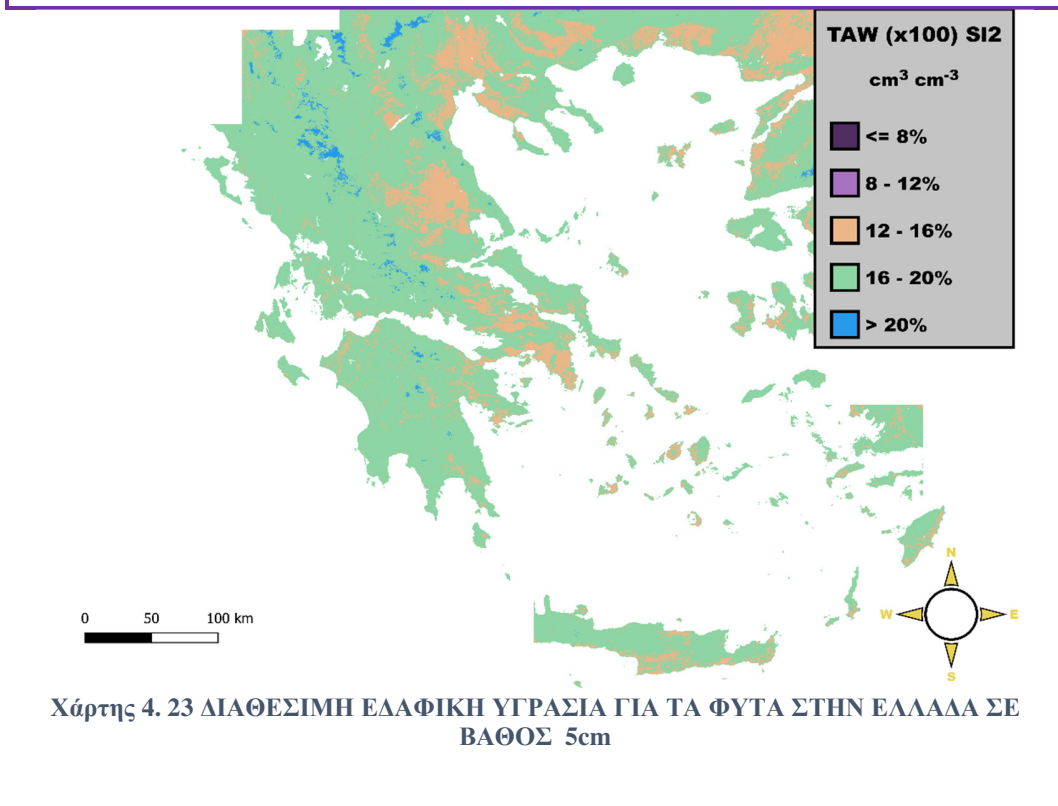
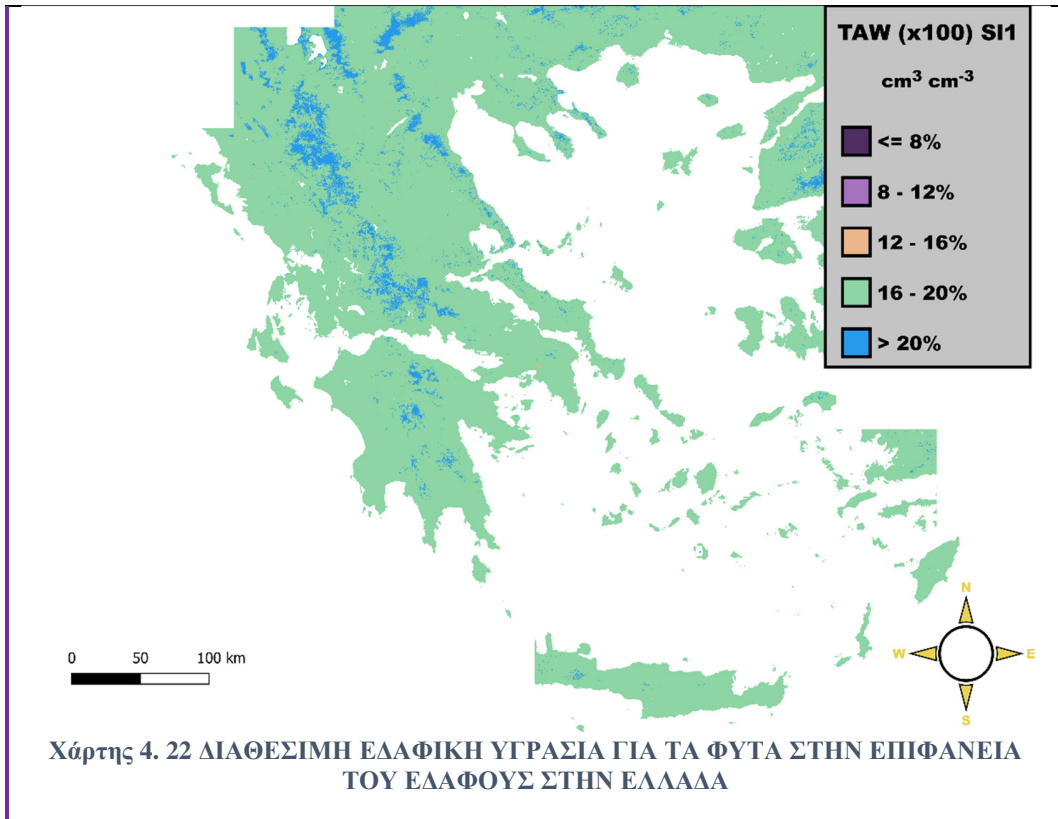
Σχήμα 4. 4 Εισαγωγή παραμέτρων για τη δημιουργία εικόνων TAW

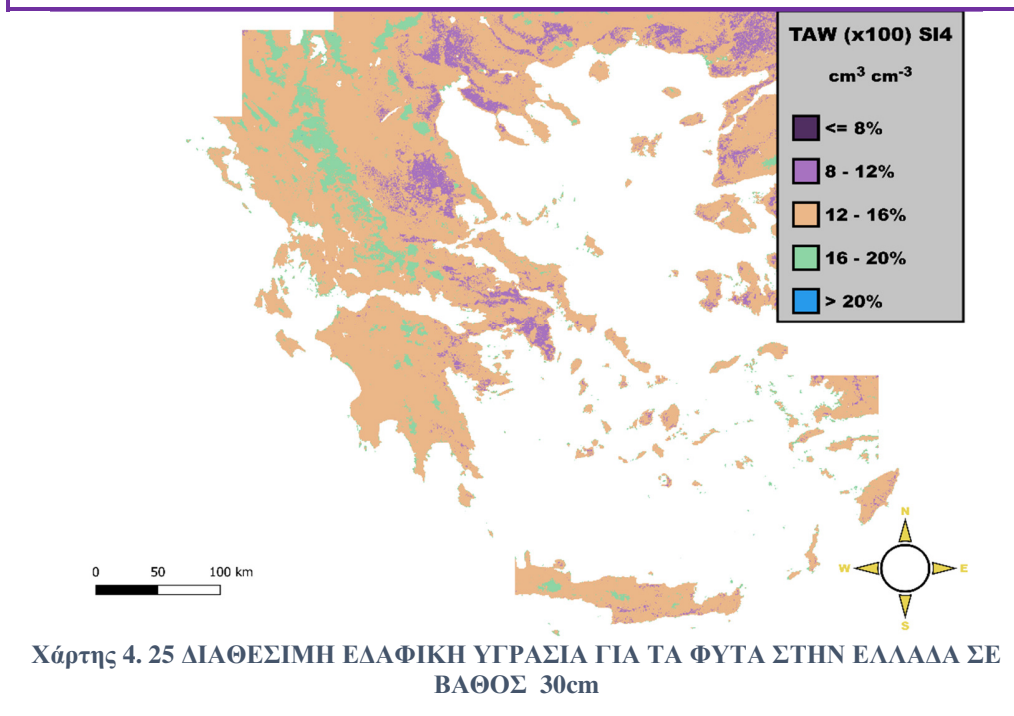
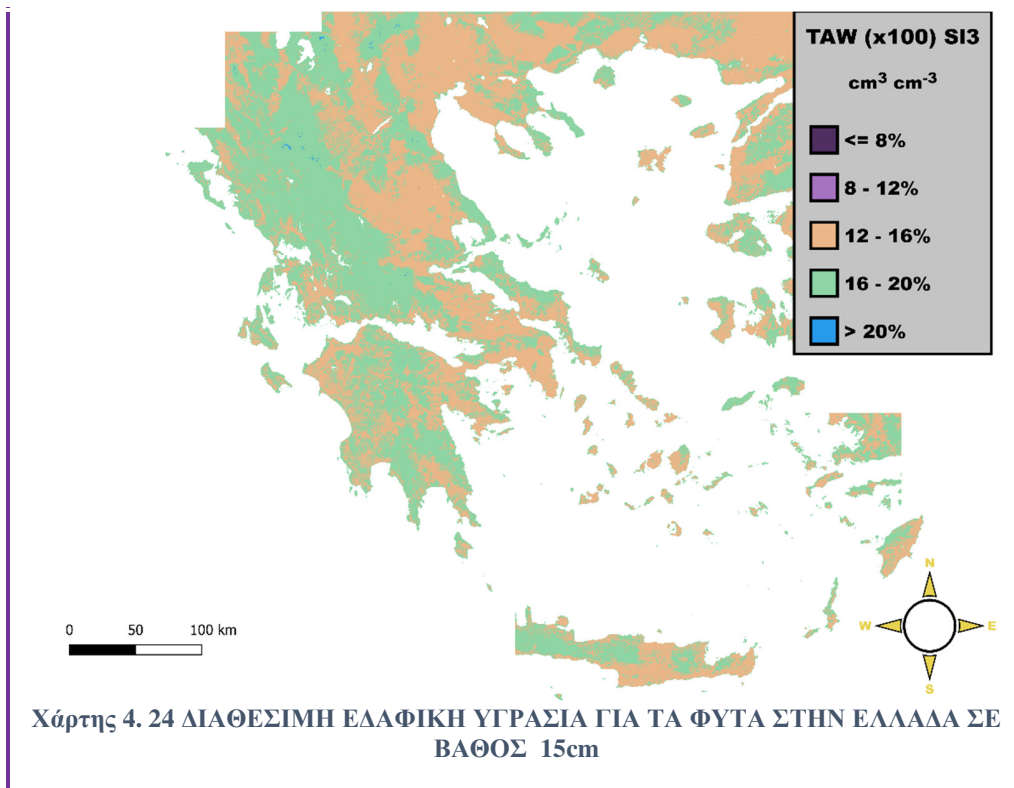
Τέλος τρέξαμε τον αλγόριθμο και η εκτέλεση ήταν επιτυχής.

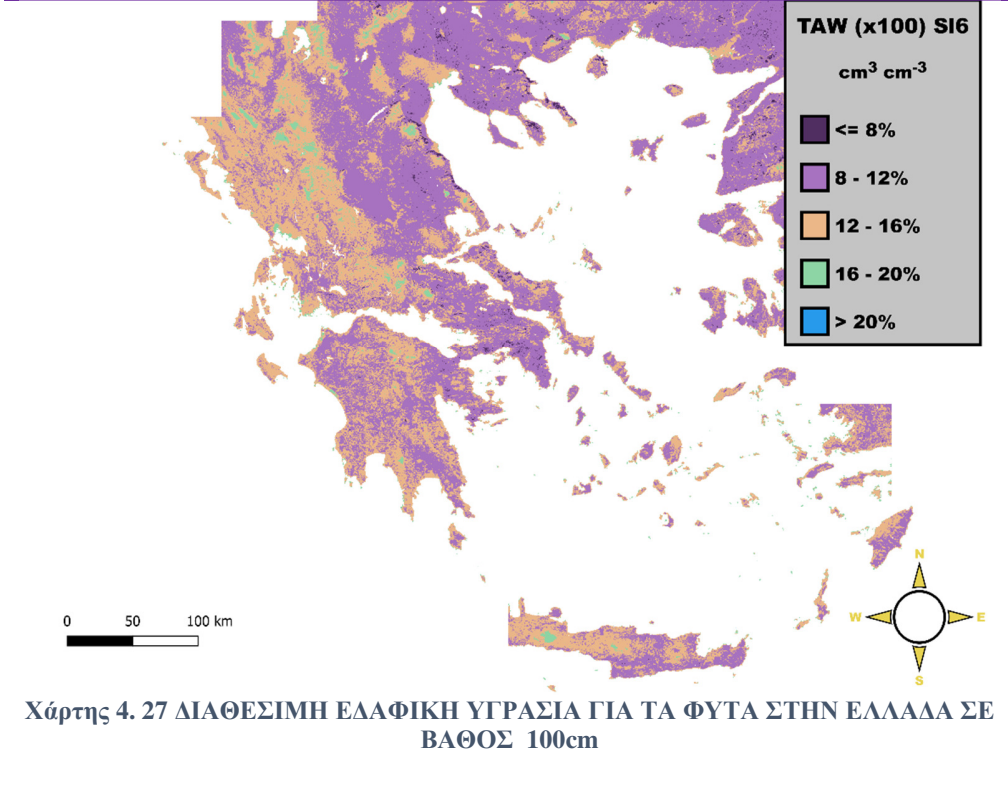
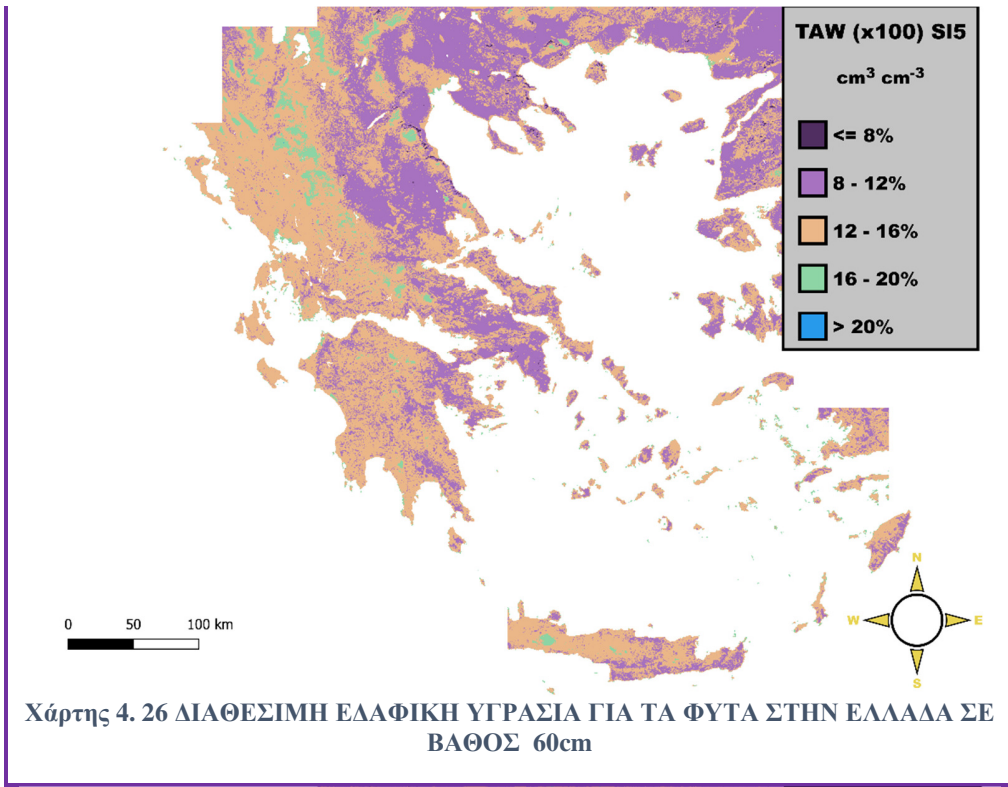


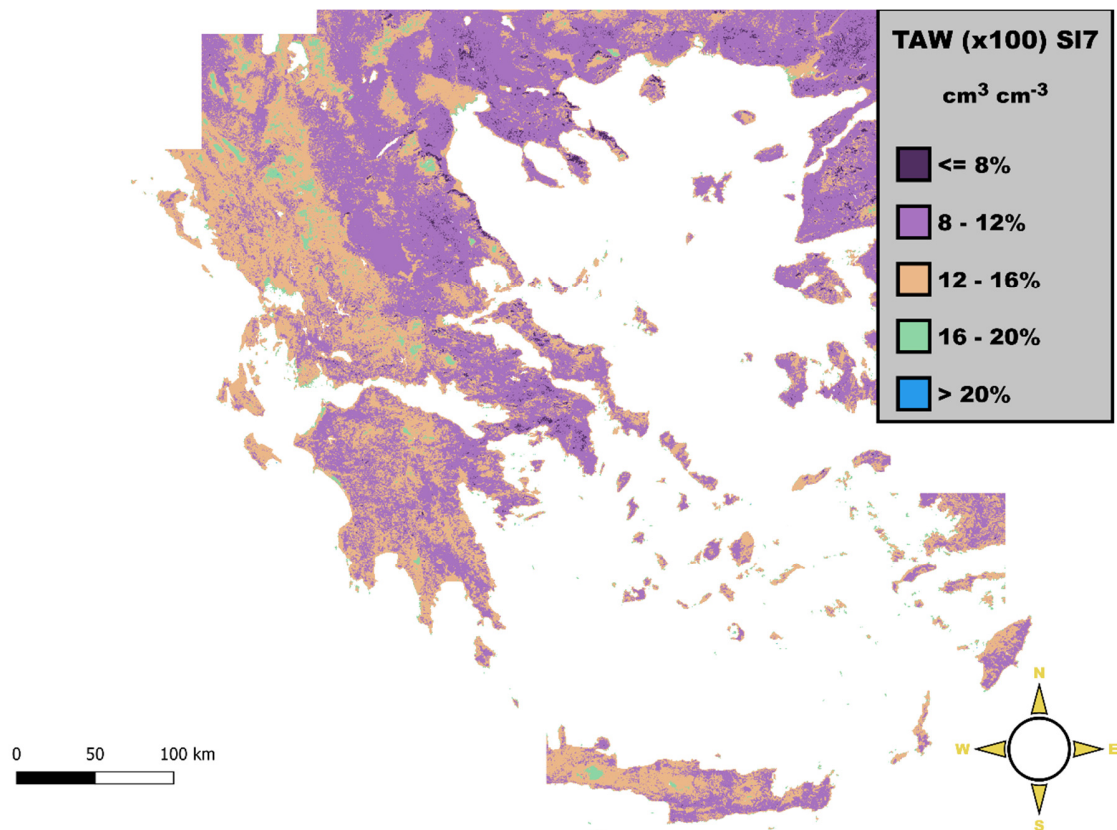
Σχήμα 4. 5 Φόρτωση των εικόνων FC και WP στον αλγόριθμο για διεξαγωγή και ολοκλήρωση του αλγορίθμου

Παρακάτω παρουσιάζονται οι χάρτες TAW για την Ελλάδα που δημιουργήσαμε και επεξεργαστήκαμε για την απεικόνιση των δεδομένων σε 7 βάθη.









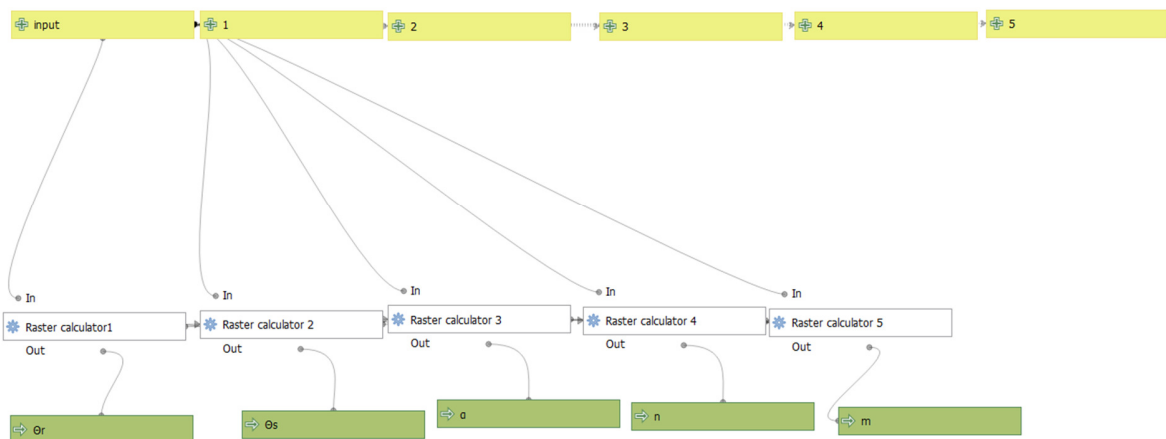
Χάρτης 4. 28 ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΦΥΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 200cm

4.5.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από την απεικόνιση των χαρτών διαπιστώνουμε ότι στην επιφάνεια του εδάφους και σε βάθος 15 εκατοστών υπάρχει το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας που μπορούν τα φυτά να αφομοιώσουν απ' το έδαφος με τις ρίζες τους. Σε βάθος 30 και 60 εκατοστά παρατηρείται μείωση, αλλά τα ποσοστά είναι αρκετά ικανοποιητικά. Σε βάθος 1 μέτρου σε αρκετές περιοχές της Ελλάδας τα ποσοστά εξακολουθούν να είναι χρήσιμα για βαθύρριζες καλλιέργειες, ενώ στα 2 μέτρα αν και μικρά τα ποσοστά δεν αξιοποιούνται κάπως στην καλλιέργειες.

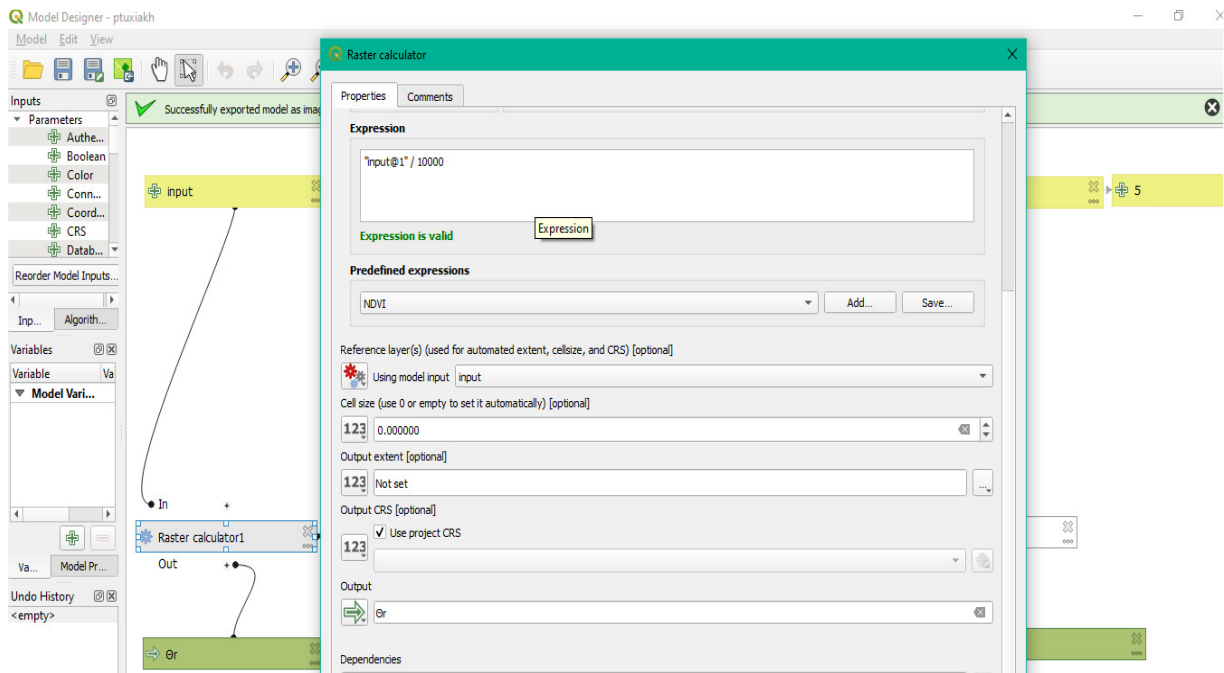
4.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (MRC)

Από τις εικόνες της χαρακτηριστικής καμπύλης εδαφικής υγρασίας (MRC) σε 7 βάθη 0, 5, 15, 30, 60, 100, 200 cm μέσω του αλγορίθμου, πραγματοποιήθηκε με επιτυχία η μαζική εξαγωγή των εικόνων θ_r , θ_s , a , n , m επίσης σε 7 βάθη για την Ελλάδα.



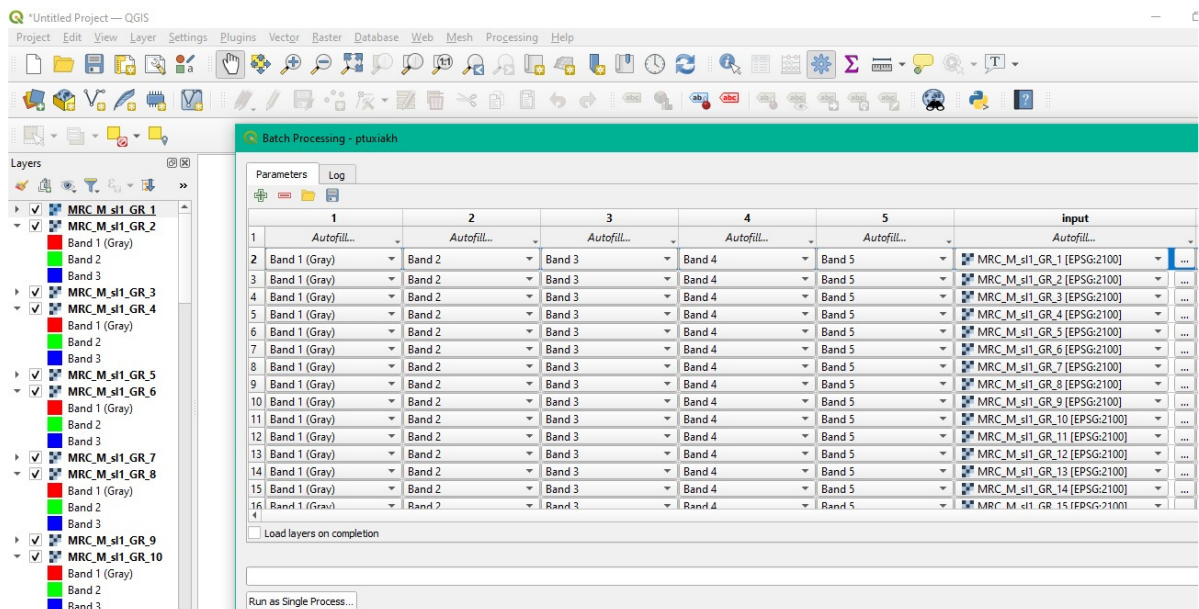
Σχήμα 4. 6 Η δομή του αλγορίθμου που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των τιμών απ τις εικόνες MRC

Ο αλγόριθμος διάβασε αρχικά τις εικόνες ράστερ και τις τιμές των band (θ_r , θ_s , a , n , m) μέσω της εντολής input. Ακολούθησε, η εισαγωγή τους στο εργαλείο υπολογισμού raster (raster calculator), όπου πραγματοποιήθηκε η διαίρεση των τιμών με το 10000. Ακολούθησε, η καταχώρησή τους στο ελληνικό σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87, EPSG 2100 μέσω της επιλογής να καταχωρηθεί αυτόματα το σύστημα συντεταγμένων απ' την επιφάνεια εργασίας του λογισμικού.



Σχήμα 4. 7 Εισαγωγή παραμέτρων στο εργαλείο υπολογισμού ράστερ

Έπειτα, εκτελέστηκε ο αλγόριθμος και λειτούργησε με την επιλογή μαζικής διαδικασίας (batch process). Εκεί, είχαμε να συμπληρώσουμε δύο σκέλη. Το πρώτο ήταν η επιλογή όλων των αρχείων και ο ορισμός των τιμών band και το δεύτερο η ονομασία των παραχθέντων εικόνων.

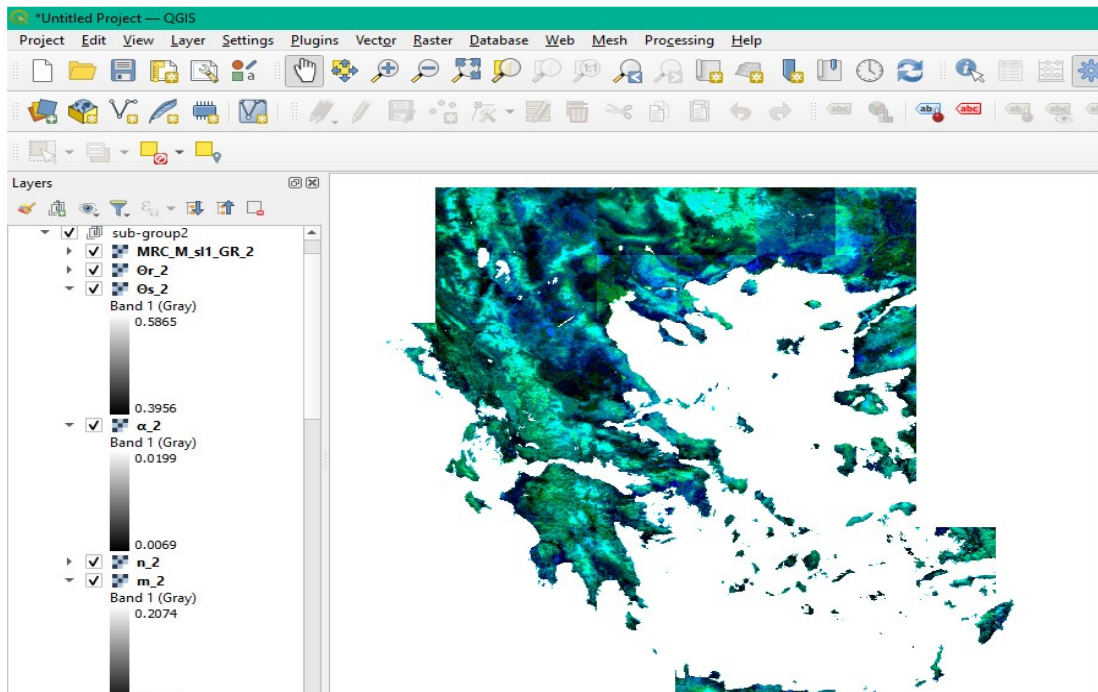


Σχήμα 4. 8 Απεικόνιση του πρώτου μέρους του πίνακα με τα εισαγόμενα και τα εξαγόμενα αρχεία

Or	Os	α	n	m
Autofill...	Autofill...	Autofill...	Autofill...	Autofill...
/mh mou ginei kamia/Or1.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/Os1.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/a1.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mo	
/mh mou ginei kamia/Or2.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/Os2.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/a2.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mo	
/mh mou ginei kamia/Or3.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/Os3.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/a3.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mo	
/mh mou ginei kamia/Or4.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/Os4.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/a4.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mo	
/mh mou ginei kamia/Or5.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/Os5.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/a5.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mo	
/mh mou ginei kamia/Or6.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/Os6.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/a6.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mo	
/mh mou ginei kamia/Or7.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/Os7.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/a7.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mo	
/mh mou ginei kamia/Or8.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/Os8.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/a8.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mo	
/mh mou ginei kamia/Or9.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/Os9.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/a9.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mo	
mh mou ginei kamia/Or10.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/Os10.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/a10.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mo	
mh mou ginei kamia/Or11.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/Os11.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/a11.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mo	
mh mou ginei kamia/Or12.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/Os12.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mou ginei kamia/a12.tif	e/Υπολογιστής/mrc and ks/e/Υπολογιστής/mrc and ks/mh mo	

Σχήμα 4. 9 Απεικόνιση του δεύτερου μέρους του πίνακα με τα εισαγόμενα και τα εξαγόμενα αρχεία

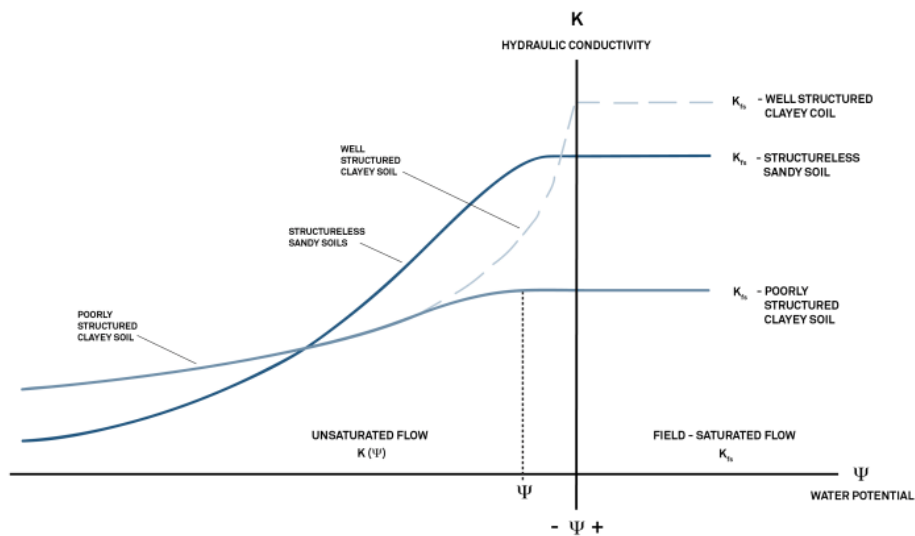
Τέλος, μετά την εκτέλεση αποθηκεύτηκαν επιτυχώς 1680 εικόνες raster σε ελάχιστο χρόνο και χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία project στην εφαρμογή QGIS.



Σχήμα 4. 10 Απεικόνιση ομαδοποίησης εικόνας ράστερ με τις τιμές που διεξάχθηκαν απ' τον αλγόριθμο

4.7 ΚΑΜΠΥΛΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (HCC)

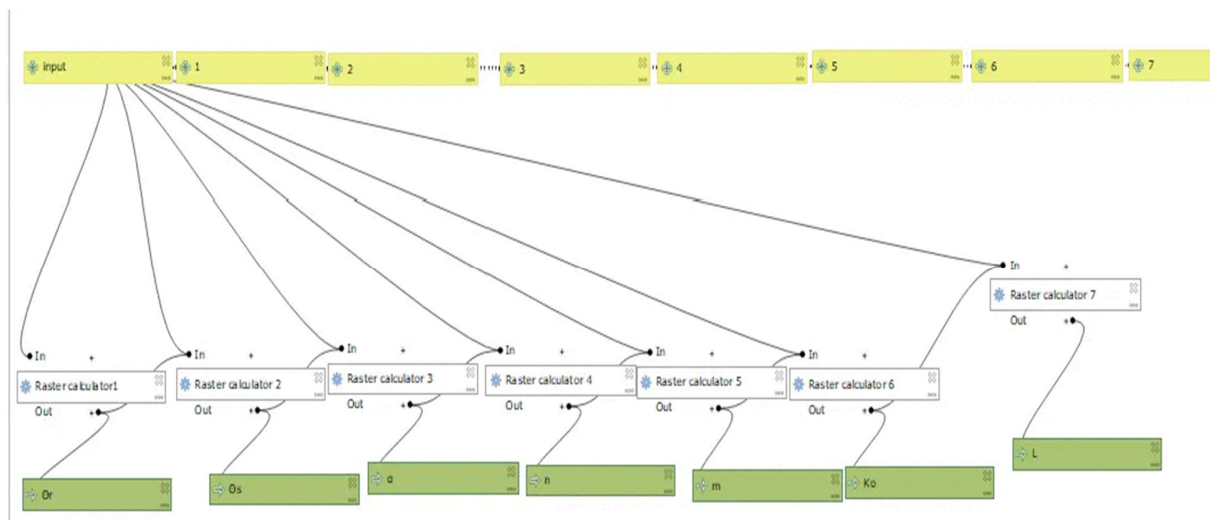
Υδραυλική αγωγιμότητα ονομάζεται η ικανότητα του πορώδους του εδάφους να μεταφέρει το νερό ώστε να δημιουργήσει συνθήκες κορεσμού. Η υδραυλική αγωγιμότητα εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους (κοκκομετρική σύσταση, πυκνότητα, σχήμα και χωρική κατανομή των πόρων ή των ρωγμών στη μάζα του εδάφους) και από τις ιδιότητες του υγρού των πόρων (πυκνότητα και ιξώδες).



Σχήμα 4. 11 Παράδειγμα καμπύλης υδραυλικής αγωγιμότητας σε διαφορετικούς τύπους εδάφους, “Hydrology 301: what a hydraulic conductivity curve tells you & more” , Colin Campell 18 Μαΐου 2018”

4.7.1 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΣΤΙΣ ΕΙΚΟΝΕΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (HCC)

Για την διεξαγωγή των τιμών θ_r , θ_s , α , n , m , K_s , L απ’ τις εικόνες της καμπύλης υδραυλικής αγωγιμότητας (HCC), σε μορφή εικόνων ράστερ χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος. Η διαδικασία είναι ίδια με αυτήν που αναφέρθηκε στις εικόνες “MRC”.



Σχήμα 4. 12 Η δομή του αλγορίθμου που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των τιμών απ τις εικόνες HCC

Ο αλγόριθμος εφαρμόστηκε με επιτυχία και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο “Σχήμα 2. 2”. Στα αριστερά φαίνεται η ομαδοποίηση της πρώτης εικόνας με τις εικόνες των τιμών της.

4.7.2 ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Έγινε προσπάθεια επαλήθευσης της ακρίβειας των αποτελεσμάτων, σε σχέση με τα αποτελέσματα της εργασίας με τίτλο “Υδροδυναμικά χαρακτηριστικά του εδάφους στην ανάκτηση της αγροτικής περιοχής στο πόλντερ του Μεσολογγίου” (“Soil hydrodynamic characteristics of reclaimed agricultural land at Messolonghi’s polder”), (N. Malamos, P.E. Barouchasa, A.Liioipa-Tsakalidi, A. Kouloroulos, I. Chatziioakeim, Ph. Vitiniotis, Ch. Chalvatzis, 2015). Σύμφωνα με τη μελέτη στο Μεσολόγγι οι τιμές των Θ_s , Θ_r , α , n και K_s σε βάθος 30 και 60 εκατοστών εμφανίζονται στον πίνακα:

Table 2 Αποτελέσματα από τους Malamos et al., 2015

Βάθος (cm)	Θ_s (%)	Θ_r (%)	α	n	K_{sf} (cm/day)
30	47.4	8.0	0.0051	1.2709	26.6
60	44.3	18.2	0.0019	2.3196	6.3

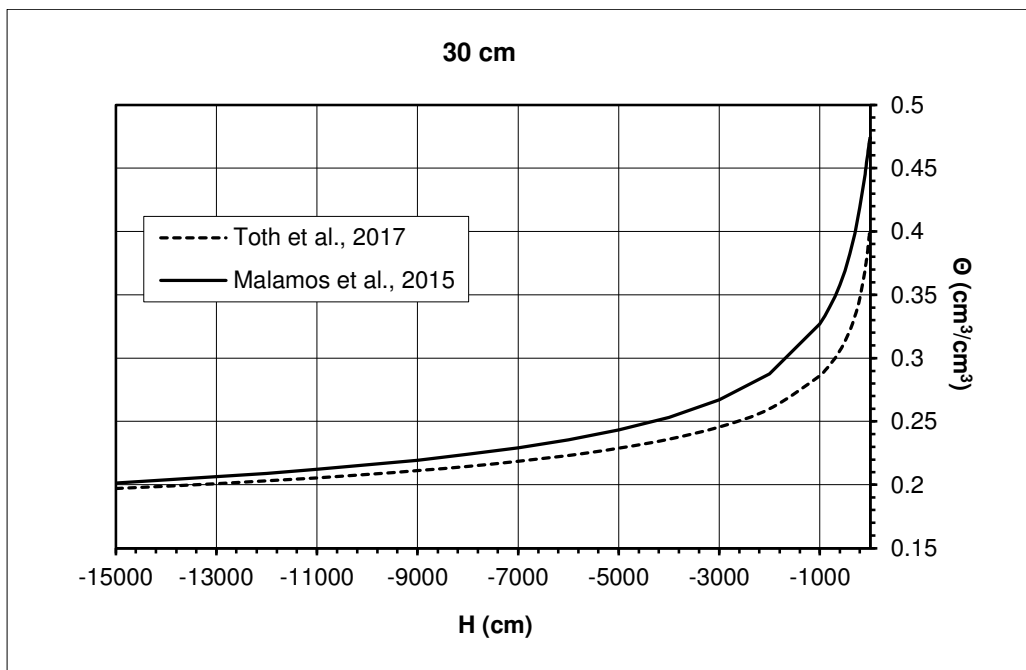
Ενώ, σύμφωνα με τα δεδομένα της τρισδιάστατης υδραυλικής βάσης δεδομένων οι τιμές είναι:

Table 3 Αποτελέσματα μετρήσεων από την τρισδιάστατη υδραυλική βάση δεδομένων

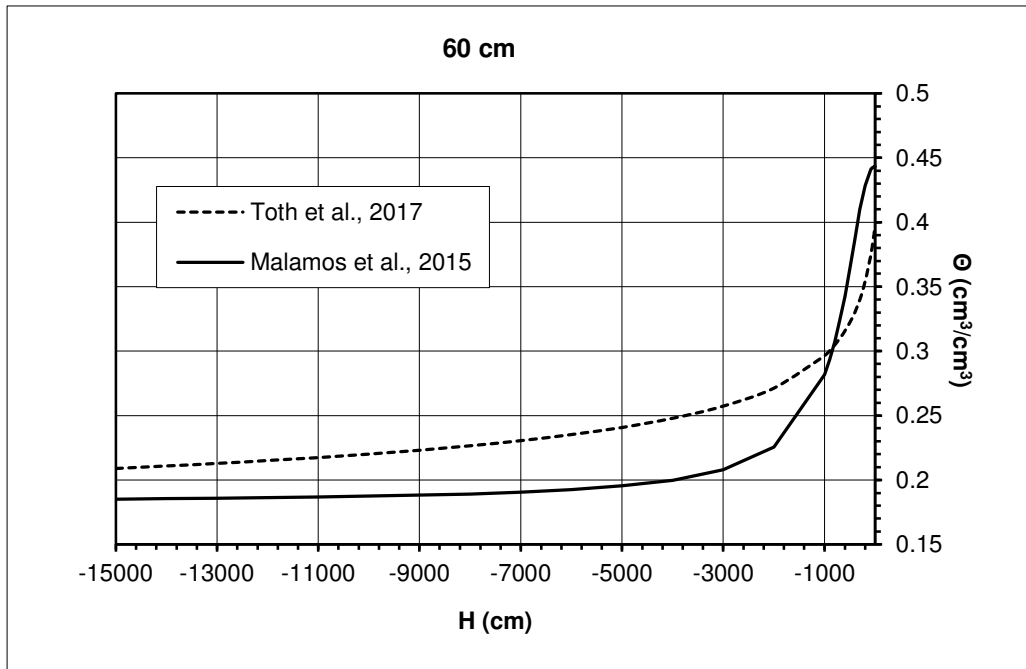
Βάθος (cm)	Θ_s (%)	Θ_r (%)	α	n	K_s (cm/day)
30	40.79	4.07	0.0098	1.1800	66.2
60	40.32	4.07	0.0080	1.1729	21.2

Στον Πίνακα 3 τα αποτελέσματα έχουν διεξαχθεί από δειγματοληψία εδάφους στο Μεσολόγγι, ενώ στον Πίνακα 4 τα αποτελέσματα παρήχθησαν μέσω των πεδοσυναρτήσεων. Υπάρχουν αποκλείσεις, αλλά τα αποτελέσματα διαφορετικών μεθόδων συνήθως έχουν διαφορές.

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται οι ΧΚΥ που προέκυψαν από τα πειραματικά δεδομένα μαζί τις αντίστοιχες που προέκυψαν από την τρισδιάστατη βάση δεδομένων των Toth et al., 2017.

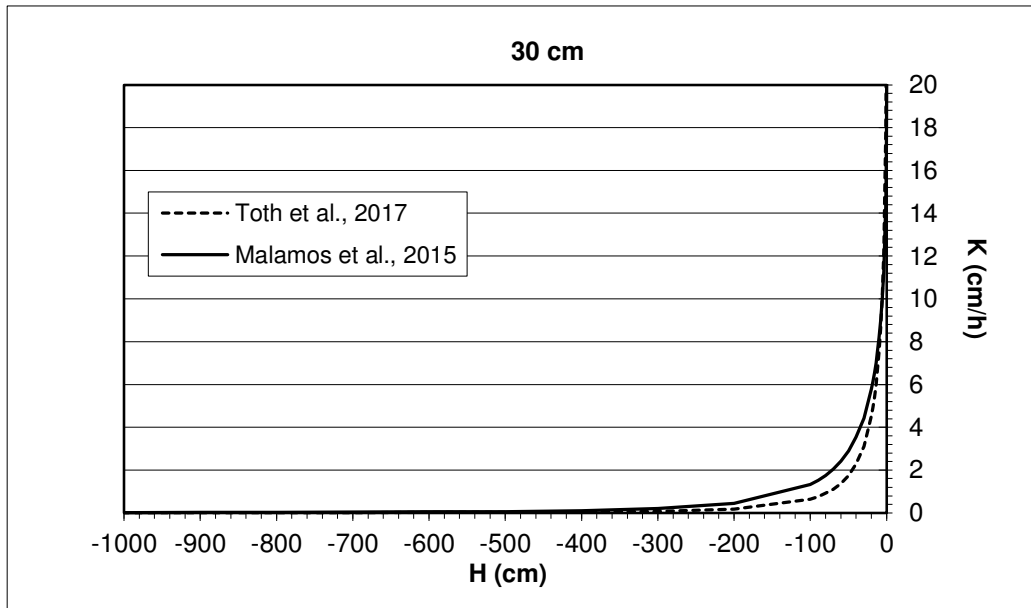


Σχήμα 4. 13 Σύγκριση της ΧΚΥ από τα πειραματικά δεδομένα με την αντίστοιχη της 3D βάσης δεδομένων για τα 30 cm

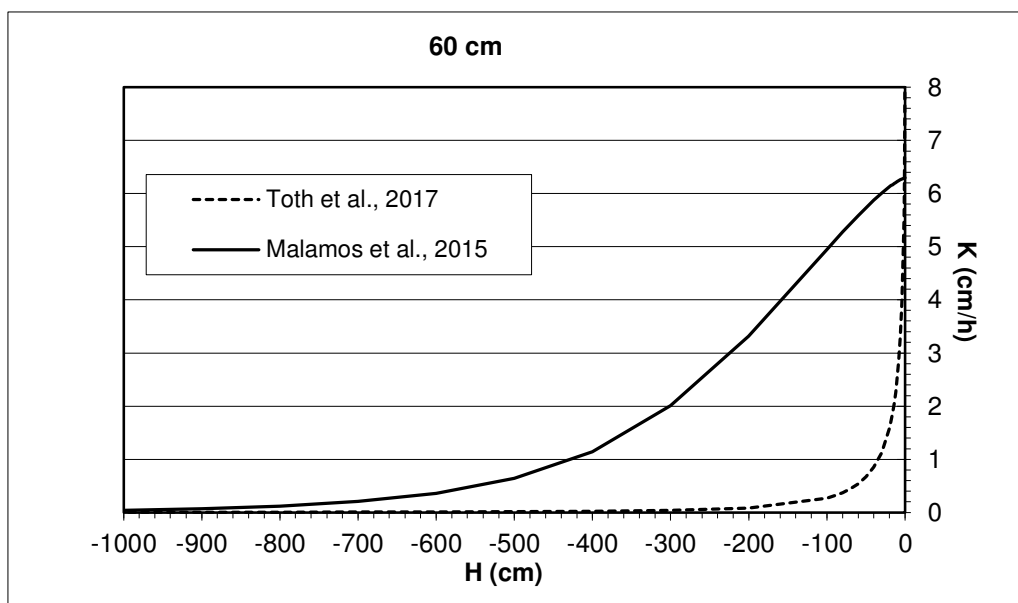


Σχήμα 4. 14 Σύγκριση της ΧΚΥ από τα πειραματικά δεδομένα με την αντίστοιχη της 3D βάσης δεδομένων για τα 60 cm

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται οι καμπύλες $K(H)$ που προέκυψαν από τα πειραματικά δεδομένα μαζί τις αντίστοιχες που προέκυψαν από την τρισδιάστατη βάση δεδομένων των Toth et al., 2017.



Σχήμα 4. 15 Σύγκριση της $K(H)$ από τα πειραματικά δεδομένα με την αντίστοιχη της 3D βάσης δεδομένων για τα 30 cm



Σχήμα 4. 16 Σύγκριση της $K(H)$ από τα πειραματικά δεδομένα με την αντίστοιχη της 3D βάσης δεδομένων για τα 60 cm

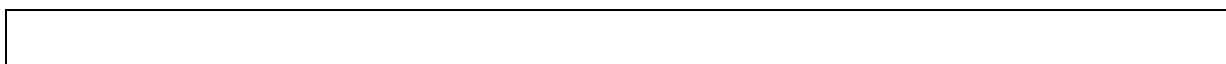
Όπως προκύπτει από τα ανωτέρω σχήματα υπάρχει απόκλιση μεταξύ των καμπυλών που προέκυψαν από τα πειραματικά δεδομένα και αυτά της τρισδιάστατης βάσης δεδομένων. Οι διαφορές είναι μεγαλύτερες στο βάθος των 60 cm, γεγονός που μπορεί να οφείλεται σε ελλιπή βαθμονόμηση των πεδοσυναρτήσεων λόγω έλλειψης δεδομένων.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

Η διεξαγωγή των εικόνων ράστερ μέσω του αλγορίθμου πραγματοποιήθηκε σύντομα και αποτελεσματικά. Ωστόσο, κατά την ανάγνωση των αρχείων, για τη δημιουργία των εικόνων “TAW” ο αλγόριθμος όταν διάβαζε τις τιμές των εικόνων “FC”, τις έβαζε αυτόματα και στο πεδίο των εικόνων για το “WP”. Έτσι, η διόρθωση ήταν στο να εισάγουμε τις εικόνες πρώτα στην επιφάνεια εργασίας QGIS και μετά στον αλγόριθμο. Αλλά και πάλι, κατά την ανάγνωση των εικόνων για εισαγωγή ενώ λυνόταν το πρόβλημα με τις στήλες στα πεδία, φόρτωνε την ίδια εικόνα σε όλη τη στήλη του “WP”. Αποτέλεσμα, ήταν ο χρήστης με τον κέρσορα και τη “ροδέλα” του ποντικιού να αριθμήσει σωστά όλη τη στήλη του “WP” 7 φορές (για κάθε βάθος). Για την αντιμετώπιση του προβλήματος θα μπορούσε να δημιουργηθεί μια φιλική και εύκολη επιφάνεια εργασίας για την εκτέλεση του αλγορίθμου μέσω python σε περιβάλλον QGIS.

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- .O.A. Odeh, A. M. (2005). PEDOMETRICS. *Encyclopedia of Soils in the Environment*.
- GIS OF THE FUTURE VS HERE AND NOW. (2021, February 23). University Of South California.
- (2004). *GIS Solutions For Agricultural Government*. ESRI.
- Kallipos, r. (n.d.). Παράρτημα Α – Εισαγωγή στο QGIS.
- Mohammadi, N. K. (May-2019). A Review on GIS in Irrigation and Water . *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*.
- N. Malamos, P.E. Barouchasa, A.Liopa-Tsakalidi, A. Koulopoulos, I. Chatziioakeim, Ph. Vitiniotis, Ch. Chalvatzis. (2015). IRLA2014. The Effects of Irrigation and Drainage on Rural and Urban Landscapes, Patras, Greece. *Soil hydrodynamic characteristics of reclaimed agricultural land at* , 282-289.
- Tóth B, Weynants M, Pásztor L, Hengl T. (2017). 3D soil hydraulic database of Europe at 250m resolution. *Hydrological Processes*, 2662-2666. doi:<https://doi.org/10.1002/hyp.11203>
- Τσολάκης, Δ. Ν. (Ιανουάριος 2013). GIS: Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. In *Συλλογή Δεομένων, Πηγές & Εισαγωγή τους σε GIS, Ενότητα 4*.



ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

<https://www.agric.wa.gov.au/water-management/plant-available-water-and-potential-crop-yield>

<https://nrcca.cals.cornell.edu/soil/CA2/CA0212.1-3.php>

<https://www.usgs.gov/>

<https://www.isric.org/explore/soilgrids>

Στοιχεία υδρογεωλογίας κεφάλαιο 3, καββαδας

(<http://users.ntua.gr/kavvadas/Books/Env%20Geotechnics/Ch-3.pdf>)

Colin Campbell 18 Μαΐου 2018, Hydrology 301: What a Hydraulic Conductivity Curve Tells You & More, www.environmentalbiophysics.org