

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

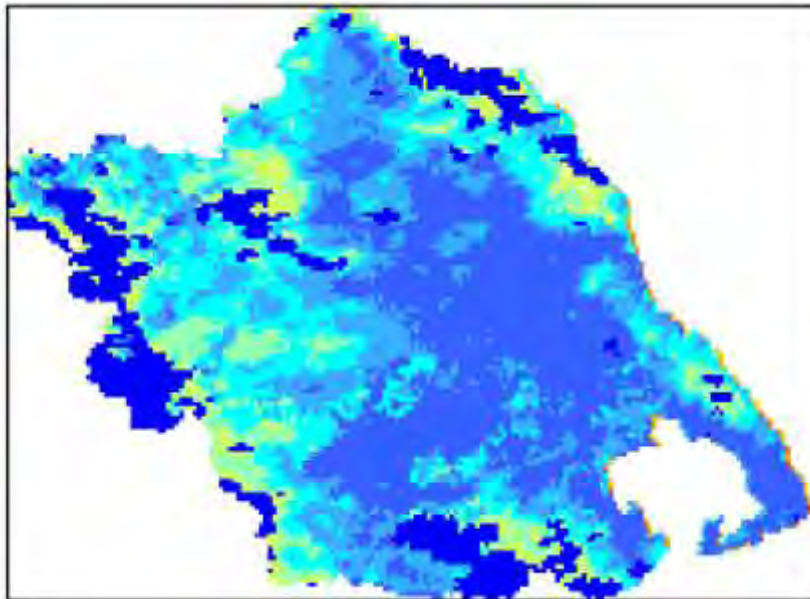
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ
ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ
ΣΤΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



ΔΗΜΑΚΗΣ ΕΞΑΡΧΟΣ

Βόλος 2006

Παρακολούθηση και μέτρηση της ξηρασίας με τη βοήθεια της Τηλεπισκόπησης και των
Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών
στις λεκάνες απορροής της Θεσσαλίας

Μέλη συμβουλευτικής τριμελούς επιτροπής

1. Γεώργιος Δήμος, Αναπληρωτής, Καθηγητής, Άλγεβρα – Διαφορικός και ολοκληρωτικός Λογισμός – Αναλυτική, Παραστατική και Διαφορική Γεωμετρία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπων.
2. Νικόλαος Ρ. Δαλέζιος, Καθηγητής, Αγρομετεωρολογία - Δορυφορική Μετεωρολογία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.
3. Μάριος Σαπουντζής, Λέκτορας, Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο των μεταπτυχιακών μου σπουδών με τίτλο “Αειφορική διαχείριση υδατικού περιβάλλοντος”, στο τμήμα Ιχθυολογίας και υδάτινου περιβάλλοντος, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Για τη πολύτιμη βοήθεια και τις γνώσεις που μου προσέφεραν θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθ. Γεώργιο Δήμο και τον Λέκτορα Χρήστο Δομενικιώτη, για το χρόνο που διέθεσε κατά την πορεία ανάπτυξης και διεκπεραίωσης της μεταπτυχιακής διατριβής. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα δύο μέλη της τριμελούς επιτροπής μου, Λέκτορα Μάριο Σαπουντζή και Καθ. Νικόλαο Δαλέζιο για τις παρατηρήσεις, τις γνώσεις αλλά και την υποστήριξη τους στο χρονικό διάστημα τέλεσης της μεταπτυχιακής εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου στο εργαστήριο Αγρομετεωρολογίας για τη βοήθεια και τις πληροφορίες που μου προσέφεραν όλο αυτό το χρονικό διάστημα της φοίτησης μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών με τίτλο “Αειφορική διαχείριση υδατικού περιβάλλοντος”.

Έξαρχος Δημάκης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μελέτη της ξηρασίας αποτέλεσε και αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την αξιοποίηση και την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων μιας περιοχής και επομένως και της περιοχής της Θεσσαλίας. Η εργασία αυτή που πραγματοποιείται έχει σαν στόχο την εκτίμηση της ξηρασίας στις λεκάνες απορροής του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας, το οποίο σε ένα μεγάλο ποσοστό καλύπτεται από αγροτικές, καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Για τον υπολογισμό της ξηρασίας έγινε χρήση της μεθόδου του δείκτη Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) που έχει χρησιμοποιηθεί και σε περιοχές με παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες (Δυτικές ΗΠΑ). Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προήλθαν από το δορυφόρο NOAA/AVHRR και είναι δορυφορικές εικόνες για την χρονική περίοδο από το 2001 έως και το 2005. Αναλυτικότερα οι δορυφορικές αυτές εικόνες αποτελούνται από εικόνες θερμοκρασίας Land Surface Temperature (LST) και βλάστησης-ξηρασίας Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Οι εικόνες αφορούν τη χρονοσειρά 2001-2005 για κάθε εβδομάδα των πέντε αυτών ετών. Από την εφαρμογή της μεθόδου του TVDI και με τη βοήθεια της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών έγινε εφικτή αλλά και αποτελεσματική η χρονική και η χωρική εκτίμηση και η μεταβολή της ξηρασίας στην περιοχή της Θεσσαλίας. Ως αποτέλεσμα της μελέτης αυτής είναι η δημιουργία χαρτών της μορφής TVDI από όπου προκύπτουν διάφορες τιμές της ξηρασίας, αλλά και η μεταβολή της στη διάρκεια των πέντε ετών της έρευνας.

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 2.1.:	Υδροπαράλογος κύκλος.	15
Εικόνα 2.2.:	Υδρολογικός κύκλος.	20
Εικόνα 2.3.:	Νομός Θεσσαλίας.	28
Εικόνα 2.4.:	Γεωμορφολογικός χάρτης του Νομού Θεσσαλίας.	29
Εικόνα 2.5.:	Χάρτης βλάστησης της περιοχής της Θεσσαλίας.	32
Εικόνα 2.6.:	Δορυφόρος NOAA σε τροχιά γύρω από τη γη.	41
Εικόνα 2.7.:	Δορυφορική εικόνα NDVI από τον δορυφόρο NOAA/AVHRR την 4 ^η εβδομάδα Ιουνίου 2003.	43
Εικόνα 2.8.:	Δορυφορική εικόνα LST από τον δορυφόρο NOAA/AVHRR την 2 ^η εβδομάδα Σεπτεμβρίου 2002.	43
Εικόνα 2.9.:	Δορυφορική εικόνα μη γεωμετρικά διορθωμένη.	48
Εικόνα 2.10.:	Δορυφορική εικόνα της Θεσσαλίας γεωμετρικά διορθωμένη.	48
Εικόνα 2.11.:	Απεικόνιση της σχέσης θερμοκρασίας Ts και του δείκτη βλάστησης NDVI σε άξονα συντεταγμένων με τη μορφή τριγώνου.	50
Εικόνα 2.12.:	Απεικόνιση της μεταβολής της θερμοκρασίας Ts και του δείκτη βλάστησης NDVI σε συνάρτηση με την κατανομή της βλάστησης.	52
Εικόνα 3.1.:	Διαγράμματα διασποράς σε διαφορετικές χρονικές περιόδους για το 2001-2005.	54
Εικόνα 3.2.:	Συνολικό διάγραμμα διασποράς για την περίοδο 2001-2005.	55
Εικόνα 3.3.:	Διαγράμματα διασποράς για τους μήνες Φεβρουάριο και Ιούλιο για το χρονικό διάστημα 2001-2005.	56
Εικόνα 3.4.:	Διαγράμματα διασποράς για τους μήνες Σεπτέμβριο και Απρίλιο για το χρονικό διάστημα 2001-2005.	56
Εικόνα 3.5.:	Μοντέλο για τη δημιουργία χαρτών TVDI μέσω της εντολής model maker του λογισμικού προγράμματος Erdas Imagine 8.7.	58
Εικόνα 3.6.:	Χάρτης του TVDI, την 4η εβδομάδα του Απριλίου του έτους 2002.	59
Εικόνα 3.7.:	Χάρτες TVDI για τους μήνες Ιανουάριο έως Ιούνιο της περιόδου 2004.	60
Εικόνα 3.8.:	Χάρτες TVDI για τους μήνες Ιούλιο έως Δεκέμβριο της περιόδου 2004.	61
Εικόνα 3.9.:	Χάρτης TVDI για το μήνα Φεβρουάριο του έτους 2005.	64
Εικόνα 3.10.:	Χάρτης TVDI για το μήνα Ιούλιο του έτους 2005.	64
Εικόνα 3.11.:	Απεικόνιση τιμών του δείκτη TVDI και της βροχόπτωσης για το έτος 2004 (περιοχή Λάρισας).	67
Εικόνα 3.12.:	Απεικόνιση τιμών του δείκτη TVDI και της βροχόπτωσης για το έτος 2005 (περιοχή Λάρισας).	67
Εικόνα 3.13.:	Απεικόνιση τιμών του δείκτη TVDI και της βροχόπτωσης για το έτος 2004 (περιοχή Συκουρίου).	69

Εικόνα 3.14.:	Απεικόνιση τιμών του δείκτη TVDI και της βροχόπτωσης για το έτος 2005 (περιοχή Συκουρίου).	70
Εικόνα 3.15.:	Απεικόνιση τιμών του δείκτη TVDI και της βροχόπτωσης για το έτος 2004 (περιοχή Πηλίου).	71
Εικόνα 3.16.:	Απεικόνιση τιμών του δείκτη TVDI και της βροχόπτωσης για το έτος 2005 (περιοχή Πηλίου).	72
Εικόνα 3.17.:	Απεικόνιση τιμών του δείκτη TVDI και του δείκτη Aridity για το έτος 2004.	75

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 2.1.:	Ζώνες βλάστησης της περιοχής της Θεσσαλίας.	31
Πίνακας 2.2:	Ενδεικτικές τιμές δείκτη βλάστησης σε διάφορες μορφές κάλυψης εδάφους.	46

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 :	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
2 :	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	14
	2.1. Ξηρασία	14
	2.1.1. Σημειακή και επιφανειακή ξηρασία	17
	2.1.2. Υδρολογική ξηρασία	18
	2.2. Υδατικό Υσοζύγιο	20
	2.3. Μέθοδοι Τηλεπισκόπησης	22
	2.4. Μεθοδολογία	27
	2.4.1. Περιοχή Μελέτης - Βάση δεδομένων	28
	2.4.2. Μορφολογικά χαρακτηριστικά	29
	2.4.3. Υφιστάμενη βλάστηση στη Θεσσαλία	31
	2.4.4. Υδρολογικά χαρακτηριστικά	33
	2.4.5. Ξηρασία στη Θεσσαλία	35
	2.4.6. Μετεωρολογικά – Κλιματολογικά χαρακτηριστικά	36
	2.4.7. Δορυφόρος NOAA και χρήσεις του	40
	2.4.8. Δεδομένα προέλευσης	41
	2.4.9. Δεδομένα που προήλθαν από τον δορυφόρο NOAA	42
	2.4.10. Εξαγωγή θερμοκρασίας επιφανείας από τις δορυφορικές εικόνες	44
	2.4.11. Εξαγωγή του δείκτη βλάστησης NDVI από τις δορυφορικές εικόνες	45
	2.5. Ανάλυση της μεθόδου του TVDI	49
3 :	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	53
	3.1. Εφαρμογή της μεθόδου στην περιοχή μελέτης-εξαγωγή αποτελεσμάτων	53
	3.2. Δημιουργία χαρτών TVDI	57
	3.3. Σύγκριση του δείκτη TVDI με το δείκτη ξηρότητας Aridity(Aridity Index)	73
4 :	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	76
	4.1. Συμπεράσματα	76
	4.2. Προτάσεις	78
5 :	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	80
6 :	ABSTRACT	85

7 :	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	88
	Παράρτημα 1	89
	Παράρτημα 2	128

1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ξηρασία γενικότερα ονομάζεται η έλλειψη ποσότητας νερού ή η απώλεια του νερού σε μια έκταση καλλιεργήσιμη ή μη. Η ξηρασία μπορεί να διακριθεί σε μετεωρολογική, υδρολογική, γεωργική και κοινωνικο-οικονομική.

Τα τελευταία χρόνια με την πιθανή παγκόσμια κλιματική μεταβλητότητα και επομένως με την αλλαγή των μετεωρολογικών συνθηκών, το φαινόμενο της ξηρασίας και η μελέτη του απέκτησε σημαντικό ενδιαφέρον, κυρίως λόγω της δημιουργίας του ζητήματος της έλλειψης υδατικών αποθεμάτων σε παγκόσμια κλίμακα. Η ξηρασία αποτελεί φυσική καταστροφή αφού ανήκει στα ακραία περιβαλλοντικά φαινόμενα. Είναι δύσκολο να προσδιοριστεί χρονικά και τοπικά, εξαιτίας του τοπικού της χαρακτήρα (Κανέλλου, 2006) και επιπλέον η εξέλιξη της είναι συνήθως απρόβλεπτη και τα αποτελέσματα της είναι πολλές φορές ολέθρια (Glantz, 1987).

Το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας διαχωρισμένο στις υπολεκάνες και στις λεκάνες απορροής, χαρακτηρίζεται από μεγάλες αγροτικές καλλιεργήσιμες εκτάσεις (βαμβάκι, ελιές, σιτηρά, ζαχαρότευτλα, οπωροκηπευτικά κ.λ.π.) για την αποτελεσματική χρήση και αξιοποίηση των οποίων απαιτούνται τεράστια αποθέματα νερού. Επομένως μια περίοδος ξηρασίας μπορεί να επιφέρει καταστροφικά αποτελέσματα στην αποτελεσματική χρήση της καλλιεργήσιμης γης, λόγω της έλλειψης αποθεμάτων νερού.

Λόγω λοιπόν της σημαντικότητας της ξηρασίας για την εκτίμηση της έχουν αναπτυχθεί πολλές μεθοδολογίες (π.χ. Dracup *et al.*, 1980, Louie, 1986; Lohani *et al.*, 1997, Dalezios *et al.*, 2000, Dalezios *et al.*, 2002, Sandholt *et al.*, 2002, Loukas *et al.*, 2003,

Tsiros *et al*, 2004, Loukas *et al*, 2004). Βασικό μηχανισμό στις μεθοδολογίες αυτές αποτελούν οι δείκτες ξηρασίας οι οποίοι σε συνδυασμό με μια σειρά εξισώσεων έχουν σα στόχο την κατά χώρο και χρόνο εκτίμηση της ξηρασίας. Μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους που ακολουθούνται για την εκτίμηση της μετεωρολογικής ξηρασίας είναι αυτή του δείκτη Palmer (Palmer, 1965) η οποία έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στις δυτικές ΗΠΑ. Η χρήση του δείκτη Palmer είναι κοινώς αποδεκτή από τους ερευνητές και εφαρμόζεται αποτελεσματικά σε περιοχές με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες με αυτών των δυτικών ΗΠΑ λόγω του ότι έχει τη δυνατότητα να περιγράφει το φαινόμενο της ξηρασίας σε όλη τη διάρκεια εξέλιξης του. Μια επίσης αποτελεσματική μέθοδος που έχει χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της υδρολογικής ξηρασίας είναι αυτή του δείκτη ξηρότητας, Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) η οποία βασίζεται κατά κύριο λόγο στη χρήση και στη ανάλυση δορυφορικών δεδομένων.

Η παρούσα εργασία έχει σαν στόχο την εκτίμηση και τον υπολογισμό της ξηρασίας για την περιοχή του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας, με τη βοήθεια της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Geographical Information Systems-GIS). Η εργασία στηρίζεται στην ανάλυση των δορυφορικών δεδομένων και μεθόδων με σκοπό τη μελέτη και την παρακολούθηση της ξηρασίας στην προς μελέτη περιοχή. Η χρήση του δείκτη του TVDI στην περιοχή της Θεσσαλίας είναι μια σχετικά σύγχρονη μέθοδος αφού κυρίως δίνει τη δυνατότητα να γίνει ευρεία χρήση και αξιοποίηση των δορυφορικών δεδομένων σε μια χρονική αλλά και χωρική κατανομή τους. Τα δορυφορικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προήλθαν από το δορυφόρο NOAA/Advanced Very High Resolution Radiometer (NOAA/AVHRR) και αφορούν εικόνες του δείκτη βλάστησης, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) και

εικόνες επιφανειακής θερμοκρασίας εδάφους, Land Surface Temperature (LST) για την περιοχή της Θεσσαλίας για την περίοδο έρευνας 2001-2005.

Ο δείκτης TVDI που επιλέχθηκε σχετίζεται άμεσα με την υγρασία του εδάφους και ερμηνεύει το λόγο $\frac{T}{NDVI}$, δηλαδή της θερμοκρασίας και του δείκτη βλάστησης για την περιοχή μελέτης. Επειδή τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν προήλθαν από δορυφορικά δεδομένα, δίνεται η δυνατότητα να υπολογίζεται με ακρίβεια και να διερευνάται το προς μελέτη φαινόμενο χωρίς την ανάγκη ύπαρξης μετεωρολογικού σταθμού. Αυτό γίνεται πιο κατανοητό, αφού η χρήση της τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών έχει το πλεονέκτημα υπολογισμού παραμέτρων όπως π.χ. θερμοκρασία, εξατμισοδιαπνοή σε μια υψηλή ανάλυση σχεδόν σε κάθε σημείο της περιοχής όπου πραγματοποιείται η έρευνα.

Τα τελικά αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθόδου αυτής αφορούν χάρτες TVDI της Θεσσαλίας στις λεκάνες απορροής όπου υπολογίζεται η ξηρασία σε χώρο και χρόνο, γεγονός που παίζει σημαντικό ρόλο στη σωστή κατανομή των υδατικών πόρων στην ευρύτερη περιοχή.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικότερα το φαινόμενο της ξηρασίας, τα είδη και οι μορφές στις οποίες εμφανίζεται αλλά και η σημασία του. Επίσης γίνεται αναφορά στο ρόλο της υδρολογικής ξηρασίας και στον τρόπο με τον οποίο επηρεάζει τους υδατικούς πόρους και την αξιοποίησή τους στο υδατικό ισοζύγιο. Εκτενέστερη είναι και η αναφορά στις μεθόδους τηλεπισκόπησης που έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς από σημαντικούς ερευνητές για τη εκτίμηση της ξηρασίας αλλά και στη μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα μελέτη.

Στο επόμενο κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθείται στην επιλεγόμενη περιοχή έρευνας σε κάθε στάδιο της, ξεκινώντας από την επεξεργασία των δεδομένων και καταλήγοντας στη δημιουργία θεματικών χαρτών, αφού προηγουμένως γίνει αναλυτική αναφορά στην προεπεξεργασία των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή της μελέτης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων, όπως επίσης η παρουσίαση των χαρτών και των διαγραμμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου. Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο εξάγονται τα συμπεράσματα και γίνεται ο σχολιασμός τους. Επίσης γίνεται αξιολόγηση της μεθόδου που επιλέχθηκε όσο αφορά την ακρίβεια των αποτελεσμάτων που προέκυψαν και προτείνονται τρόποι βελτίωσης της.

2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Ξηρασία

Το φαινόμενο της ξηρασίας αποτέλεσε και αποτελεί σημαντικό σημείο έρευνας και αναφοράς από πολλούς επιστήμονες. Ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια με την πιθανή αλλαγή των κλιματικών συνθηκών σε παγκόσμιο επίπεδο και κατά συνέπεια λόγω της λειψυδρίας που παρατηρείται στη χώρα μας αλλά και στην υπόλοιπη Ευρώπη δόθηκε ο χαρακτηρισμός στο φαινόμενο της ξηρασίας ‘‘ακραίο περιβαλλοντικό φαινόμενο’’. Γενικότερα η ξηρασία έχει διάφορες εκφράσεις και μορφές ανάλογα με την παράμετρο με την οποία εκφράζεται και ανάλογα με το κλίμα της περιοχής που αναφέρεται. Για το λόγο αυτό το κρίσιμο επίπεδο της μεταβλητής με την οποία εκφράζεται διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Παρόλο τις επιστημονικές έρευνες που πραγματοποιούνται κατά καιρούς, που έχουν ως στόχο κυρίως την δημιουργία αποθεμάτων νερού, το φαινόμενο της ξηρασίας αποτελεί σοβαρότατο πρόβλημα.

Σύμφωνα με ένα γενικό ορισμό, η ξηρασία για ένα υδατικό σύστημα είναι το φαινόμενο κατά τη διάρκεια εμφάνισης του οποίου το υδατικό σύστημα βρίσκεται κάτω από ένα κρίσιμο επίπεδο σε σχέση με την κανονική του λειτουργία. Μ’ αυτόν τον γενικό ορισμό τίγονται θέματα όπως της προσφοράς του νερού αλλά και εκείνα της ζήτησης και της αποθήκευσης (Τσακίρης, 1995). Αναλυτικότερα η ξηρασία έχει άμεση σχέση με μια υφιστάμενη περίοδο σημαντικά χαμηλής εδαφικής υγρασίας και εξίσου χαμηλής προμήθειας νερού, σχετικά με τα κανονικά επίπεδα που το τοπικό περιβάλλον και η κοινωνία έχουν συνηθίσει (Κανέλλου, 2006).

Το φαινόμενο της ξηρασίας σε αντίθεση με άλλα ακραία γεγονότα όπως πλημμύρες, καταιγίδες κλπ, έχει συνήθως μεγάλη χρονική διάρκεια. Η σημαντικότητα αλλά και η επικινδυνότητα του φαινομένου της ξηρασίας φαίνεται από το γεγονός ότι σε πολλές περιπτώσεις κυβερνήσεις αναγκάζονται να ανακοινώσουν μέτρα για τον περιορισμό της κατανάλωσης αλλά και να αναγγείλουν νέα έργα για την καλύτερη αξιοποίηση των υδατικών πόρων. Επειδή η ξηρασία είναι ένα φαινόμενο που εντάσσεται στην γενικότερη διακύμανση του κλίματος μιας περιοχής πολλά από τα μέτρα που αναγγέλλονται κατά τη διάρκεια της ξηρασίας εγκαταλείπονται μόλις εμφανιστούν οι βροχοπτώσεις. Χαρακτηριστικό είναι το σκίτσο της εικόνας 2.1 που παρουσιάζει τον υδροπαράλογο κύκλο. Οι άμεσες επιπτώσεις μιας παρατεταμένης ξηρασίας εμφανίζονται στα διαθέσιμα υδατικά αποθέματα, στο περιβάλλον και σε όλους τους τομείς της οικονομίας.



Εικόνα 2.1: Υδροπαράλογος κύκλος (Τσακίρης, 1995)

Σε κάθε περίπτωση η προσομοίωση του φαινομένου της ξηρασίας στο σύνολο του παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες. Γενικότερα η μελέτη των ξηρασιών περιλαμβάνει τόσο την ανάλυση συχνοτήτων ελαχίστων τιμών χαρακτηριστικών υδρολογικών μεταβλητών για μεγάλο χρονικό διάστημα (βροχόπτωση, απορροή κλπ.), όσο και τον προσδιορισμό χαρακτηριστικών δεικτών που αποτελούν μέτρο ποσοτικής εκτίμησης μια ξηρασίας (υδατικό έλλειμμα, ελλειμματική επιφάνεια, ένταση κλπ.). Οι δείκτες αυτοί συσχετίζονται με διάφορα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης. Ως περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται μια εκτεταμένη περιοχή (υδρολογική λεκάνη) είτε ένα σύνολο σημειακών πηγών που συνιστούν ένα σύστημα (π.χ. ταμιευτήρας αποθήκευσης νερού) που εξυπηρετεί τις ανάγκες σε νερό στην περιοχή (Τσακίρης, 1995).

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η ξηρασία είναι ένα φαινόμενο που η ένταση, η χωρική κατανομή και γενικότερα η κλιματική της κατάσταση εξαρτώνται από φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα όπως βροχόπτωση (ποσοστό, χρονική κατανομή και ένταση), από φαινόμενα όπως εξάτμιση, εξατμισοδιαπνοή, θερμοκρασία εδάφους και ατμόσφαιρας, ένταση ηλιακής ακτινοβολίας, πίεση εξάτμισης του νερού, ταχύτητα ανέμου, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και της φυτοκάλυψης (π.χ. ικανότητα συγκράτησης του νερού, ικανότητα καθαρισμού του εδάφους, albedo).

Οι πιο γνωστοί ορισμοί που έχουν δοθεί για την ξηρασία είναι (Grigg και Vlachos, 1989):

- (i) Μετεωρολογική ξηρασία που είναι μια περίοδος χωρίς αρκετή βροχή που επηρεάζει σημαντικά τη γλωρίδα και την πανίδα μιας περιοχής

- (ii) Υδρολογική ξηρασία που είναι η περίοδος του υδρολογικού ελλείμματος (π.χ. στην απορροή, στην αποθήκευση σε ταμιευτήρες, στα υπόγεια υδροφόρα στρώματα), σε μια λεκάνη απορροής.
- (iii) Γεωργική ξηρασία που εξαρτάται από τα επίπεδα εδαφικής υγρασίας και επάρκειας του νερού για την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Επίσης περιγράφεται από την μείωση της παραγωγής από πτώση της εδαφικής υγρασίας χωρίς καμιά αναφορά στην περιοχή των ρευμάτων.
- (iv) Κοινωνικο-οικονομική ξηρασία που αναφέρεται σε ελλείμματα υδατικών πόρων που συνήθως οφείλονται στην υπερκατανάλωση, την ανεπαρκή υποδομή και προετοιμασία και λιγότερο στις μειωμένες βροχοπτώσεις ή στη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων.

Από τους παραπάνω ορισμούς ο πιο προσιτός είναι αυτός της κοινωνικο-οικονομικής ξηρασίας αφού στην εποχή μας σχετίζεται άμεσα με την προμήθεια και την απαίτηση των οικονομικών αγαθών (Tate et al., 1999).

2.1.1.Σημειακή και επιφανειακή ξηρασία

Είναι αξιοσημείωτο να αναφέρουμε και να αναλύσουμε μια ακόμη διάκριση της ξηρασίας σε σημειακή και επιφανειακή. Για να οριστεί πλήρως μια ξηρασία σε ένα σημείο σταθμό, πέρα από την υδρολογική μεταβλητή και το χρονικό διάστημα μελέτης (ημέρα, μήνας κλπ.) χρειάζεται μια επιπρόσθετη παράμετρος. Ως μια τέτοια παράμετρος ορίζεται ένα ελάχιστο όριο ή μια κρίσιμη τιμή της επιλεγείσας υδρολογικής μεταβλητής που μπορεί να είναι σταθερά ή συνάρτηση του χρόνου. Ως σημειακή ξηρασία λοιπόν, ορίζεται η χρονική περίοδος κατά την οποία η υδρολογική

μεταβλητή “ύψος βροχής”, δεν υπερβαίνει την κρίσιμη τιμή της, που είναι χαρακτηριστική για τον υπόψη σταθμό.

Για τον υπολογισμό της επιφανειακής ξηρασίας σε αντίθεση με την σημειακή ξηρασία πέρα από την κρίσιμη τιμή της υδρολογικής μεταβλητής σε κάθε σταθμό, χρησιμοποιείται μια επιπλέον παράμετρος :η κρίσιμη ελλειμματική επιφάνεια που εκφράζεται επίσης ως ποσοστό του συνόλου της επιφάνειας της περιοχής μελέτης. Ελλειμματική χαρακτηρίζεται μια επιφάνεια του προς μελέτη σταθμού, όταν η μετρημένη στο σταθμό τιμή της υδρολογικής μεταβλητής κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής, δεν υπερβαίνει μια κρίσιμη τιμή, χαρακτηριστική παράμετρο του κάθε σταθμού. Εάν για κάποια χρονική περίοδο, η παραπάνω παρατήρηση ισχύει για ένα αριθμό σταθμών της περιοχής μελέτης, των οποίων η αντίστοιχη συνολική ελλειμματική επιφάνεια, είναι μεγαλύτερη ή ίση της κρίσιμης, τότε υπάρχει επιφανειακή ξηρασία στην υπόψη περιοχή, με χαρακτηριστικές παραμέτρους τις κρίσιμες τιμές των σταθμών και την κρίσιμη ελλειμματική επιφάνεια (Τσακίρης, 1995).

2.1.2. Υδρολογική Ξηρασία

Η υδρολογική ξηρασία είναι ένα φαινόμενο που συνδέεται άμεσα με τη διαχείριση και την αξιοποίηση των υδατικών πόρων μιας περιοχής. Χαρακτηριστικό της είναι ότι αφορά κυρίως την εμφάνιση χαμηλών παροχών στους επιφανειακούς υδροφορείς (ποταμοί, πηγές, κλπ.) ενώ όσο αφορά τους υπόγειους υδροφορείς χρησιμοποιεί τους δείκτες που αναφέρονται στη στάθμη του υπόγειου νερού και την ποσότητα του (που σχετίζονται με την υποβάθμιση του λόγω υπεράντλησης). Είναι σημαντικό να αναφέρουμε το γεγονός ότι, σε μια περίοδο ξηρασίας οι υπόγειοι

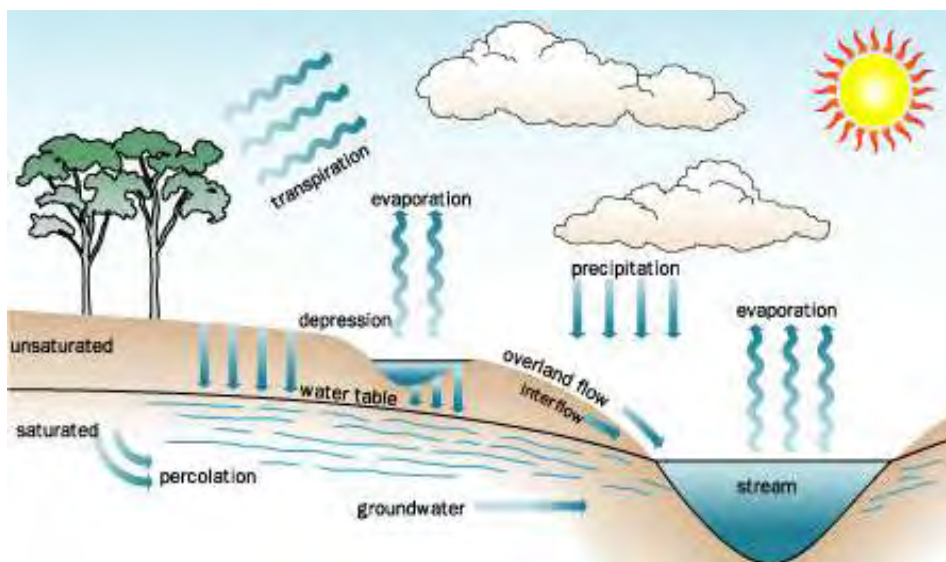
υδροφορείς είναι περισσότερο ανθεκτικοί λόγω του ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερο χρόνο απόκρισης, ενώ αντίθετα οι επιφανειακοί υδατικοί πόροι δέχονται πιο άμεσα τις επιπτώσεις.

Ως υδρολογική ξηρασία σε μια περιοχή χαρακτηρίζεται η κατάσταση που δημιουργείται σε μια χρονική περίοδο, σε λεκάνη απορροής, όπου οι τιμές των υδρολογικών παραμέτρων στην περιοχή, υπερβαίνουν κρίσιμες τιμές ή τιμές κατωφλίου (π.χ. παροχές υδρολογικών σταθμών, χαμηλές ροές ποταμών κ.λ.π.).

Για την καλύτερη κατανόηση του φαινομένου της υδρολογικής ξηρασίας κατασκευάζονται θεματικοί χάρτες ή διαγράμματα όπου διαφαίνεται η επίπτωση του φαινομένου στα επιφανειακά νερά αλλά και η απόκλιση από τη μέση τιμή παροχής της διάρκειας δράσης του φαινομένου. Το μειονέκτημα των παραπάνω μεθόδων έγκειται στο γεγονός ότι παρόλο που μας παρέχουν την ποσοτική πληροφορία, δεν είναι ακριβής γιατί δεν προσδιορίζουν το πόσο ακραίες θα πρέπει να είναι οι χαμηλές τιμές της απορροής ώστε να μιλούμε για ξηρασία. Επίσης επειδή το φαινόμενο της υδρολογικής ξηρασίας έχει διαφορετικές επιπτώσεις από τόπο σε τόπο η ποσοτική αυτή πληροφορία είναι μονοσήμαντη, αφού οι επιπτώσεις ενός τέτοιου φαινομένου είναι πολύπλευρες π.χ. μείωση της παροχής των επιφανειακών υδάτων σημαίνει πιθανή καταστροφή της φυσικής βλάστησης ή καταστροφή της καλλιεργήσιμης έκτασης. Γενικότερα το φαινόμενο της υδρολογικής ξηρασίας είναι δύσκολο να εκτιμηθεί σαν μέγεθος, όπως επίσης είναι δύσκολο να προσδιοριστούν με ακρίβεια οι επιπτώσεις του λόγω της ιδιαιτερότητας του κάθε τόπου που λαμβάνει χώρα (Τσακίρης 1995).

2.2. Υδατικό Ισοζύγιο

Η εξάτμιση, η εξατμισοδιαπνοή και κατά συνέπεια το φαινόμενο της ξηρασίας είναι φαινόμενα που καθορίζουν σε ένα μεγάλο ποσοστό τη λειτουργία του υδρολογικού κύκλου. Στο πρώτο στάδιο του υδρολογικού κύκλου, οι υδρατμοί μεταφέρονται από αέριες μάζες όπου κάτω από ειδικές συνθήκες συμπυκνώνονται σε σύννεφα και έτσι έχουμε διαρκή προσφορά νερού από την ατμόσφαιρα στην επιφάνεια της γης με την μορφή ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που καταλήγουν στους ποταμούς, στις λίμνες και στη θάλασσα. Στη συνέχεια ένα μέρος του νερού φτάνοντας στην επιφάνεια είτε συγκρατείται από τη βλάστηση και εξατμίζεται ή διαπνέεται από τα φυτά, είτε διηθείται από τα υπόγεια νερά ή απορρέει επιφανειακά εικόνα 2.2.



Εικόνα 2.2: Υδρολογικός κύκλος

Όταν το νερό βρίσκεται στο στάδιο της εξάτμισης και της εξατμισοδιαπνοής η χρήση και η διαχείριση του νερού είναι πολύ δύσκολη έως αδύνατη. Σε πολλές

περιοχές στο πλανήτη όπου η έλλειψη του νερού αποτελεί σοβαρό πρόβλημα και η σωστή διαχείριση των υδατικών πόρων είναι κρίσιμη, η γνώση του φαινομένου της ξηρασίας, της εξάτμισης και κατά συνέπεια της εξατμισοδιαπνοής είναι πολύ σημαντική. Η εξατμισοδιαπνοή από διάφορες επιφάνειες της γης και η βροχόπτωση καθορίζουν το ποσό της επιφανειακής απορροής των κοιλάδων ή των λεκανών των ποταμών. Επίσης προσδιορίζουν σε ένα μεγάλο βαθμό τα χαρακτηριστικά των λεκανών που μπορούν να προκαλέσουν ραγδαία επιφανειακή απορροή ή πλημμύρες σε περίπτωση μεγάλων βροχοπτώσεων (Τσακίρης, 1995). Σε πολλές περιπτώσεις η δυναμική εξατμισοδιαπνοή χαρακτηρίζεται ως η απαιτούμενη παροχή νερού στο σχεδιασμό των αρδευτικών συστημάτων. Επίσης όσο αφορά την κατασκευή μεγάλων φραγμάτων ή τη διαχείριση λιμνών που χρησιμοποιούνται για άρδευση καλλιεργούμενων εκτάσεων, ύδρευση, για την οικιακή και βιομηχανική παροχή νερού, τις μονάδες ψύξης των υδροηλεκτρικών σταθμών κλπ. το ποσόν και ο ρυθμός εξάτμισης των επιφανειακών υδάτων διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο.

Είναι απαραίτητο να τονίσουμε ότι σε μια περιοχή που είναι φυτοκαλυμμένη φαινόμενα όπως η ξηρασία, η εξάτμιση και η εξατμισοδιαπνοή από ελεύθερες επιφάνειες νερού είναι δυσνόητα και κατά συνέπεια είναι δύσκολο να τα εκτιμήσουμε.

Η εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου που εκφράζει τη διατήρηση της μάζας σε μια εδαφική κατατομή μπορεί να γραφεί:

$$P + I + \Delta SW \pm RO - D - ET = 0 \quad (2.1)$$

Όπου P είναι η βροχόπτωση, I είναι η άρδευση, RO είναι η επιφανειακή απορροή, D είναι η βαθιά διήθηση και ΔSW είναι η αλλαγή του περιεχόμενου νερού της εδαφικής κατατομής.

2.3. Μέθοδοι Τηλεπισκόπησης

Η Τηλεπισκόπηση είναι μια μέθοδος συλλογής και ανάλυσης δεδομένων και πληροφοριών κυρίως δορυφορικών χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικούς υπολογιστές και κατάλληλο λογισμικό. Ως τηλεπισκόπηση ορίζεται η διαδικασία καταγραφής της ενέργειας, η οποία ανακλάται ή εκπέμπεται από ένα αντικείμενο παρέχοντας πληροφορίες μεγάλης χωρικής κάλυψης (Holz, 1973, Lissesand et al., 1987, Δαλέζιος, 2002). Επίσης σημαίνει συλλογή και καταγραφή πληροφοριών για αντικείμενα με τα οποία τα συστήματα καταγραφής δε έχουν φυσική επαφή μεταξύ τους.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια οι τηλεπισκοπικές μέθοδοι αποτελούν ίσως το πιο αξιόπιστο και σύγχρονο μέσο για την εκτίμηση φαινομένων και την καταγραφή δεδομένων όπως ποσοστό υγρασίας της βλάστησης, ποσοστό υγρασίας του εδάφους, μέτρηση ξηρασίας, θερμοκρασία κ.λ.π. Γενικότερα τα πλεονεκτήματα της τηλεπισκόπησης έναντι των άλλων μεθόδων συλλογής δεδομένων είναι τα εξής :

- i) Η ικανότητα χωρικής αντίληψης των δεδομένων των δορυφορικών εικόνων, σε σχέση με αυτά που συλλέγονται με εργασία της υπαίθρου.
- ii) Η κάλυψη διαφόρων περιοχών πραγματοποιείται γρήγορα με συνέπεια να είναι εφικτή η σύγκριση μεταξύ δεδομένων από διάφορες περιοχές

- iii) Η συνοπτική απεικόνιση μεγάλων περιοχών σε μια δορυφορική εικόνα καθιστά δυνατή την ταυτοποίηση ευρείας κλίμακας διαφοροποιήσεων των φυσιογραφικών στοιχείων της περιοχής (Συλλαίος, 2000).
- iv) Η δυνατότητα διαχρονικών λήψεων από τους δορυφόρους δίνει την ευκαιρία για διαχρονικές συγκρίσεις και καταγραφή στοιχείων σε συνεχή βάση.
- v) Η λήψη των εικόνων σε πολλές ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη για ανίχνευση βιοφυσικών στοιχείων επιφάνειας οι οποίες δεν γίνονται αντιληπτές με την ανάλυση μιας μόνο φασματικής ζώνης.

Για την μέτρηση και την εκτίμηση της ξηρασίας έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι με τη χρήση της *τηλεπισκόπησης* όπου γίνεται επεξεργασία και ανάλυση του φαινομένου από δορυφορικά δεδομένα. Οι μέθοδοι τηλεπισκόπησης που υπολογίζουν την ξηρασία σε μια περιοχή έρευνας χρησιμοποιούν κατά κύριο λόγο δορυφορικά δεδομένα θερμοκρασίας εδάφους, εξατμισοδιαπνοής, υγρασίας και με ειδική επεξεργασία μετατρέπονται και προσαρμόζονται στο πεδίο έρευνας.

Για την καλύτερη προσέγγιση του φαινομένου γίνεται επίσης χρήση κάποιου προσαρμοσμένου στα δεδομένα της έρευνας μαθηματικού ή υδρολογικού μοντέλου, με σκοπό τη δημιουργία ενός δείκτη, με την εφαρμογή του οποίου θα προκύψουν τιμές π.χ. ποσοστό ξηρασίας ώστε να εξεταστεί το φαινόμενο σε μια χωρική και χρονική διακύμανση.

Για την ανάπτυξη ενός υδρολογικού μοντέλου σε ένα μεγάλο αριθμό λεκανών απορροής απαιτείται η εισαγωγή δεδομένων από ένα μεγάλο αριθμό μεταβλητών για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα. Για να είναι αποτελεσματική η περιγραφή ενός μεγάλου αριθμού λεκανών απορροής στις οποίες υπάρχει ανομοιογένεια απαιτείται τα μοντέλα που

θα χρησιμοποιηθούν να είναι “κατανεμημένα” ώστε να λαμβάνεται υπόψη η χωρική κατανομή των μεταβλητών που θα χρησιμοποιηθούν (Sandholt et al., 2002). Η παροχή των δεδομένων που απαιτείται από κάθε “μοντέλο κατανομής” παρουσιάζει ιδιαίτερη δυσκολία κυρίως σε χώρες όπου η υποδομή είναι ανεπαρκής όσο αφορά την αξιοποίηση των φυσικών πόρων. Σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση αυτού του είδους δυσκολίας παίζει η χρήση των δεδομένων παρατήρησης της γης (Earth Observation (EO) data) η οποία δημιουργεί την ανάγκη να εξελίξει ή να τροποποιήσει μεθόδους για να ανταπεξέρθει στις απαιτήσεις μιας χωρικής και χρονικής ανάλυσης. Μια σημαντική πηγή δεδομένων η οποία έχει μεγάλη εφαρμογή στις μέρες μας είναι ο NOAA-AVHRR, παρέχοντας ημερήσια κάλυψη με χωρική ανάλυση η οποία ανταποκρίνεται αποτελεσματικά σε ότι απαιτεί ένα υδρολογικό μοντέλο που χρησιμοποιείται σε μεγάλο αριθμό λεκανών απορροής.

Για τον υπολογισμό και την εκτίμηση φαινόμενων όπως η ξηρασία, χρησιμοποιούνται μεταβλητές όπως η υγρασία του εδάφους και η εξάτμιση, οι οποίες αλλάζουν συνεχώς σε χώρο και χρόνο και επομένως είναι δύσκολο να χαρακτηριστούν και να αναλυθούν στον υδρολογικό, μετεωρολογικό και κλιματικό προσδιορισμό μιας περιοχής (Andersen et al., 2002). Για να είναι αποτελεσματική η ανάλυση τέτοιων μεταβλητών απαιτείται η χρήση μοντέλων και η χρήση μεθόδων Τηλεπισκόπησης όπου θα έχουν εφαρμογή. Η τηλεπισκόπηση είναι σε θέση να ανταπεξέρθει στην περαιτέρω ανάλυση τέτοιου είδους φαινόμενων αφού έχει την ικανότητα να παρέχει χωρική ανάλυση για μια ευρεία κλίμακα μοντέλων “κατανομής” (distributed models).

Η επιφανειακή θερμοκρασία της βλάστησης είναι δυνατό να καταγραφεί και να εκτιμηθεί με τη χρήση της τηλεπισκόπηση γεγονός που είναι δυνατό να συντελέσει στην αποτελεσματικότερη κατανομή του νερού στις καλλιέργειες ή στην εκτίμηση της διήθησης

του νερού μέσω των πόρων και κατά συνέπεια στην καλύτερη διαχείριση τους (Boegh et al., 1999). Οι μέθοδοι τηλεπισκόπησης σε συνδυασμό με τη χρήση των δορυφορικών δεδομένων είναι δυνατό να επεξηγήσουν και να αναλύσουν τη διαδικασία της ροής του νερού σε μια περιοχή καλλιεργειών συγκρίνοντας π.χ. τη σχέση NDVI-Ts, δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλεται ο δείκτης βλάστησης σε σχέση με τη θερμοκρασία στην περιοχή έρευνας.

Όπως προαναφέρθηκε η εφαρμογή των μεθόδων τηλεπισκόπησης είναι σημαντική στον υπολογισμό φαινομένων όπως η ξηρασία σε μια περιοχή. Με την τηλεπισκόπηση μπορεί να πραγματοποιηθεί λεπτομερής ανάλυση της δυναμικής που έχουν τέτοιου είδους φαινόμενα και να γίνει αποτελεσματικός προσδιορισμός της χωρο-χρονικής εξέλιξης τους σε μετεωρολογικά και υδρολογικά πλαίσια. Για να πραγματοποιηθεί αυτό γίνεται χρήση χαρτών της ξηρασίας από την περιοχή που εφαρμόζεται η μελέτη για μια επιλεγμένη χρονοσειρά, συνήθως αρκετά μεγάλη ώστε τα αποτελέσματα να καλύπτουν μια ευρεία κλίμακα. Οι χάρτες αυτοί προκύπτουν από την εφαρμογή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) σε συνδυασμό με τη χρήση δεικτών ξηρασίας ή ξηρότητας.

Ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια με την ενδεχόμενη αλλαγή του κλίματος έχουν αναπτυχθεί διάφοροι δείκτες ώστε να ανταποκρίνονται επαρκώς στο προς μελέτη φαινόμενο όπως ο δείκτης Standardised Precipitation Index (SPI) που χρησιμοποιείται στην εκτίμηση της μετεωρολογικής ξηρασίας, ο δείκτης Standardised Water-Level Index (SWI) που χρησιμοποιείται στην ανάλυση της υδρολογικής ξηρασίας, και δείκτες όπως ο Normalised Difference Vegetation Index (NDVI), ο Vegetation Condition Index (VCI), ο Temperature Condition Index (TCI) και ο Vegetation Health Index (VHI) που χρησιμοποιήθηκε για να αποτιμήσει την ξηρασία στη βλάστηση (Bhuiyan et al., 2006). Η

εφαρμογή τέτοιων δεικτών με τη παράλληλη χρήση μοντέλων είναι μεγάλη ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες όπου η ανάγκη για αποτελεσματικότερη και ευνοϊκότερη διαχείριση των φυσικών πόρων είναι συνεχώς αυξανόμενη (Gillies *et al.*, 1997, Leonard *et al.*, 1998, Sandholt *et al.*, 1998, Ji *et al.*, 2003, Lijuan *et al.*, 2004, Sandholt *et al.*, 2004., Bayarjargal *et al.*, 2006).

Γενικότερα η τηλεπισκόπηση και κατά συνέπεια οι μέθοδοι τηλεπισκόπησης αποτελούν σημαντικό κεφάλαιο στη διαχείριση και στη προστασία του περιβάλλοντος, κυρίως γιατί έχουν τεράστια εφαρμογή στις περιβαλλοντικές επιστήμες αφού μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για θεωρητικές και εφαρμοσμένες έρευνες σε χωρικές κλίμακες που δεν είναι διαθέσιμες από τεχνικές συμβατικών σημειακών μετρήσεων.

2.4. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία για την εκτίμηση της ξηρασίας για το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας όπως προαναφέρθηκε βασίστηκε στη μέθοδο του δείκτη TVDI (Temperature-Vegetation-Dryness-Index).

Η μέθοδος αυτή είναι μια σχετικά σύγχρονη μέθοδος λόγω του ότι για την εφαρμογή της γίνεται χρήση δορυφορικών δεδομένων και της τηλεπισκόπησης, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα για τον υπολογισμό της ξηρασίας σε κάθε σημείο του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας.

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα αναπτυχθεί αναλυτικά:

- η περιγραφή του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας όπου πραγματοποιήθηκε η έρευνα,
- ο τρόπος επεξεργασίας των δορυφορικών δεδομένων και η προέλευση τους ,
- και τέλος η μέθοδος που εφαρμόστηκε για την εξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων.

2.4.1. Περιοχή Μελέτης - Βάση δεδομένων

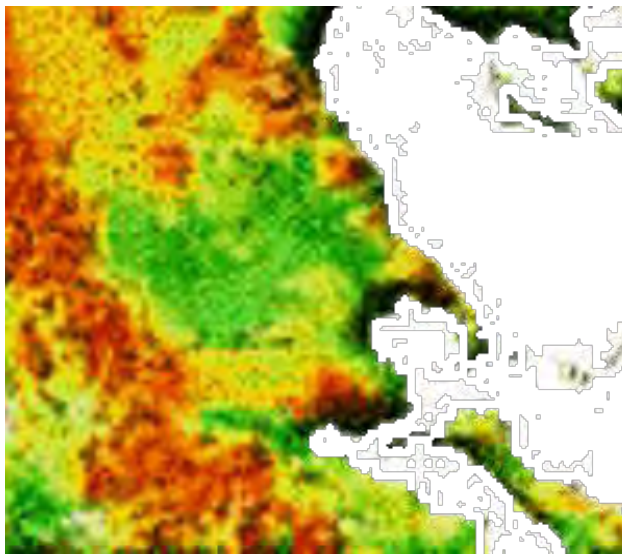
Η περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε για να πραγματοποιηθεί η παρούσα έρευνα είναι το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας. Η Θεσσαλία η οποία καταλαμβάνει την μεγαλύτερη πεδινή έκταση της Ελλάδας συνορεύει Βόρεια με τη Δυτική Μακεδονία, Νότια με τη Στερεά Ελλάδα, Δυτικά με την Ήπειρο και Ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος. Η Θεσσαλία αποτελείται από τους τέσσερις νομούς, Καρδίτσας, Τρικάλων, Λαρίσης και Μαγνησίας εικόνα 2.3.



Εικόνα 2.3: Νομός Θεσσαλίας

Το διαμέρισμα της Θεσσαλίας στο κύριο τμήμα της καταλαμβάνεται από πεδινές εκτάσεις, από ορεινές αλλά και παραλιακές και η έκταση του είναι περίπου 13.904 km².

Αναλυτικότερα η πεδινή έκταση στη Θεσσαλία καταλαμβάνει περίπου 5.149 km², η ημιορεινή 2.395 km² και η ορεινή 6.536 km² (εικόνα 2.4 γεωμορφολογικός χάρτης).



Εικόνα 2.4: Γεωμορφολογικός χάρτης του Νομού Θεσσαλίας.

Η γεωργία αποτελεί την κύρια ασχολία του πληθυσμού αφού στη πεδινή της έκταση κυρίως καλλιεργούνται βαμβάκι, καλαμπόκι, σιτάρι, καπνός, όπως επίσης σε μικρότερο ποσοστό καλλιεργούνται ελιές, σταφύλια, πυρηνόκαρπα, μηλοειδή και οπωροκηπευτικά.

2.4.2. Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Η Θεσσαλία όπως προαναφέρθηκε αποτελείται κυρίως από καλλιεργήσιμες εκτάσεις στην πεδινή της έκταση η οποία είναι και η πιο εύφορη. Η ορεινή της έκταση είναι εξίσου σημαντική: το όρος Όλυμπος αποτελεί τη ψηλότερη κορυφή στον ελλαδικό χώρο και βρίσκεται στο Βόρεια του νομού Λαρίσης, επίσης το όρος Πήλιο βρίσκεται στα Ανατολικά του νομού Μαγνησίας το οποίο αποτελεί μαζί με το όρος Όλυμπο ένα από τους

σημαντικότερους οικοτουριστικούς προορισμούς στην Ελλάδα , το όρος Όθρυς στο νομό Καρδίτσας και τέλος η οροσειρά της Πίνδου που βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του νομού Τρικάλων και Καρδίτσας.

Το ανατολικό τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας έχει τα εξής γεωγραφικά όρια: Βόρεια τον Κάτω Όλυμπο και την Όσσα, Ανατολικά το Μαυροβούνι και το Βόρειο Πήλιο, Νότια και Νοτιοδυτικά τα Χαλκοδόνια και Βορειοδυτικά το Ζάρκο. Το Νότιο και Νοτιοανατολικό μέρος αποτελεί μια κλειστή λεκάνη, την αποξηραθείσα λίμνη Κάρλα. Στην Ανατολική Θεσσαλία εντάσσονται και οι ορεινές, αλλά με αξιόλογη έκταση, καλλιεργούμενες εκτάσεις της Ελασσόνας και του Δαμασίου. Στην περιοχή αυτή υπάρχουν οι ποταμοί του Τιταρησίου και του Πηνειού (Κανέλλου, 2006).

Το Δυτικό τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας ορίζεται γεωγραφικά ως εξής: Ανατολικά από τα Χαλκοδόνια όρη, Βορειοανατολικά από το Ζάρκο, Βόρεια από τα Χάσια και τα Αντιχάσια όρη, Δυτικά από το Κερκέτιον όρος (Κόζιακας) και Νότια από το Ναθράκιο, τους πρόποδες του όρους Τυμφρηστος και την αποξηραμένη λίμνη Ξυνιά (Κανέλλου, 2006).

Πρέπει να τονίσουμε ότι σχεδόν σε ολόκληρη την πεδινή περιοχή της Θεσσαλίας παρατηρούνται οργανωμένα δίκτυα ύδρευσης που συμβάλουν σημαντικά στη διαχείριση των καλλιεργειών. Οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις στα Βόρεια του διαμερίσματος τη Θεσσαλίας μειώνονται στους πρόποδες των βουνών, ενώ αντίθετα στο Νότιο τμήμα της συνεχίζονται ακόμα και στους πρόποδες των βουνών σε σχετικά μεγάλο βαθμό, σε υψόμετρο περίπου 500 m.

2.4.3. Υφιστάμενη βλάστηση στη Θεσσαλία

Στην εκτίμηση του φαινομένου της ξηρασίας στις λεκάνες απορροής της Θεσσαλίας σημαντικό ρόλο παίζει η βλάστηση που χαρακτηρίζει την περιοχή μελέτης, διότι αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην μεταβολή παραμέτρων όπως εξάτμιση και εξατμισοδιαπνοή.

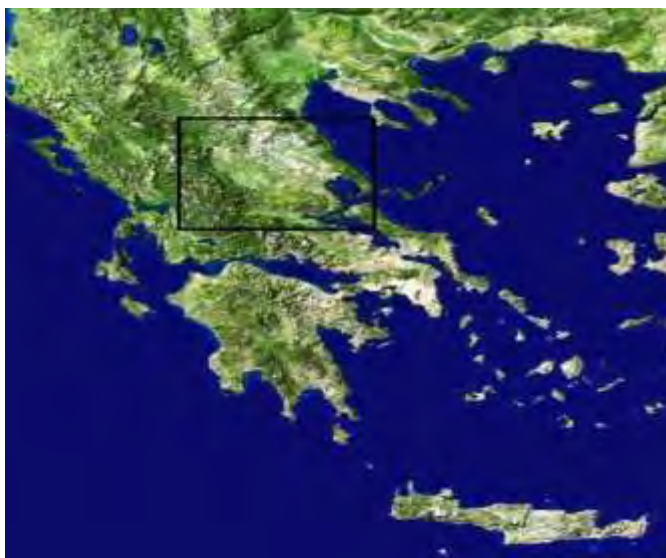
Στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας η λεκάνη απορροής του Πηνειού ποταμού που αποτελεί και τη μεγαλύτερη λεκάνη απορροής, στο μεγαλύτερο ποσοστό της καλύπτεται από τεχνητά οικοσυστήματα, περίπου 54%. Αναλυτικότερα στον πίνακα 2.1 παρουσιάζονται οι ζώνες και οι υποζώνες βλάστησης στην περιοχή της λεκάνης απορροής του Πηνειού και το ποσοστό που καταλαμβάνουν στη λεκάνη απορροής.

Πίνακας 2.1: Ζώνες βλάστησης της περιοχής της Θεσσαλίας

Ζώνη Βλάστησης	Υποζώνη	Ποσοστό Κάλυψης
Παραμεσογειακή <i>Quercetalia pubescentis</i>	Ostryo Carpinion Cuercion confertae	34,3 %
Ορεινών Παραμεσογειακών Κωνοφόρων <i>Fegetalia</i>	Fagion moesiacaе	8,2 %
Ευμεσογειακή Ζώνη <i>Quercetalia ilicis</i>	Quercion ilicis	0,08%

Το ποσοστό που καταλαμβάνουν οι αζωνικές διαπλάσεις στην λεκάνη απορροής του Πηνειού ανέρχεται σε 3,48%, δηλαδή περίπου 350.000 στρέμματα, από τα οποία τα 25.200 στρέμματα ανήκουν στον ταμιευτήρα του Ν. Πλαστήρα. Τα υπόλοιπα αποτελούν την κοίτη και τις εκβολές του Πηνειού καθώς και διαπλάσεις πάνω από το δασικό όριο όπου αναπτύσσονται τα κυρίαρχα είδη.

Η συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του Πηνειού έχει υποστεί αλλοιώσεις και επομένως δεν αποτελεί φυσικό περιβάλλον, κυρίως λόγω των τεχνητών έργων στην περιοχή, των καλλιεργειών και των βοσκοτόπων. Την μεγαλύτερη αλλοίωση έχει υποστεί η παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης *Quercetalia pubescentis* και σε μικρότερο ποσοστό οι ζώνες *Fegetalia* και *Quercetalia ilicis*. Η κύρια αιτία υποβάθμισης της φυσικής έκτασης στην λεκάνη απορροής του Πηνειού είναι η κατασκευή οικισμών και η δημιουργία των καλλιεργειών κυρίως στην παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης, όπου ανήκει και η μεγαλύτερη έκταση της Θεσσαλικής πεδιάδας.



Εικόνα 2.5: Χάρτης βλάστησης της περιοχής της Θεσσαλίας.

2.4.4. Υδρολογικά χαρακτηριστικά

Όπως είναι γνωστό το γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας παρόλο που διαθέτει τη μεγαλύτερη πεδινή έκταση στην Ελλάδα δεν έχει τα κατάλληλα έργα ταμίευσης των υδάτων εκτός από την τεχνητή λίμνη Πλαστήρα με το φράγμα του Σμοκόβου και τη λίμνη Κάρλα. Η Θεσσαλία διαθέτει υπόγεια αλλά και επιφανειακά νερά, με τα επιφανειακά ύδατα να παρουσιάζουν έντονη χωρική και χρονική διακύμανση στην παροχή υδατορευμάτων. Οι ποταμοί και οι υδρολογικές λεκάνες είναι τα κύρια στοιχεία των επιφανειακών υδάτων από τα οποία διακρίνονται από την έκτασή τους, η λεκάνη απορροής του ποταμού Πηνειού με τους παραποτάμους του και το φράγμα του Σμοκόβου της τεχνητής λίμνης Πλαστήρα με χωρητικότητα 400 Km³.

Ο ποταμός Πηνειός και οι παραπόταμοι του αποτελούν την κυριότερη λεκάνη απορροής της Θεσσαλίας και καταλαμβάνουν έκταση 9747 Km². Ο Πηνειός ποταμός είναι ο κύριος αποδέκτης όλων των χειμάρρων και των παραποτάμων που πηγάζουν από την ορεινή Θεσσαλία, ενώ σχεδόν ολόκληρη η πεδινή Θεσσαλία αποστραγγίζεται από τον Πηνειό ποταμό. Η λεκάνη απορροής του Πηνειού χωρίζεται σε δύο μεγάλες λεκάνες στην πεδινή έκταση της Θεσσαλίας ανατολική και δυτική που ο άξονας τους έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Οι λεκάνες αυτές διαχωρίζονται με λοφώδη περιοχή νεογενών αποθέσεων (Ταουσάνη), που θεωρείται ξεχωριστή υδρογεωλογική ενότητα.

Στην ανατολική λεκάνη, ο μόνος σημαντικός δευτερεύων κλάδος ο οποίος υφίσταται είναι ο χείμαρρος Τιταρήσιος. Βόρεια της περιοχής των Χασίων και Αντιχασίων, το κυρίως υδατόρρεμα του Πηνειού, τροφοδοτείται από τους ποταμούς Νεοχωρίτη, Ληθαίο και Μουργκάνη και δυτικά προς την Πίνδο από τον χείμαρρο Μαλακασιώτη. Στην ορεινή ζώνη της Νότιας Πίνδου, τροφοδοτείται κυρίως από τον Πορταϊκό ποταμό, δυτικά της

Πύλης από τον Πάμισο, δυτικά του Μουζακίου από το ρέμα Μέγα και τους ποταμούς Καράμπαλη και Καλέντζη νότια της πόλης της Καρδίτσας. Στην Νότια Πίνδο που ανήκει στην περιφέρεια της Θεσσαλίας βρίσκεται η άναντη λεκάνη απορροής του ποταμού Αχελώου όπως επίσης και η άναντη λεκάνη απορροής του Ταυρωπού, παραποτάμου του Αχελώου (Κανέλλου, 2006). Σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό της λίμνης Πλαστήρα έχει μεγάλο μέρος της έκτασης της λεκάνης απορροής του Ταυρωπού. Το φράγμα του Ταυρωπού που δημιουργήθηκε αποτελεί το μεγαλύτερο ταμιευτήρα για το Νομό Καρδίτσας και χρησιμοποιείται για την άρδευση και ύδρευση του. Τέλος ποταμοί όπως ο Λειψιμός, ο Ρογόζινος, ο Φαρσαλιώτης και ο Ενιπέας τροφοδοτούν σε σημαντικό βαθμό το Πηνειό στο νότιο τμήμα του.

Η λεκάνη απορροής της Θεσσαλίας καταλαμβάνει έκταση περίπου 10225 Km² με μεγαλύτερο ποταμό τον Πηνειό που έχει περίπου 218 km μήκος . Για το Θεσσαλικό κάμπο ο ποταμός Πηνειός παίζει καθοριστικό ρόλο, αφού μεγάλο μέρος του νερού του χρησιμοποιείται για άρδευση των καλλιεργειών. Τα τελευταία χρόνια λόγω των συνεχώς αυξανόμενων απαιτήσεων των καλλιεργειών σε νερό και λόγω της υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων υδάτων οδήγησαν στη πτώση του υπόγειου υδροφορέα. Ένας αποτελεσματικός τρόπος αντιμετώπισης αυτού του προβλήματος είναι η δημιουργία ταμιευτήρων ή φραγμάτων όπου αποθηκεύουν ποσότητα νερού σε υγρές περιόδους για να χρησιμοποιηθεί σε μια περίοδο ξηρασίας όπου τα αποθέματα του νερού δεν επαρκούν.

Το φράγμα του Ταυρωπού, είναι το μοναδικό εν λειτουργία φράγμα της περιοχής και υπάγεται στα διοικητικά όρια του νομού Καρδίτσας. Υπό κατασκευή βρίσκεται το φράγμα Σμοκόβου στις πηγές του Σοφαδίτικου. Στη νότια περιοχή υπάρχει η αποξηραθείσα λίμνη Ξυνιάδα, η οποία μέσω του ποταμού Κουμαρόρρεμα στραγγίζει τα

ύδατα της προς τον Σοφαδίτικο (Τζαμπύρας, 2005). Επίσης σημαντικό ταμειυτήρα για το νοτιοδυτικό τμήμα της Θεσσαλίας στο νομό Μαγνησίας θα αποτελέσει και η ολοκλήρωση του φράγματος της λίμνης Κάρλας.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας σημαντικό πρόβλημα εκτός από τη μείωση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, λόγω της υπερβολικής άντλησης, υπερεκμετάλλευσης και των παράνομων γεωτρήσεων, αποτελεί και η ρύπανση των υπόγειων υδροφορέων. Φορέα ρύπανσης αποτελούν κυρίως οι μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες (νιτρορύπανση) οι οποίες εισχωρούν και απορρέουν στα υπόγεια υδροφόρα στρώματα. Ως προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης για την προστασία των υδάτων και την αειφορική διαχείριση τους είναι η μείωση παροχής λιπασμάτων στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις μειώνοντας έτσι σημαντικά τη μόλυνση των υδάτων, η μείωση των γεωτρήσεων και της άντλησης νερού για άρδευση.

2.4.5. Ξηρασία στη Θεσσαλία

Το φαινόμενο της ξηρασίας σε πολλές περιπτώσεις επηρέασε το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας και προκάλεσε αρνητικές επιπτώσεις και προβλήματα στη διαχείριση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Οι σημαντικότερες περίοδοι ξηρασίας που καταγράφηκαν για το διαμέρισμα της Θεσσαλίας ήταν στα τέλη της δεκαετίας του '50, στις αρχές της δεκαετίας του '60 και στη δεκαετία του '80 (Loukas *et al.*, 2002). Ειδικότερα οι περίοδοι ξηρασίας όπου ήταν οι πιο έντονες και επίπονες αναφέρονται στα έτη 1976-77 και 1989-1990. Το φαινόμενο της ξηρασίας στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας είχε αρνητικές επιπτώσεις στην αγροτική οικονομία της περιοχής, λόγω της

μείωσης της παραγωγής. Επίσης οδήγησε στη μείωση των υδατικών επιφανειακών πόρων και του υπόγειου υδροφορέα.

2.4.6. Μετεωρολογικά – Κλιματολογικά χαρακτηριστικά

Όσο αφορά το γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας τα κυριότερα μετεωρολογικά στοιχεία που θα αναλυθούν εκτενέστερα στη συνέχεια είναι: το κλίμα, οι βροχοπτώσεις, η θερμοκρασία, η υγρασία, οι άνεμοι, οι χιονοπτώσεις, η νέφωση – ηλιοφάνεια και η ξηρασία. Το *κλίμα* στην περιοχή της Θεσσαλίας δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διακυμάνσεις σε σχέση με τη γεωμορφολογία της περιοχής. Στην ανατολική και παράκτια και ορεινή ζώνη το κλίμα είναι μεσογειακό, στην κεντρική Θεσσαλία το κλίμα είναι ηπειρωτικό, ενώ στην ορεινή ζώνη το κλίμα είναι ορεινό.

Με ένα απλό διαχωρισμό στις κλιματικές περιόδους ενός έτους στο διαμέρισμα της Θεσσαλίας, την καλοκαιρινή περίοδο το κλίμα είναι θερμό και ξηρό, ενώ το χειμώνα παρατηρείται αυξημένη υγρασία αλλά και σχετικά έντονες βροχοπτώσεις. Τα τελευταία χρόνια συχνό φαινόμενο κατά την καλοκαιρινή περίοδο αποτελεί η εμφάνιση του φαινομένου της ξηρασίας. Η ‘‘υγρή’’ περίοδος κυρίως ξεκινά τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο και τελειώνει περίπου το μήνα Απρίλιο. Κατά τη χρονική αυτή διάρκεια αυξάνεται η υγρασία, οι βροχοπτώσεις είναι πιο συχνές και πιο έντονες και γίνεται εμφανές και το φαινόμενο της ομίχλης. Γενικότερα το κλίμα στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας χαρακτηρίζεται ως εύκρατο με ηπειρωτικές περιόδους και θερμοκρασιακές διακυμάνσεις ως προς το εύρος στη διάρκεια του έτους.

Ένας άλλος σπουδαίος κλιματικός παράγοντας που χαρακτηρίζει το κλίμα στη Θεσσαλία είναι η **βροχή**. Ο παράγοντας αυτός σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία αποτελούν και ρυθμιστικό παράγοντα στις ανθρώπινες δραστηριότητες καθώς η περιοχή της Θεσσαλίας είναι κατ' εξοχήν γεωργική περιοχή. Το συνολικό βροχομετρικό ύψος προσδιορίζει το σύνολο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων σε μια περιοχή (βροχή, χιόνι, χαλάζι) και αποτελεί τη παράμετρο για τη μέτρηση της βροχής. Όπως προαναφέραμε στην περιοχή της Θεσσαλίας τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο οι βροχοπτώσεις είναι πιο έντονες από κάθε άλλη χρονική περίοδο και επομένως και το ύψος των βροχοπτώσεων είναι αρκετά υψηλό. Αναλυτικότερα στην πεδινή περιοχή της Θεσσαλίας το ύψος των βροχοπτώσεων είναι μικρότερο σε σχέση με τα δυτικά, ενώ στο ανατολικό ορεινό τμήμα της οι βροχοπτώσεις είναι πιο συχνές και πιο έντονες. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας η βροχόπτωση κατανέμεται ανομοιόμορφα τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Η μέση ετήσια βροχόπτωση στη Θεσσαλία είναι περίπου 700mm, ενώ στην πεδινή περιοχή μπορεί να φθάσει τα 400mm, στις δυτικές ορεινές περιοχές φθάνει έως και 1850mm το χρόνο. Όσο αφορά τη χρονική περίοδο από το 2001 έως και το 2005 που είναι και η περίοδος που πραγματοποιείται η παρούσα εργασία, οι υψηλότερες βροχοπτώσεις καταγράφηκαν τις χρονιές 2004 και 2005.

Ένα άλλο κλιματικό στοιχείο που παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον και καθορίζει σε σημαντικό βαθμό το κλίμα στη Θεσσαλία είναι **η Θερμοκρασία**. Λόγω της γεωμορφολογικής ιδιαιτερότητας του διαμερίσματος της Θεσσαλίας η θερμοκρασία παρουσιάζει αρκετά μεγάλες διακυμάνσεις στη διάρκεια του έτους. Συγκεκριμένα η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 16⁰ έως 17⁰ C, ενώ το ετήσιο θερμομετρικό εύρος ξεπερνά τους 22⁰ C. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται κατά τη χειμερινή

περίοδο στους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Δεκέμβριο, ενώ οι υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται στους ξηρούς μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Πρέπει να αναφέρουμε ότι συχνό φαινόμενο από την πτώση της θερμοκρασίας είναι η εμφάνιση παγετού κυρίως την χρονική περίοδο από το Νοέμβριο μέχρι τον Απρίλιο.

Η *υγρασία* είναι σημαντική και υπολογίσιμη μεταβλητή για την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας. Η ατμόσφαιρα περιέχει πάντοτε μια μεταβαλλόμενη ποσότητα υγρασίας (υδρατμών) που προέρχεται από την εξάτμιση του νερού της θάλασσας, των υγρών επιφανειών της ξηράς και τη διαπνοή των φυτών (Τσακίρης, 1995). Η υγρασία εξαρτάται άμεσα από την θερμοκρασία και μειώνεται με το υψόμετρο ακολουθώντας το ρυθμό ελάττωσης της θερμοκρασίας και της ατμόσφαιρας. Στην περιοχή της Θεσσαλίας η μέση σχετική υγρασία κυμαίνεται από 67% μέχρι 72% και μεταβάλλεται σημαντικά στη διάρκεια του έτους ακολουθώντας τη μεταβολή του κλίματος.

Οι *χιονοπτώσεις* και κατά συνέπεια το *χιόνι* ως κλιματικό στοιχείο επιδρούν σημαντικά στην τελική διαμόρφωση του κλίματος της ευρύτερης περιοχής. Το χιόνι έχει ιδιαίτερη σημασία λόγω της μεγάλης ανακλαστικής ικανότητας του, που έχει σαν αποτέλεσμα την ανάκλαση τεραστίων ποσοτήτων ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στο έδαφος. Η απώλεια αυτή της θερμότητας εμποδίζει την ανύψωση της θερμοκρασίας του αέρα πάνω από περιοχές σκεπασμένες με χιόνια (Φλόκας, 1997). Στη Θεσσαλία τις μεγαλύτερες ποσότητες χιονιού τις δέχονται οι ορεινές περιοχές κατά τη διάρκεια του χειμώνα και κυρίως τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο. Γενικότερα οι χιονοπτώσεις στη διάρκεια του έτους γίνονται πιο έντονες από τα νότια προς τα βόρεια και από τα ανατολικά προς τα δυτικά του διαμερίσματος.

Οι *άνεμοι* στον ελλαδικό χώρο δημιουργούνται από τρόπο που κατανέμεται η ξηρά και η θάλασσα, από το ανάγλυφο της ευρύτερης περιοχής αλλά και από την κατανομή της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Οι άνεμοι διακρίνονται στις παρακάτω ομάδες:

1. Άνεμοι που οφείλονται σε γενικότερα αίτια κατανομής της πίεσης στο βόρειο ημισφαίριο
2. Άνεμοι που συνδέονται συχνά με διάφορους “τύπους καιρού” του ελληνικού χώρου, δηλαδή άνεμοι που συνοδεύουν την επικράτηση ενός χαρακτηριστικού τύπου καιρού.
3. Άνεμοι τοπικοί, που οφείλονται είτε σε διαφορές πίεσης, δημιουργημένες ανάμεσα στην ξηρά και στην θάλασσα, είτε σε διαφορές πίεσης ανάμεσα σε δυο γειτονικές περιοχές.

Στην περιοχή της Θεσσαλίας οι άνεμοι διακρίνονται σε ανατολικοί που την περίοδο άνοιξης και καλοκαιριού, σε ανατολικοί – βορειοανατολικοί που εμφανίζονται την φθινοπωρινή περίοδο και σε βορειοανατολικοί κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Με βάση το μέτρο της ισχυρότητας των ανέμων που είναι η κλίμακα Bf , οι ταχύτητες των ανέμων στη Θεσσαλία είναι της τάξης των 1-3 Bf και έχουν μέγιστη ταχύτητα τα 8 Bf.

Τέλος στο γενικότερο χαρακτηρισμό του κλίματος της Θεσσαλίας σημαντικό ποσοστό κατέχουν κλιματικά στοιχεία όπως η *νέφωση*, η *ηλιοφάνεια* αλλά και η *περίοδος ξηρασίας*. Ως νέφωση χαρακτηρίζεται το ποσοστό της έκτασης του ουράνιου θόλου που καλύπτεται από νέφη. Η νέφωση βρίσκεται σε στενή σχέση με την ηλιοφάνεια, δηλαδή το χρονικό διάστημα, κατά τη διάρκεια της ημέρας, που ο ήλιος είναι ορατός ανεμπόδιστα από την επιφάνεια της γης (Φλόκας, 1997). Η μέση ετήσια νέφωση για την περιοχή της

Θεσσαλίας κυμαίνεται από 4 έως 5 βαθμίδες (μέγιστη τιμή 8 βαθμίδες) και αυξομειώνεται από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Όσο αφορά τις περιόδους ξηρασίας στη Θεσσαλία οι οποίες παίζουν καθοριστικό ρόλο λόγω των μεγάλων καλλιεργήσιμων εκτάσεων της, το νότιο τμήμα του διαμερίσματος έχει τη μεγαλύτερη ξηρή περίοδο 4 έως 5 μηνών, ακολουθεί το κεντρικό της τμήμα με 2 έως 4 μήνες και τέλος 1 έως 2 μήνες ξηρασίας εμφανίζεται στα δυτικά ορεινά.

2.4.7. Δορυφόρος NOAA και χρήσεις του

Η σειρά των δορυφόρων NOAA, που μεταφέρουν ως βασικό απεικονιστή το σύστημα AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), με πρώτη εκτόξευση το 1970, είναι το πρώτο δορυφορικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε για την Παρατήρηση της γήινης επιφάνειας, τα δεδομένα του οποίου ήταν εμπορικά διαθέσιμα (Συλλαίος, 2000). Λέγοντας απεικονιστή αναφερόμαστε στα βασικά χαρακτηριστικά που διαθέτουν όπως η χωρική, φασματική, διαχρονική και ραδιομετρική διακριτική ικανότητα (spatial, spectral, temporal and radiometric resolution) στοιχεία που επηρεάζουν την ακρίβεια των μετρήσεων.

Ο δορυφόρος NOAA εκτοξεύτηκε για πρώτη φορά με το όνομα NOAA 6 και έπειτα ακολούθησαν πολλοί δορυφόροι με ονόματα όπως NOAA 11, NOAA 12 μέχρι NOAA 14 οι οποίοι είναι και οι μοναδικοί που βρίσκονται σε λειτουργία σήμερα. Ιδιαίτερα οι δορυφόροι NOAA 6 και NOAA 14 είναι οι μοναδικοί που φέρουν τον αισθητήρα AVHRR και επομένως είναι οι πιο χρήσιμοι και οι πιο αποτελεσματικοί. Ο δορυφόρος NOAA έχει πολική τροχιά με κλίση $98,7^{\circ}$, είναι ηλιοσύγχρονος και περιστρέφεται γύρω

από τη γη έχοντας περίοδο περιστροφής τα 102 λεπτά. Επίσης έχει την ικανότητα να καταγράφει μια περιοχή τη διάρκεια της μέρας αλλά και της νύχτας για μια φορά, λόγω του ότι διασχίζει την ίδια περιοχή δύο φορές τη μέρα, την ίδια τοπική ώρα για κάθε γεωγραφικό πλάτος. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ο δορυφόρος NOAA σε τροχιά γύρω από τη γη.



Εικόνα 2.6: Δορυφόρος NOAA σε τροχιά γύρω από τη γη.

2.4.8. Δεδομένα προέλευσης

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση της έρευνας στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας είναι τα εξής:

- i) 227 δορυφορικές εικόνες εβδομάδας της επιφανειακής θερμοκρασίας εδάφους (LST) από τον δορυφόρο NOAA.
- ii) 321 δορυφορικές εικόνες εβδομάδας του δείκτη ξηρασίας – βλάστησης

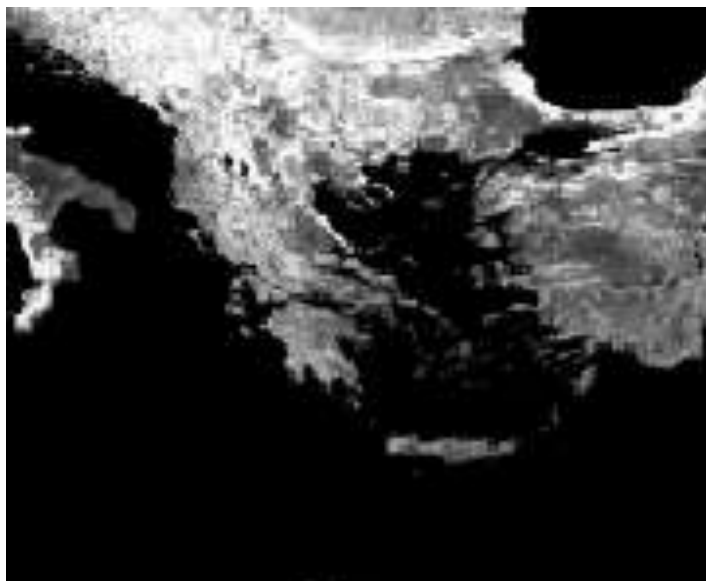
(NDVI) από τον δορυφόρο NOAA.

- iii) Βροχομετρικά δεδομένα από σταθμούς στο διαμέρισμα της Θεσσαλίας (σταθμός Λάρισας).

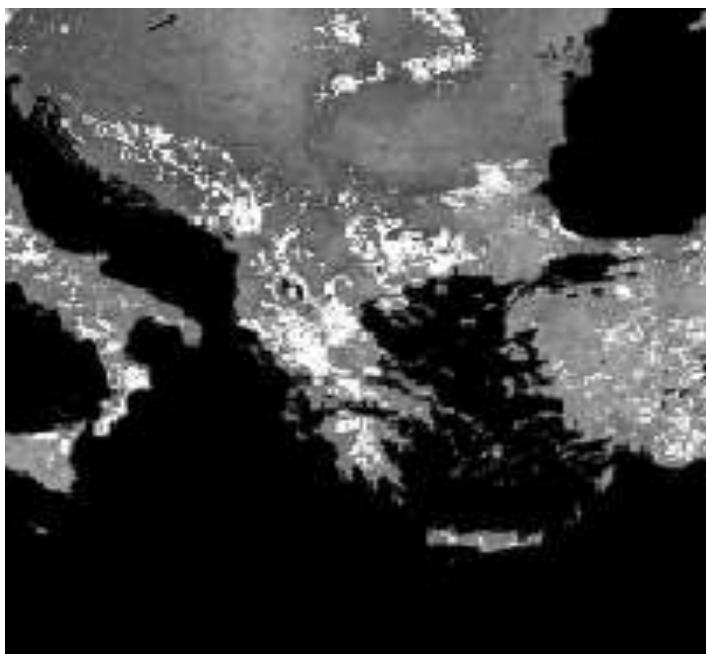
2.4.9. Δεδομένα που προήλθαν από τον δορυφόρο NOAA

Για την άντληση των δορυφορικών εικόνων LST και NDVI χρησιμοποιήθηκε ο δορυφόρος NOAA/AVHRR. Οι εικόνες έχουν διακριτική ικανότητα 1 x 1 και αφορούν την πενταετία 2001 – 2005 όπου πραγματοποιήθηκε η έρευνα.

Αναλυτικότερα χρησιμοποιήθηκαν 227 εικόνες LST εβδομάδας και 321 εικόνες εβδομάδας του δείκτη βλάστησης NDVI για την περιοχή όλης της Ελλάδας όπου στη συνέχεια με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος Erdas Imagine (Erdas Imagine 8.7) επιλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν για την περιοχή του διαμερίσματος της Θεσσαλίας που αντιπροσωπεύει και την περιοχή όπου διεξάγεται η έρευνα. Πρέπει να αναφέρουμε ότι λόγω τεχνικών προβλημάτων δεν έγινε εφικτό να χρησιμοποιηθούν κάποια δεδομένα εβδομάδων τόσο από τα δεδομένα του LST όσο και του δείκτη NDVI για ορισμένα έτη. Στις εικόνες 2.7 και 2.8 που ακολουθούν φαίνονται μια αντιπροσωπευτική δορυφορική εικόνα NDVI και LST αντίστοιχα.



Εικόνα 2.7: Δορυφορική εικόνα NDVI από τον δορυφόρο NOAA/AVHRR την 4^η εβδομάδα Ιουνίου 2003.



Εικόνα 2.8: Δορυφορική εικόνα LST από τον δορυφόρο NOAA/AVHRR την 2^η εβδομάδα Σεπτεμβρίου 2002.

2.4.10. Εξαγωγή θερμοκρασίας επιφανείας από τις δορυφορικές εικόνες

Για να μετατρέψουμε τις αρχικές τιμές των εικόνων που προήλθαν από τα κανάλια 4 και 5 έγινε χρήση μιας σειράς εξισώσεων.

Αναλυτικότερα αρχικά εφαρμόστηκε η εξίσωση :

$$T = (\text{pixel εικόνας} + 31990) * 0,005 \quad (2.2)$$

με την οποία μετατρέπονται οι τιμές των pixel των εικόνων σε τιμές θερμοκρασίας Kelvin. Έπειτα μετατράπηκαν οι τιμές των εικόνων από Kelvin σε Celsius αφαιρώντας από τις προηγούμενες τιμές τον αριθμό 273.

Εξαιτίας της δυσκολίας που αντιμετωπίζει η εξαγωγή της θερμοκρασίας επιφανείας εδάφους (LST) από τις δορυφορικές εικόνες, κυρίως λόγω της ατμοσφαιρικής επίδρασης δια μέσου της απορρόφησης μέρους της υπέρυθρης ακτινοβολίας από τους υδρατμούς, και λόγω της μη εκτιμημένης εκπομπής ακτινοβολίας της επιφάνειας, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος αλγορίθμων “split window” των Becker and Li (1990).

Η σχέση για την εκτίμηση της εκπομπής της υπέρυθρης ακτινοβολίας από την επιφάνεια, προήλθε από τους Van de Griend and Owe (1993).

Η σχέση των Becker and Li έχει τη μορφή της εξίσωσης (2.3):

$$T = 1,274 + (T_4 + T_5)/2 [1 + 0,15616\{(1-e)/e\} - 0,482de/e^{**2}] \\ + (T_4 - T_5)/2[6,26 + 3,989\{(1-e)/e\} + 38,33de/e^{**2}] \quad (2.3)$$

Όπου T η θερμοκρασία επιφανείας, T₄ και T₅ η τιμές των θερμικών καναλιών 4 και 5 του δορυφόρου, τα e και de ορίζονται από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$e = (e_4 + e_5)/2 \quad (2.4)$$

$$de = e_4 - e_5 \quad (2.5)$$

Όπου e_4 , e_5 οι τιμές ανάκλασης των καναλιών 4 και 5 αντίστοιχα, οι οποίες δίνονται από τις εξισώσεις (5.5) και (5.6) των Van de Griend and Owe.

$$e_4 = 1.0094 + 0.047 \ln(\text{NDVI}) \quad (2.6)$$

$$e_5 = e_4 + 0,01 \quad (2.7)$$

Όπου NDVI οι Stack Layer τιμές του δείκτη βλάστησης για κάθε έτος όλης της χρονοσειράς 2001-2005.

Εν συνεχεία, λόγω της ύπαρξης νεφών στις εικόνες των θερμικών καναλιών 4 και 5, για την εξαίρεση αυτών των pixel, εφαρμόστηκε μοντέλο στο πρόγραμμα Erdas Imagine, όπου απέκλειε τα pixel με τιμή θερμοκρασίας κάτω των -20°C . Η τιμή αυτή επιλέχθηκε ως τιμή κατωφλίου. Τιμές θερμοκρασίας μικρότερες από -20°C θεωρούνται τιμές θερμοκρασίας νεφών, βάσει παλαιότερης έρευνας που είχε διεξαχθεί (Γαλάκου, 2004). Οι τιμές που παρατηρήθηκαν κάτω από -20°C , αντικαταστάθηκαν τελικά στις εικόνες, από την ενδεικτική τιμή 1000.

Στο τέλος, εφαρμόστηκαν οι σχέσεις από (2.3) έως και (2.7), οι οποίες συνδύασαν τις εικόνες των θερμικών καναλιών 4 και 5 καθώς και του NDVI, και προέκυψαν τιμές επιφανειακής θερμοκρασίας για όλα τα έτη.

2.4.11. Εξαγωγή του δείκτη βλάστησης NDVI από τις δορυφορικές εικόνες

Η εξίσωση που χρησιμοποιήθηκε για τη μετατροπή βασίστηκε στα κανάλια 1 (RED) και 2 (NIR) του AVHRR:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}) \quad (2.8)$$

Τα δεδομένα του NDVI μετατράπηκαν από την αρχική διάταξη των 10-bit σε αυτή των 8-bit (τιμές από 0-255). Οι τιμές του NDVI αποθηκεύτηκαν ως εξής:

Η τιμή grey ‘0’ αναφέρεται στο νερό, η τιμή ‘255’ αναφέρεται στα σύννεφα και στη μη ύπαρξη δεδομένων. Η τιμές του NDVI ξεκινούν από ‘-0.09968454’ και καταλήγουν στο ‘1’. Η ραδιομετρική ανάλυση είναι ‘0.0031546’, ενώ η τιμή 254 grey αντιστοιχεί στη τιμή ‘0.7’ (maximum NDVI).

Για να εξάγω τις τιμές του NDVI από τις grey value χρησιμοποιείται η εξίσωση:

$$NDVI = (Grey\ value / 317) - 0.1 \quad (2.9)$$

Τέλος οι τιμές του NDVI σε σχέση με το τύπο εδαφοκάλυψης που χρησιμοποιείται απεικονίζονται στο πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Ενδεικτικές τιμές δείκτη βλάστησης σε διάφορες μορφές κάλυψης εδάφους

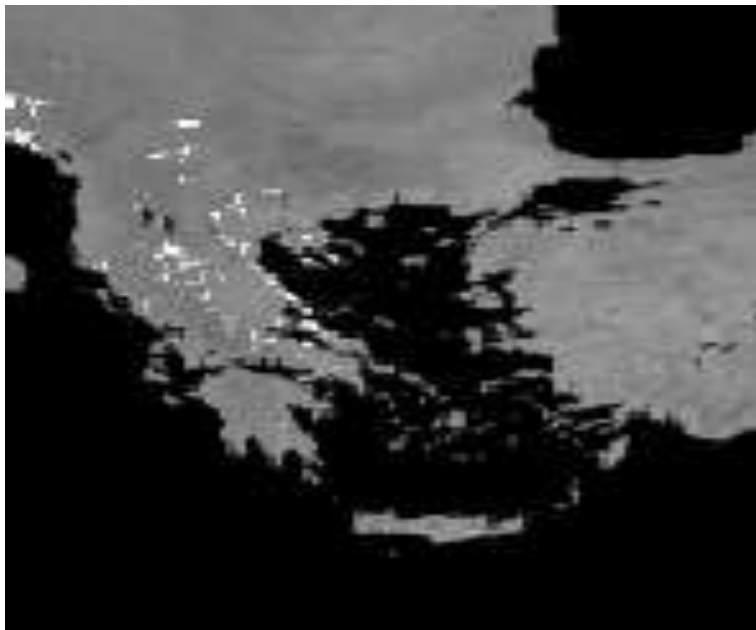
ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗΣ	NDVI (σε κλίμακα -1, 1)	NDVI (σε κλίμακα 0-255)
Πυκνή βλάστηση	$0.500 \leq NDVI \leq 1$	$210 \leq NDVI \leq 255$
Μέτρια πράσινη βλάστηση	$0.140 \leq NDVI \leq 0.500$	$118 \leq NDVI \leq 210$
Αραιή βλάστηση	$0.090 \leq NDVI \leq 0.140$	$105 \leq NDVI \leq 118$
Γυμνό έδαφος (οργανωμένο ή βραχώδες)	$0.025 \leq NDVI \leq 0.090$	$88 \leq NDVI \leq 105$
Νέφη	$0.002 \leq NDVI \leq 0.025$	$83 \leq NDVI \leq 88$
Χιόνι και πάγος	$-0.046 \leq NDVI \leq 0.002$	$70 \leq NDVI \leq 83$
Νερό	$-1 \leq NDVI \leq -0.046$	$0 \leq NDVI \leq 70$

Στο πρώτο στάδιο επεξεργασίας πραγματοποιήθηκε αποσυμπίεση των εικόνων, αφού αρχικά ήταν υπό συμπίεσμένη μορφή και έπειτα έγινε εισαγωγή των εικόνων στο λειτουργικό πρόγραμμα επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων Erdas Imagine (Erdas Imagine 8.7).

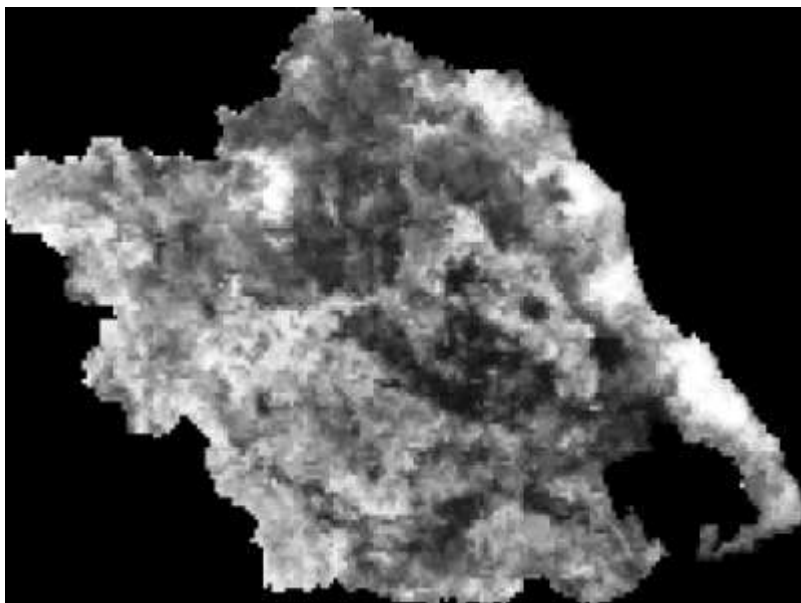
Στη συνέχεια οι εβδομαδιαίες εικόνες που αφορούν τη θερμοκρασία (LST images) αλλά και οι εβδομαδιαίες εικόνες που αφορούν τον NDVI ενσωματώθηκαν σε μία εικόνα για κάθε έτος που αποτελείται από 52 διαφορετικά επίπεδα, όσες δηλαδή και οι εβδομάδες του κάθε έτους. Τέλος έγινε ενσωμάτωση των πέντε ετών που προέκυψαν σε μία εικόνα ξεχωριστά για τις LST και τις NDVI εικόνες έχοντας επίσης η κάθε μία 52 διαφορετικά επίπεδα. Για να πραγματοποιηθεί αυτή η διαδικασία έγινε εφαρμογή της εντολής <<Stack Layer>> του προγράμματος Erdas Imagine. Η εντολή αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι με την εφαρμογή της καθίσταται πιο εύκολη η ανάκτηση πληροφοριών και στοιχείων από την κάθε εικόνα που αντιπροσωπεύει κάθε έτος, γεγονός που διευκολύνει την εφαρμογή της μεθόδου.

Για να ολοκληρωθεί η επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων είναι απαραίτητη και η γεωμετρική διόρθωση τους. Η γεωμετρική διόρθωση των εικόνων αφορά τη εισαγωγή σε αυτές προβολικού συστήματος και την προσαρμογή τους στο ελληνικό γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων (EGSA' 87). Η γεωμετρική διόρθωση πραγματοποιήθηκε στις τελικές μορφές των δορυφορικών εικόνων LST και NDVI όπου προηγουμένως είχε γίνει <<Stack Layer>>.

Στις παρακάτω εικόνες 2.9 και 2.10 απεικονίζεται μια δορυφορική εικόνα στην αρχική της μορφή και μια γεωμετρικά διορθωμένη.



Εικόνα 2.9: Δορυφορική εικόνα μη γεωμετρικά διορθωμένη.



Εικόνα 2.10: Δορυφορική εικόνα της Θεσσαλίας γεωμετρικά διορθωμένη.

2.5. Ανάλυση της μεθόδου του TVDI

Για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας ως καταλληλότερη μέθοδος επιλέχθηκε η μέθοδος του TVDI (Temperature-Vegetation Dryness Index). Η καινοτομία αυτής της μεθόδου έγκειται στο γεγονός ότι χρησιμοποιεί δορυφορικά δεδομένα από την ορατή και θερμική περιοχή του φάσματος. Οι τιμές που προκύπτουν από την εφαρμογή του δείκτη TVDI είναι ένας αδιάστατος αριθμός που προκύπτει από τα χαρακτηριστικά της υπό μελέτη περιοχής και επομένως δίνει τη δυνατότητα για ευκολότερη και αμεσότερη κατανόηση του φαινομένου.

Ο σκοπός της μεθόδου του TVDI είναι να ερμηνεύσει το λόγο $\frac{T_s}{NDVI}$ (Andersen et al. 2002), δηλαδή να ερμηνεύσει τη σχέση της θερμοκρασίας και του δείκτη βλάστησης που αποδίδεται σε κάθε εικονιζόμενο pixel το οποίο αντιστοιχεί σε μια δορυφορική εικόνα ή σε συνδυασμό τους. Η σχέση του λόγου $\frac{T_s}{NDVI}$ περιγράφεται σε σχήμα με τη μορφή τριγώνου σε άξονα συντεταγμένων εικόνα 2.11 και με τη βοήθεια της τηλεπισκόπησης μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση

$$TVDI = \frac{T_s - T_{s \min}}{a + b * NDVI - T_{s \min}} \quad (2.10)$$

Όπου

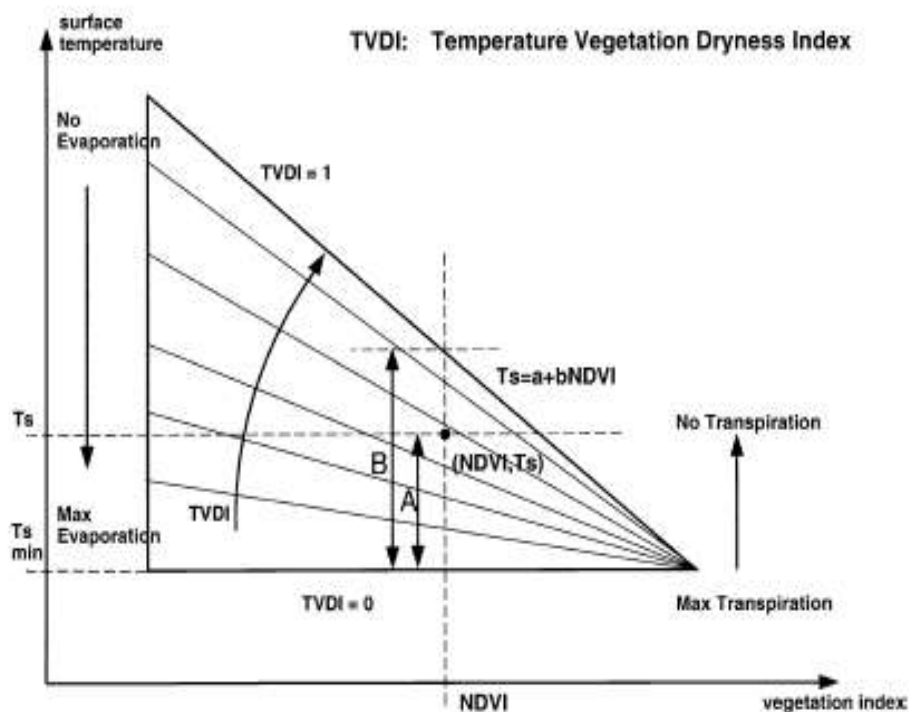
T_s : η επιφανειακή θερμοκρασία που δίνει κάθε pixel στο σχήμα

T_{smin} : η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας

NDVI : ο δείκτης βλάστησης που αντιπροσωπεύει το κάθε pixel στο σχήμα

a και b : συντελεστές που ορίζονται από τη σχέση $T_s = a + b * NDVI$ (2.11) στο σχήμα

(Sandholt et al.,1998)



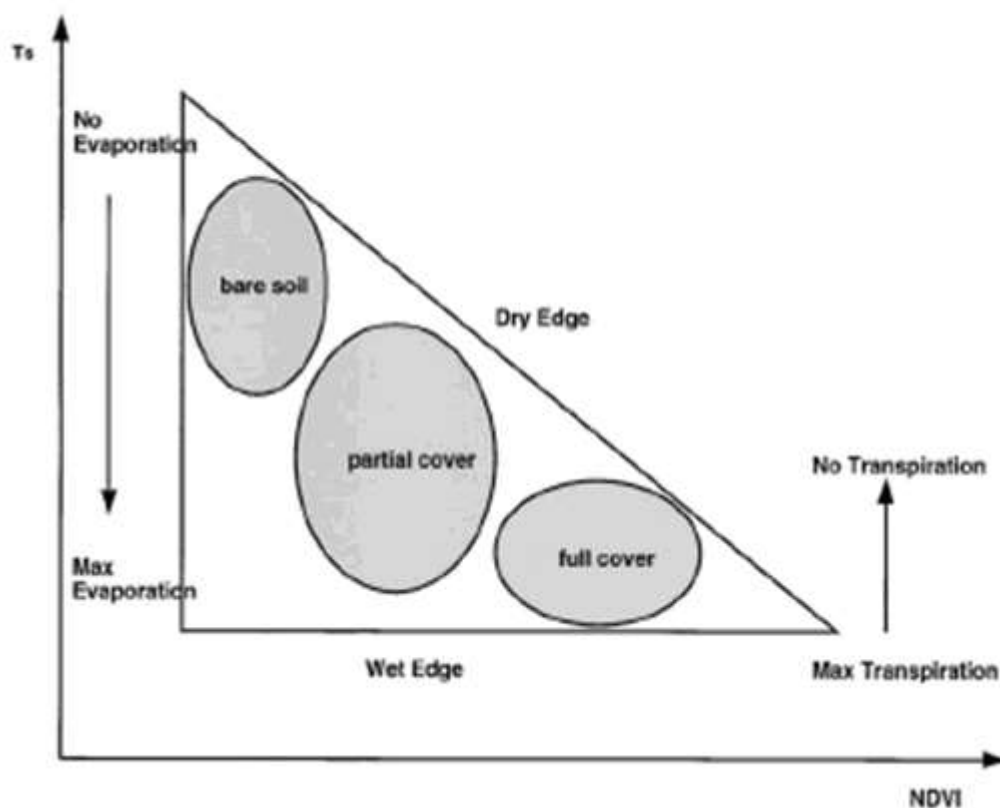
Εικόνα 2.11: Απεικόνιση της σχέσης θερμοκρασίας T_s και του δείκτη βλάστησης NDVI σε άξονα συντεταγμένων με τη μορφή τριγώνου.

Από την ανάλυση της εικόνας 3.1 προκύπτει ότι ο δείκτης TVDI μπορεί να πάρει τιμές κοντά στο 1 όταν η ξηρασία ή η ξηρή περίοδος είναι μεγάλη, δηλαδή όταν η διαθεσιμότητα του νερού είναι περιορισμένη και τιμές κοντά στο 0 όταν η εξάτμιση έχει υψηλές τιμές γεγονός που συμβαίνει σε περίοδο μεγάλων βροχοπτώσεων. Το πάνω όριο

στο σχήμα του τριγώνου περιγράφει την ξηρασία ή την θερμή περίοδο όπου η θερμοκρασία έχει υψηλές τιμές, ενώ το κατώτατο όριο στο σχήμα περιγράφει περίοδο χαμηλής θερμοκρασίας ή υψηλών βροχοπτώσεων.

Στην εικόνα 2.12 περιγράφεται αναλυτικότερα η σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας, T_s , και του δείκτη βλάστησης NDVI όπου προκύπτει ότι, αν η επιφάνεια του εδάφους στην περιοχή μελέτης είναι υγρή η θερμοκρασία, T_s , θα έχει χαμηλή τιμή και επίσης όσο στην επιφάνεια επιδρά το φαινόμενο της ξηρασίας η θερμοκρασία T_s αυξάνεται αναλογικά. Ακόμη από τη μελέτη της εικόνας εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι χαμηλές τιμές του δείκτη βλάστησης NDVI αντιστοιχούν σε επιφάνεια όπου η βλάστηση δεν υπάρχει ή είναι αραιή ενώ αντίθετα προκύπτει ότι σε μια περιοχή όπου η βλάστηση είναι πολύ υψηλή και επομένως οι τιμές του NDVI είναι υψηλές η τιμή του λόγου

$$\frac{T_s}{NDVI} \text{ αυξάνεται.}$$



Εικόνα 2.12: Απεικόνιση της μεταβολής της θερμοκρασίας T_s και του δείκτη βλάστησης NDVI σε συνάρτηση με την κατανομή της βλάστησης.

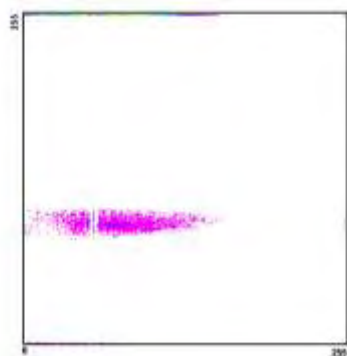
Ακόμη με βάση την παραπάνω εικόνα 2.12, προσεγγιστικά είναι δυνατό να υπολογιστεί η διαθεσιμότητα του νερού σε κάθε pixel ή σε κάθε σημείο του σχήματος, αν οι τιμές της επιφανειακής θερμοκρασίας και της βλάστησης είναι γνωστές.

3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

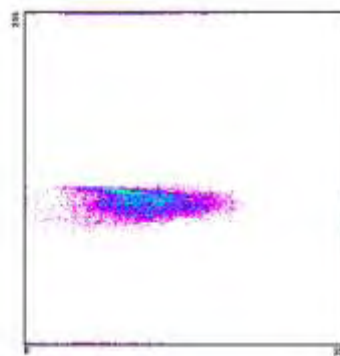
3.1. Εφαρμογή της μεθόδου στην περιοχή μελέτης-εξαγωγή αποτελεσμάτων

Με την εφαρμογή της εντολή <<stack layer>> και της εντολή δημιουργίας μοντέλου <<model maker>> στο λογισμικό πρόγραμμα Erdas Imagine (Erdas Imagine 8.7) για την χρονοσειρά 2001-2005 δημιουργούνται τα διαγράμματα διασποράς (scatterplot). Τα διαγράμματα διασποράς αντιστοιχούν σε κάθε βδομάδα ή μήνα για το χρονικό διάστημα 2001-2005 αλλά και το τελικό-συνολικό διάγραμμα για τα πέντε έτη το οποίο έχει τη μορφή της εικόνας 3.2, όπου στο άξονα x βρίσκεται ο δείκτης βλάστησης NDVI και στον άξονα y περιγράφεται η επιφανειακή θερμοκρασία, Ts. Για την αποτελεσματική εφαρμογή της επιλεχθείσας μεθοδολογίας, το διάγραμμα διασποράς που προέκυψε παίρνει τη μορφή τριγώνου σε άξονα συντεταγμένων όπως απεικονίζονται στις εικόνες 2.11 και 2.12. Αναλυτικότερα για το χρονικό διάστημα των πέντε ετών 2001-2005 που πραγματοποιήθηκε η έρευνα, δημιουργήθηκαν 222 διαγράμματα διασποράς (παράρτημα 1^ο) τα οποία αφορούν στις εβδομαδιαίες εικόνες LST και NDVI και από τα οποία είναι δυνατό να γίνει σύγκριση της μεταβολής της Θερμοκρασίας Ts και του NDVI λόγω των διαφορετικών τους χαρακτηριστικών π.χ. διαφορετικά κλιματικά χαρακτηριστικά για τα πέντε έτη.

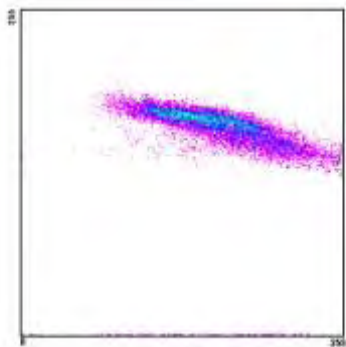
Στην εικόνα 3.1 απεικονίζονται ορισμένα διαγράμματα διασποράς σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, στο χρονικό διάστημα 2001-2005 που διεξήχθη μελέτη, από την σύνθεση των οποίων προέκυψε το συνολικό διάγραμμα διασποράς όπως απεικονίζεται στο σχήμα 4.1.



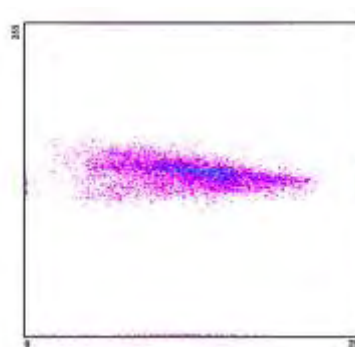
α) Διάγραμμα διασποράς 2001_2_1



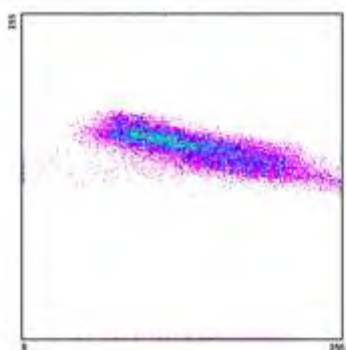
β) Διάγραμμα διασποράς 2002_11_1



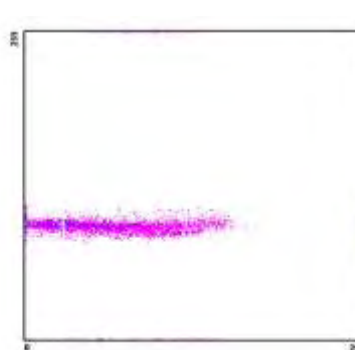
γ) Διάγραμμα διασποράς 2003_7_1



δ) Διάγραμμα διασποράς 2004_4_3



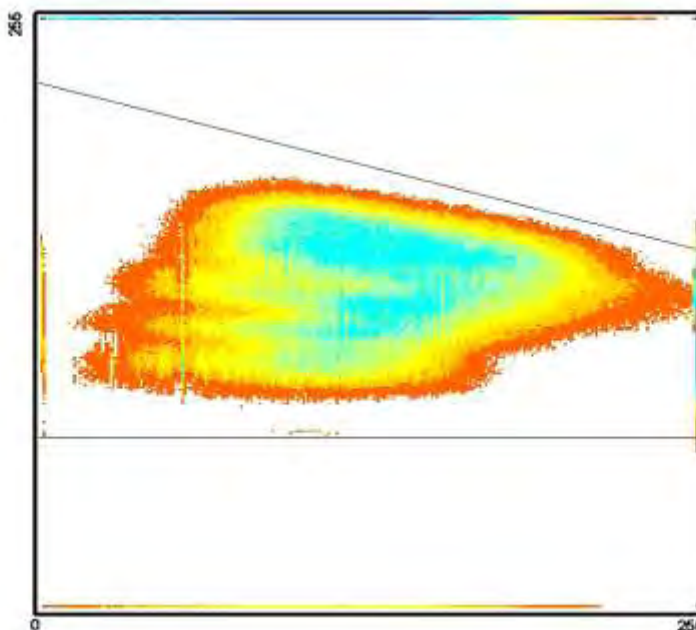
ε) Διάγραμμα διασποράς 2005_5_3



ζ) Διάγραμμα διασποράς 2005_12_2

Σημείωση: 2005_5_3, 2005, 5^{ος} μήνας, 3^η εβδομάδα

Εικόνα 3.1: Διαγράμματα διασποράς σε διαφορετικές χρονικές περιόδους για το 2001-2005.



Εικόνα 3.2: Συνολικό διάγραμμα διασποράς για την περίοδο 2001-2005.

Με τη δημιουργία του διαγράμματος διασποράς σε άξονα συντεταγμένων υπολογίζονται οι τιμές του a και b της εξίσωσης (2.11): $T_s = a + b * NDVI$ αφού είναι γνωστές η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας T_s και του δείκτη βλάστησης $NDVI$. Με βάση λοιπόν την εικόνα 3.2 που προέκυψε και δίνοντας ενδεικτικές τιμές στις μεταβλητές T_s και $NDVI$ η εξίσωση (2.11) παίρνει τη μορφή :

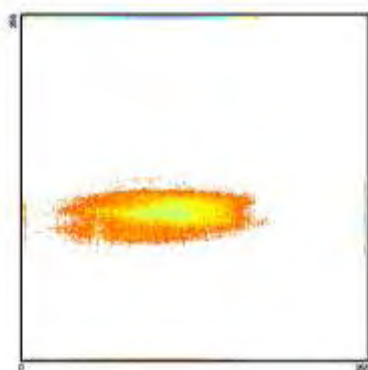
$$T_s = 215 + (-0,2431) * NDVI$$

Όπου $a = 215$ και $b = -0,2431$

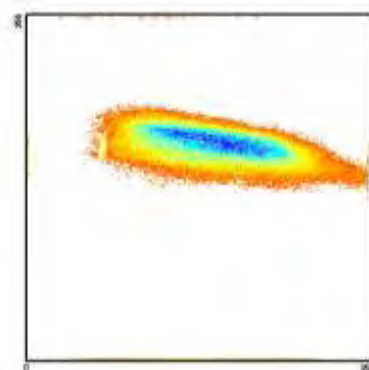
Με βάση τη νέα εξίσωση που προέκυψε η εξίσωση 2.10 μετατρέπεται στην τελική της μορφή ως εξής :

$$TVDI = \frac{T_s - T_{s \min}}{215 + (-0.2431) * NDVI - T_{s \min}} \quad (2.12)$$

Για την δημιουργία του συνολικού διαγράμματος διασποράς, χρησιμοποιήθηκαν τα διαγράμματα διασποράς κάθε εβδομάδας για τα πέντε έτη που διήρκησε η έρευνα, κάθε μήνα που προέκυψαν από την σύνθεση των εβδομαδιαίων διαγραμμάτων διασποράς και κάθε χρονιάς που προέκυψαν από τη σύνθεση των μηνιαίων διαγραμμάτων διασποράς. Στις παρακάτω εικόνες 3.3 και 3.4 απεικονίζονται ενδεικτικά τα διαγράμματα διασποράς για τους μήνες Φεβρουάριο-Ιούλιο, Σεπτέμβριο-Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2001-2005.

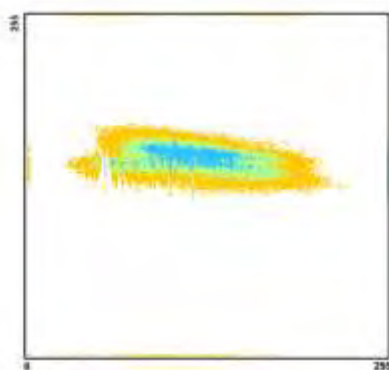


α) Φεβρουάριος 2001-2005

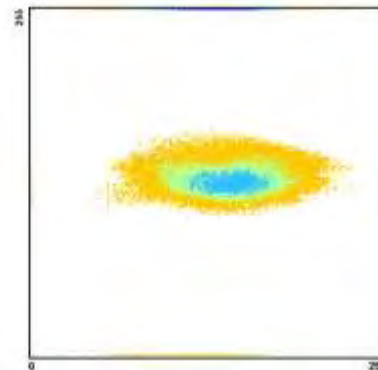


β) Ιούλιος 2001-2005

Εικόνα 3.3: Διαγράμματα διασποράς για τους μήνες Φεβρουάριο και Ιούλιο για το χρονικό διάστημα 2001-2005.



γ) Σεπτέμβριο 2001-2005



δ) Απρίλιος 2001-2005

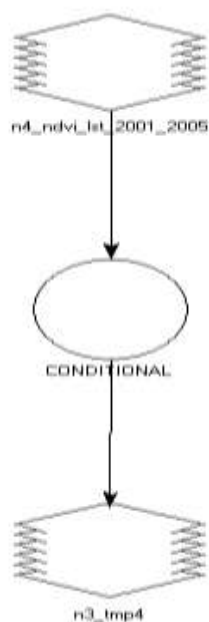
Εικόνα 3.4: Διαγράμματα διασποράς για τους μήνες Σεπτέμβριο και Απρίλιο για το χρονικό διάστημα 2001-2005.

Από την ανάλυση των εικόνων 3.3 και 3.4 και με τη βοήθεια των εικόνων 2.11 και 2.12, εξάγεται το συμπέρασμα ότι για το μήνα Ιούλιο στο διάγραμμα οι τιμές της θερμοκρασίας Ts είναι υψηλότερες σε σχέση με αυτές του Φεβρουαρίου και επομένως το ποσοστό ξηρασίας που λαμβάνει χώρα είναι μεγαλύτερο. Εξάλλου όταν μια επιφάνεια γίνεται ολοένα και περισσότερο ξηρή ή όταν καλύπτεται από αραιή βλάστηση η θερμοκρασία αυξάνεται αναλόγως. Επίσης από τα διαγράμματα είναι εμφανές ότι λόγω του υψηλότερου ποσοστού των βροχοπτώσεων το μήνα Φεβρουάριο σε σχέση με το μήνα Ιούλιο οι τιμές του δείκτη βλάστησης NDVI για τον Φεβρουάριο είναι υψηλότερες και επομένως ο λόγος Ts/NDVI έχει χαμηλές τιμές. Στην εικόνα 3.4 και από τη θέση των εν συγκρίσει διαγραμμάτων είναι εμφανές ότι οι τιμές της θερμοκρασίας Ts για το μήνα Σεπτέμβριο είναι υψηλότερες σε σχέση με το μήνα Απρίλιο ακολουθώντας την εποχιακή διακύμανση της θερμοκρασίας. Τέλος από τη σύγκριση των παραπάνω διαγραμμάτων στους διαφορετικούς κλιματικά μήνες η θέση που κατέχει το διάγραμμα του μήνα Ιουλίου αποδεικνύει ότι το μήνα Ιούλιο οι τιμές της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τους υπόλοιπους μήνες, γεγονός που δικαιολογείται και από την ύπαρξη μικρότερου ποσοστού βλάστησης και των βροχοπτώσεων που έλαβαν χώρα.

3.2. Δημιουργία χαρτών TVDI

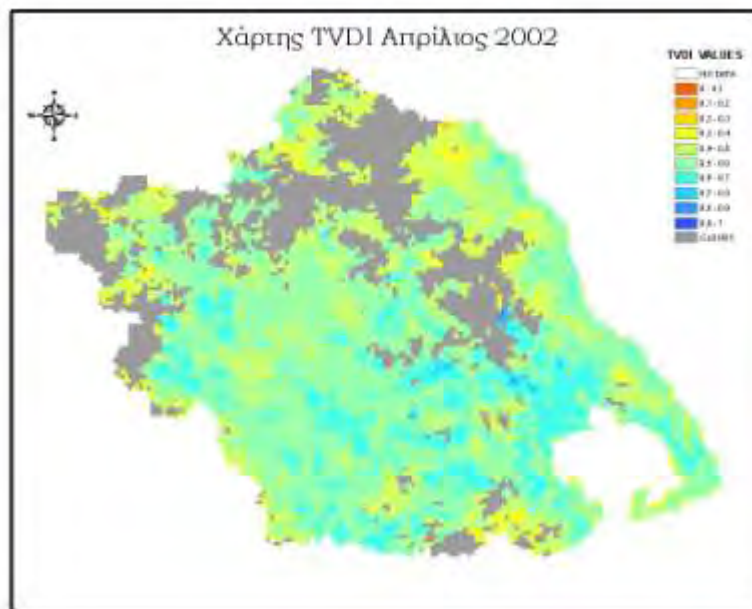
Με εφαρμογή της εντολής δημιουργίας μοντέλου (model maker), (εικόνα 3.5) του προγράμματος Erdas Imagine (Erdas Imagine 8.7) και με τη χρησιμοποίηση της εξίσωσης

(2.12) για τα κοινά ζευγάρια των δορυφορικών εικόνων των NDVI και LST της χρονοσειράς 2001-2005 δημιουργήθηκαν οι χάρτες του δείκτη TVDI (Temperature, Vegetation, Dryness, Index). Με τη δημιουργία των χαρτών TVDI για το γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας είναι εφικτό να περιγραφεί η χωρική κατανομή του δείκτη ξηρασίας σε οποιοδήποτε σημείο της προς μελέτη περιοχής.



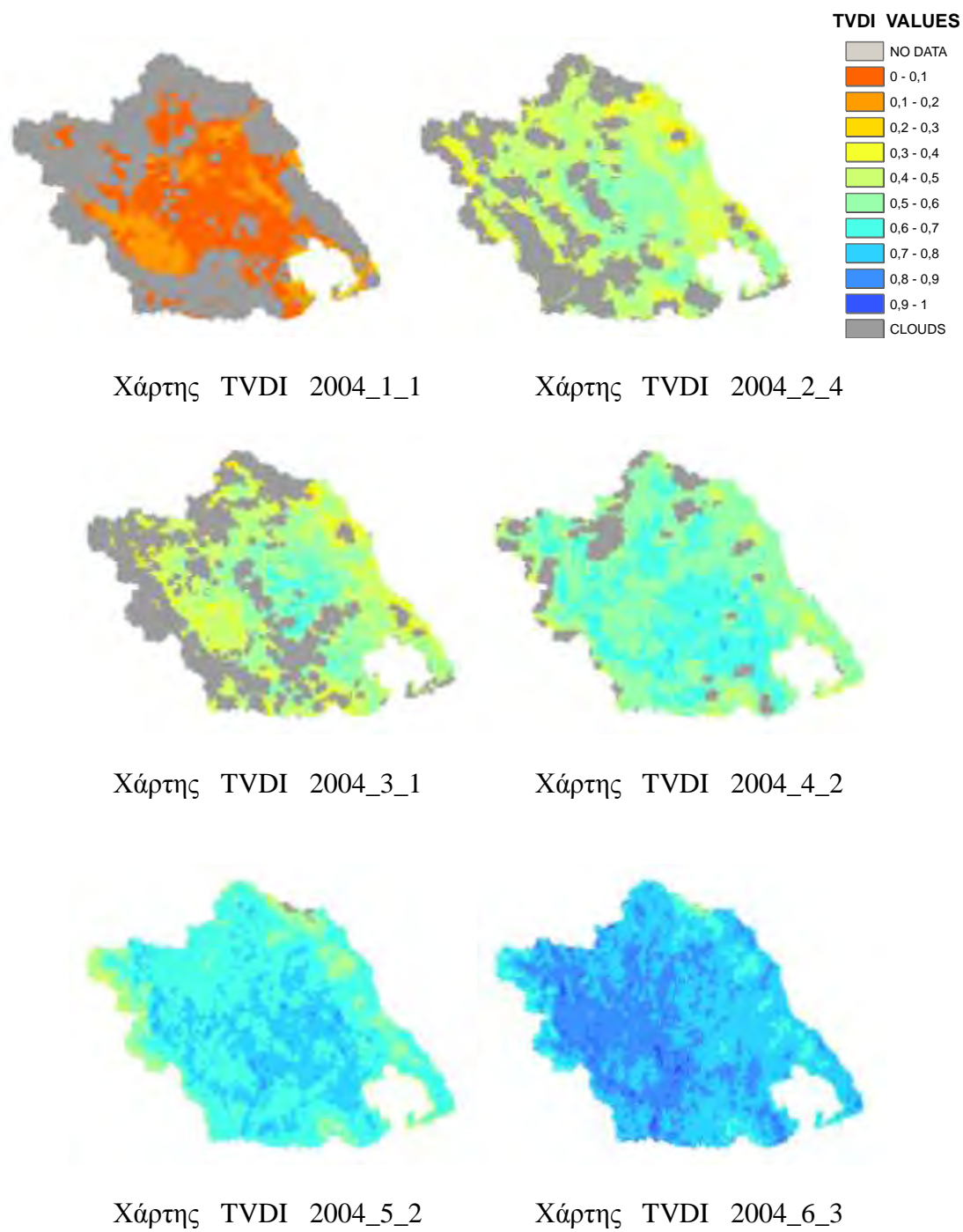
Εικόνα 3.5: Μοντέλο για τη δημιουργία χαρτών TVDI μέσω της εντολής model maker του λογισμικού προγράμματος Erdas Imagine 8.7.

Οι χάρτες του TVDI που προέκυψαν έχουν τη μορφή της εικόνας 3.6 και αφορούν το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας για τη χρονοσειρά 2001-2005 που πραγματοποιήθηκε η μελέτη.

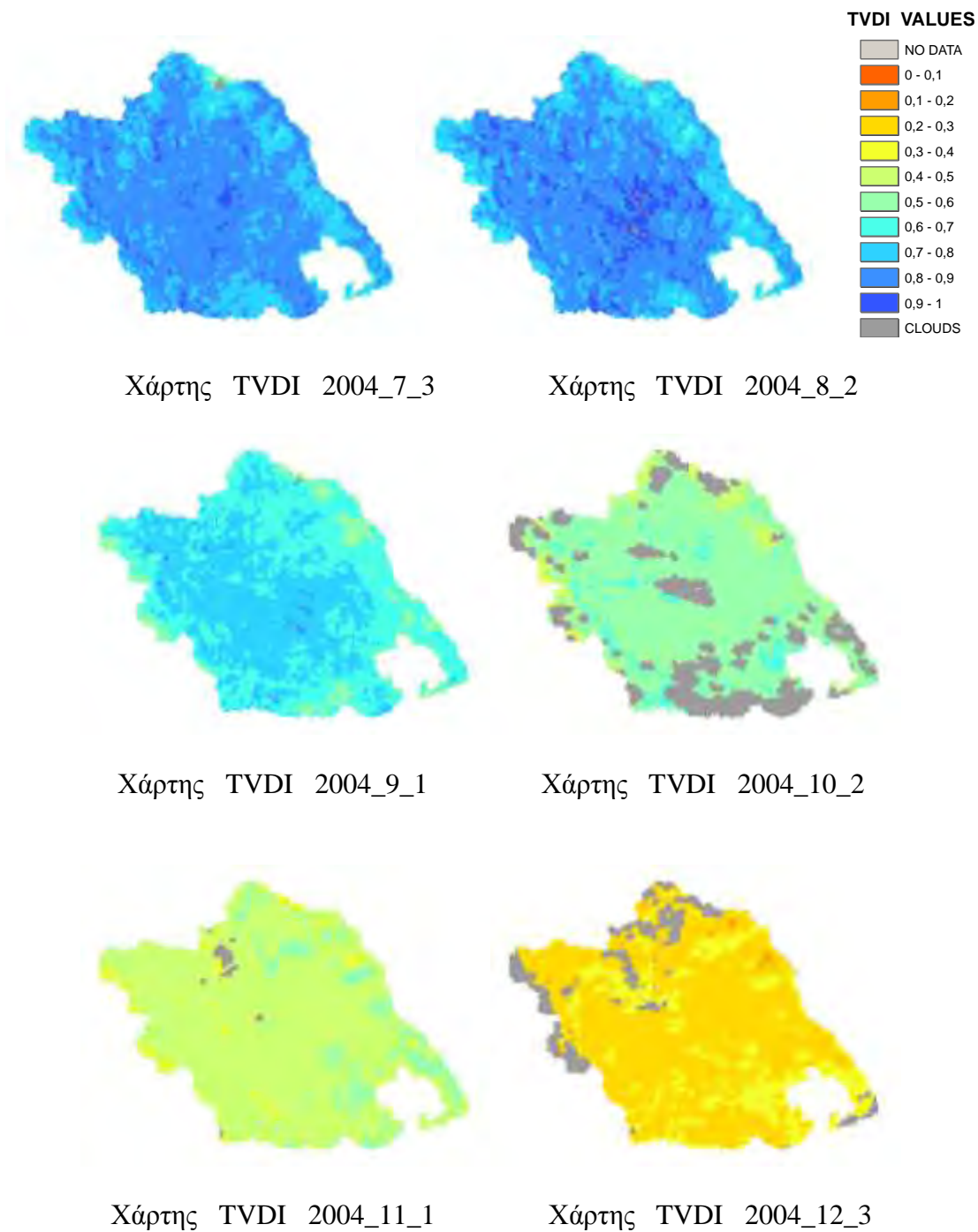


Εικόνα 3.6: Χάρτης του TVDI, την 4η εβδομάδα του Απριλίου του έτους 2002.

Στις εικόνες 3.7 και 3.8 απεικονίζονται ενδεικτικά χάρτες TVDI που προέκυψαν για το έτος 2004. Από τους χάρτες είναι εμφανή η διαφορά στις τιμές του δείκτη TVDI ακολουθώντας την εποχιακή διακύμανση. Με βάση την κατανομή των τιμών από την ένδειξη του TVDI Value υψηλότερες τιμές εμφανίζει ο δείκτης TVDI το μήνα Αύγουστο όπου και οι θερμοκρασίες στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας έχουν επίσης υψηλές τιμές. Γενικότερα για την περιοχή της Θεσσαλίας κατά τους θερινούς μήνες η θερμοκρασία ακολουθεί ανοδική πορεία και αποκτά τη μέγιστη τιμή της και κατά συνέπεια και ο δείκτης TVDI. Εξάλλου στους θερινούς μήνες η έλλειψη των βροχοπτώσεων και οι αρκετά μεγάλες περιόδους ξηρασίας δεν επιτρέπουν μεγάλη ανάπτυξη στη βλάστηση και επομένως ο δείκτης βλάστησης NDVI δεν έχει μεγάλες τιμές.



Εικόνα 3.7: Χάρτες TVDI για τους μήνες Ιανουάριο έως Ιούνιο της περιόδου 2004.



Εικόνα 3.8: Χάρτες TVDI για τους μήνες Ιούλιο έως Δεκέμβριο της περιόδου 2004.

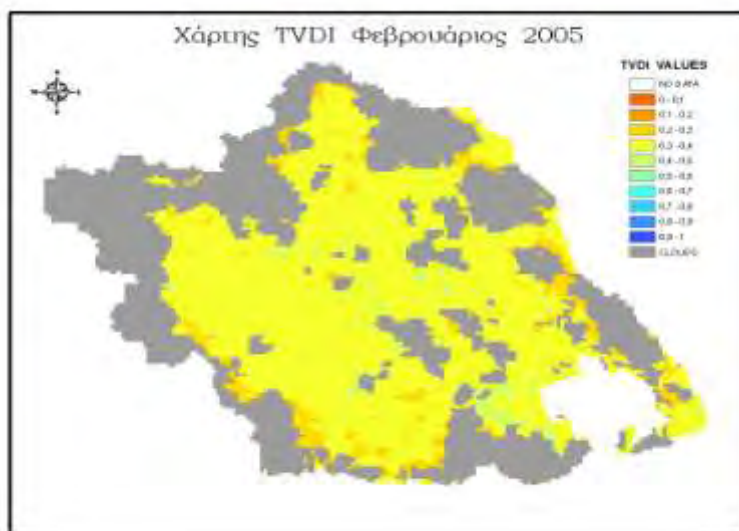
Από την ανάλυση του χάρτη για το μήνα Ιανουάριο (χάρτης TVDI_1_1/1ⁿ εβδομάδα του Ιανουαρίου) οι τιμές που δέχεται ο δείκτης TVDI κυμαίνονται στα χαμηλότερα επίπεδα με βάση την ένδειξη του TVDI Value. Στη διάρκεια του Ιανουαρίου στην περιοχή της Θεσσαλίας η θερμοκρασία έχει χαμηλές τιμές, ενώ η βλάστηση λόγω των συχνών βροχοπτώσεων που λαμβάνουν χώρα κατά τη χειμερινή περίοδο κατέχει υψηλά επίπεδα ανάπτυξης. Με βάση τα παραπάνω και με βάση το γεγονός ότι η διακύμανση των τιμών του δείκτη TVDI είναι ανάλογη με αυτή του λόγου $\frac{T}{NDVI}$ για το μήνα Ιανουάριο οι τιμές του δείκτη TVDI διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα. Ανάλογη συμπεριφορά παρουσιάζει ο δείκτης TVDI το μήνα Δεκέμβριο με τη διαφορά ότι οι τιμές του δείκτη TVDI είναι ελάχιστα υψηλότερες κυρίως λόγω της μικρής ανόδου της θερμοκρασίας στην περιοχή. Για τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο, οι τιμές του δείκτη TVDI είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο και παρουσιάζουν μια μικρή αύξηση στη περιοχή του κέντρου του γεωγραφικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας όπου η περιοχή είναι πεδινή ή ημιορεινή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι πεδινές και οι ημιορεινές περιοχές λόγω του χαμηλού υψόμετρου έχουν υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τις ορεινές περιοχές. Επίσης είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι επειδή η περιοχή της Θεσσαλίας είναι κατά κύριο λόγο αγροτική περιοχή με τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις να καταλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό, στην περίπτωση όπου μια βροχοπτώση θα λάβει χώρα, η εξάτμιση θα καταλάβει μεγάλα ποσοστά και επομένως με βάση την εικόνα 2.11 ο δείκτης TVDI θα παρουσιάσει μικρή πτώση. Όσο αφορά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο είναι εμφανές ότι ο δείκτης TVDI παρουσιάζει ανοδική πορεία στις τιμές του και δέχεται τη

μέγιστη τιμή το μήνα Αύγουστο κυρίως στις πεδινές περιοχές της Θεσσαλίας. Επίσης από τη μελέτη των χαρτών για τους καλοκαιρινούς μήνες διαφαίνεται ότι στις ορεινές περιοχές της Θεσσαλίας ο δείκτης TVDI έχει ελάχιστα χαμηλότερες τιμές από ότι στις περιοχές της κεντρικής Θεσσαλίας. Η διαφορά στις τιμές του δείκτη TVDI οφείλεται στην ύπαρξη της πυκνής βλάστησης στις ορεινές περιοχές, όπου λόγω της ύπαρξης της υγρασίας που δημιουργείται από αυτή, έχει σαν συνέπεια τη δημιουργία μικροκλίματος στις περιοχές με δασοκάλυψη, με αποτέλεσμα η τιμή της θερμοκρασίας να παρουσιάζει μικρή πτώση. Τέλος τους μήνες Σεπτέμβριο, Οκτώβριο και Νοέμβριο ο δείκτης TVDI δέχεται ολοένα και χαμηλότερες τιμές συμβαδίζοντας με την εποχιακή διακύμανση της θερμοκρασίας.

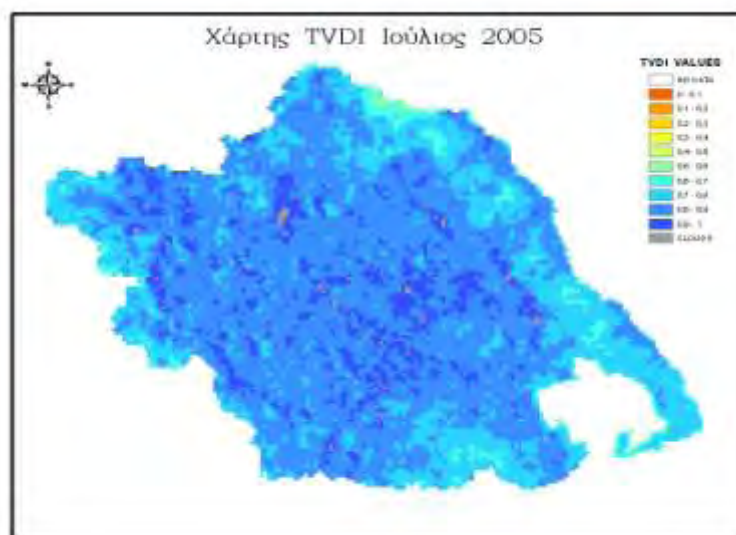
Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι η διακύμανση των τιμών του δείκτη TVDI στους χάρτες των εικόνων 3.6 και 3.8 συμβαδίζει με αυτή των διαγραμμάτων διασποράς των εικόνων 3.3 και 3.4. Άλλωστε στα διαγράμματα διασποράς αυτό που περιγράφεται είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας T_s σε σχέση με το δείκτη βλάστησης NDVI, δηλαδή η

μεταβολή του λόγου $\frac{T_s}{NDVI}$, ο οποίος μεταβάλλει ανάλογα και το δείκτη TVDI.

Για να γίνει πιο κατανοητή η εποχιακή διακύμανση των τιμών του δείκτη TVDI στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας θα αναλυθούν οι χάρτες TVDI που αφορούν δύο ακραίες κλιματολογικές περιόδους. Στις εικόνες 3.9 και 3.10 απεικονίζονται οι χάρτες TVDI που αφορούν τους μήνες Φεβρουάριο και Ιούλιο για το έτος 2005 αντίστοιχα.



Εικόνα 3.9: Χάρτης TVDI για το μήνα Φεβρουάριο του έτους 2005.



Εικόνα 3.10: Χάρτης TVDI για το μήνα Ιούλιο του έτους 2005.

Από την ανάλυση της εικόνας 3.9 που αφορά το χάρτη TVDI του μήνα Φεβρουάριο και με βάση το υπόμνημα των τιμών εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι τιμές του δείκτη TVDI για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είναι χαμηλότερες εν συγκρίσει με τις τιμές του

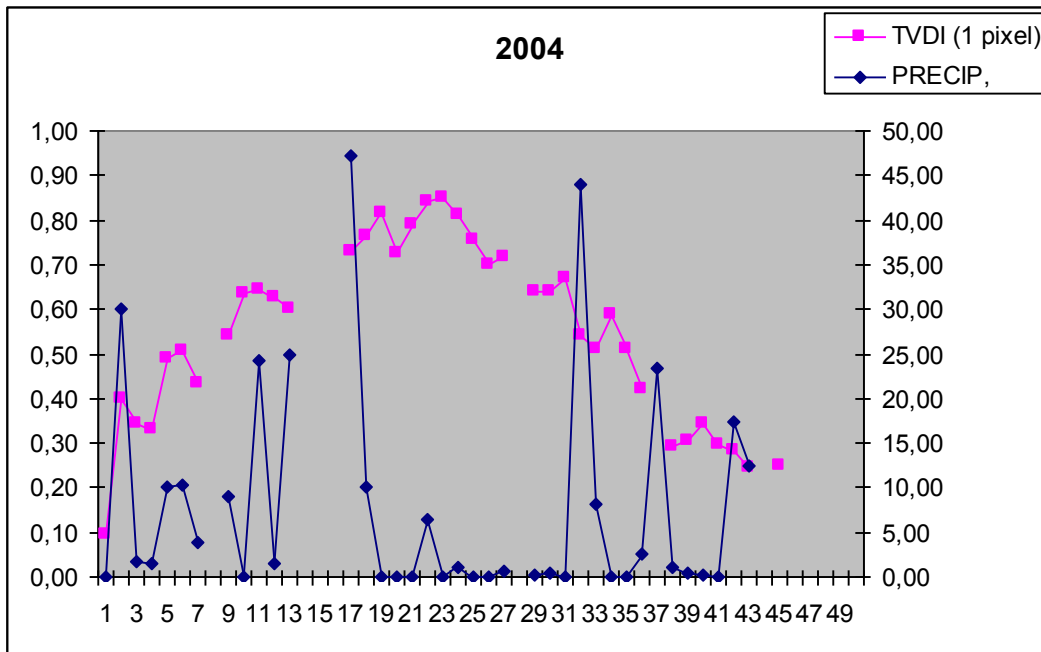
δείκτη TVDI για το μήνα Ιούλιο. Επίσης από την εικόνα 3.9 είναι εμφανές η ύπαρξη σύννεφων κυρίως στις ορεινές περιοχές της Θεσσαλίας και η μικρή πτώση των τιμών του δείκτη TVDI στις εν λόγω περιοχές. Είναι γνωστό ότι ο μήνας Φεβρουάριος με τη θερμοκρασία την περίοδο αυτή να αποκτά τιμές πολύ χαμηλές όπου σε πολλές ορεινές περιοχές της Θεσσαλίας φθάνει κάτω του μηδενός. Στις ορεινές περιοχές π.χ. Πήλιο η βλάστηση είναι έντονη, με την ύπαρξη πυκνών συστάδων από κωνοφόρα δέντρα, με συνέπεια ο δείκτης βλάστησης NDVI να δέχεται υψηλές τιμές μεταβάλλοντας αντίστροφα το δείκτη TVDI. Το φαινόμενο αυτό με τις εναλλαγές των τιμών του NDVI και επομένως και του TVDI γίνεται ολοένα και πιο έντονο από τις πεδινές προς τις ορεινές περιοχές. Ακόμη οι βροχοπτώσεις κατά τη χειμερινή περίοδο είναι πιο έντονες από ότι τους θερινούς μήνες με αποτέλεσμα ο δείκτης TVDI να δέχεται χαμηλές τιμές. Αυτό αποδεικνύεται από την ανάλυση της εικόνας 2.12 όπου προκύπτει ότι, όταν μια επιφάνεια γίνεται ολοένα και περισσότερο υγρή η θερμοκρασία θα μικραίνει. Επίσης πρέπει να τονισθεί το γεγονός ότι σε υψηλές τιμές του δείκτη βλάστησης, η αλλαγή της θερμοκρασίας δεν είναι αξιοσημείωτη λόγω της ικανότητας της βλάστησης να ρυθμίζει τις αποθέσεις του νερού.

Στην εικόνα 3.10 όπου περιγράφεται στο χάρτη του TVDI ο μήνας Ιούλιος, οι τιμές του δείκτη TVDI είναι πολύ υψηλές και σχεδόν πλησιάζουν το μέγιστο. Το φαινόμενο αυτό έγκειται στο γεγονός ότι η θερμοκρασία το μήνα Ιούλιο παίρνει μέγιστες τιμές και πολλές φορές τις υψηλότερες στη διάρκεια του έτους. Ακόμη λόγω της έλλειψης των βροχοπτώσεων ο δείκτης NDVI δεν αποκτά μεγάλες τιμές μεταβάλλοντας αντιστρόφως ανάλογα και το δείκτη TVDI. Στο χάρτη του Ιουλίου είναι εμφανές ότι ο δείκτης TVDI φθάνει στις μέγιστες τιμές του κυρίως στις πεδινές και στις ημιορεινές περιοχές και όχι στις ορεινές και στα όρια τους λόγω της διαφοράς της θερμοκρασίας που μεταβάλλεται

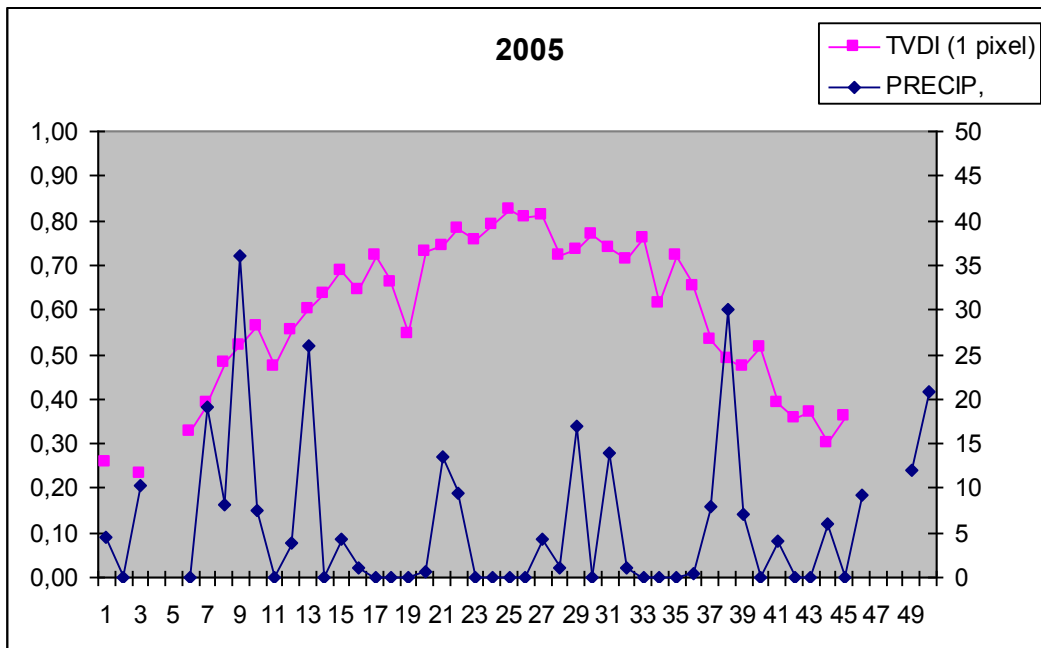
αντίστροφα με τη διαφορά του υψόμετρου. Όπως προαναφέρθηκε παρόλο που στις ορεινές περιοχές η βλάστηση είναι πιο έντονη, λόγω της έλλειψης συχνών βροχοπτώσεων τους καλοκαιρινούς μήνες δεν επηρεάζεται άμεσα ο δείκτης βλάστησης NDVI, εξάλλου με βάση την εικόνα 2.12 για περιοχές που η βλάστηση είναι αραιή ή δεν υπάρχει, η θερμοκρασία αυξάνεται σημαντικά και επομένως και ο δείκτης TVDI.

Για την αποτελεσματικότερη προσέγγιση της μεθοδολογίας του δείκτη TVDI επιλέχθηκαν τρεις περιοχές, περιοχή Λάρισας, Συκουρίου και Πηλίου στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας με διαφορετική γεωμορφολογία και βλάστηση, με σκοπό να γίνει η σύγκριση του δείκτη TVDI σε σχέση με την κατανομή των βροχοπτώσεων που έλαβαν χώρα στις περιοχές αυτές. Τα διαγράμματα που προέκυψαν περιγράφονται στις εικόνες (3.11-3.16) και αφορούν τα έτη 2004 και 2005.

Για την πρώτη επιλεγθείσα περιοχή που βρίσκεται γεωγραφικά στην περιοχή της Λάρισας τα διαγράμματα που προέκυψαν από την απεικόνιση των τιμών του TVDI και της βροχόπτωσης για το έτος 2004 και 2005 απεικονίζεται στις εικόνες 3.11 και 3.12 αντίστοιχα (Δήμος 2005).



Εικόνα 3.11: Απεικόνιση τιμών του δείκτη TVDI και της βροχόπτωσης για το έτος 2004 (περιοχή Λάρισας).

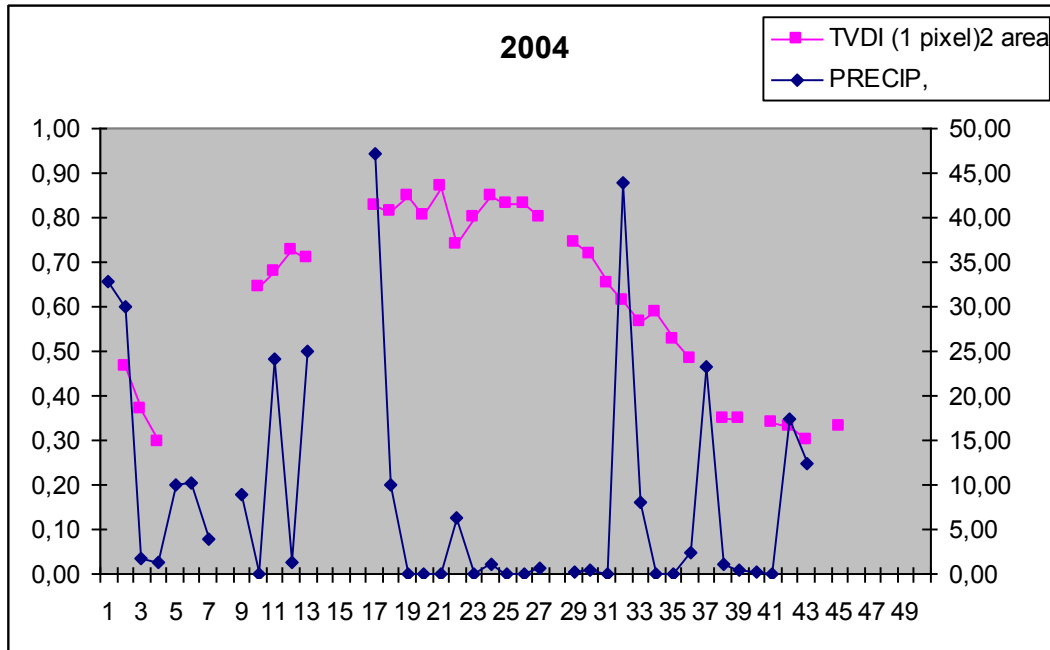


Εικόνα 3.12: Απεικόνιση τιμών του δείκτη TVDI και της βροχόπτωσης για το έτος 2005 (περιοχή Λάρισας).

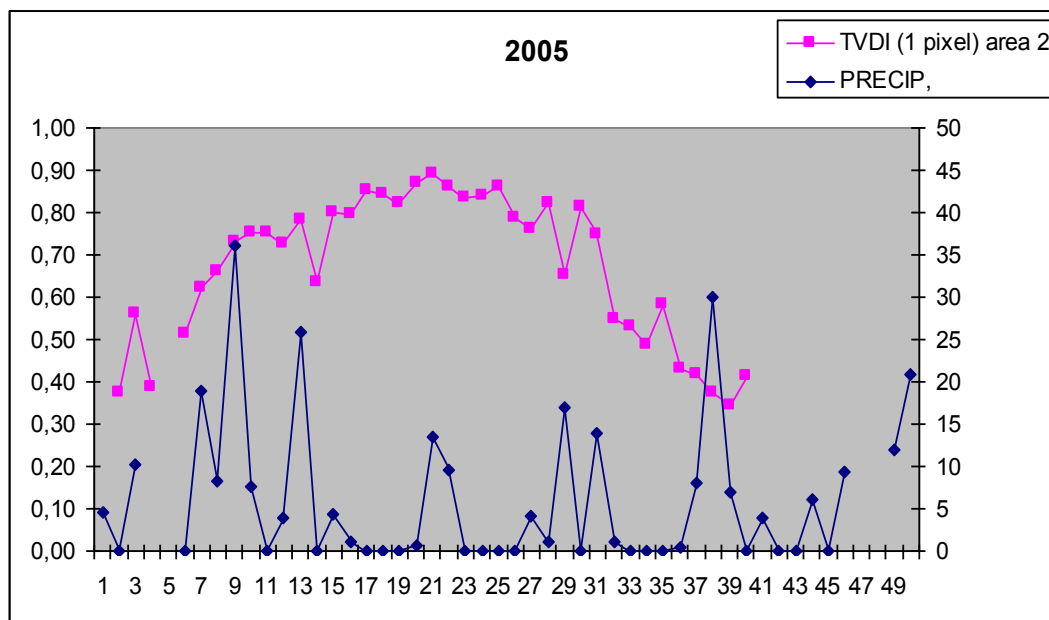
Από την ανάλυση της εικόνας 3.11 εξάγεται το συμπέρασμα ότι για το μήνα Ιανουάριο το ύψος της βροχόπτωσης αυξάνεται σταδιακά μέχρι τα μέσα της περιόδου όπου στη συνέχεια μειώνεται κοντά στη τιμή 0. Στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ο TVDI αυξάνεται αρχικά και έπειτα διατηρεί μια σχεδόν σταθερή τιμή έως και τις αρχές του μήνα Φεβρουαρίου. Το γεγονός αυτό δικαιολογείται από την μείωση της θερμοκρασίας το μήνα Φεβρουάριο αλλά και την αναπτυγμένη για την εποχή βλάστηση (ύπαρξη πυκνών καλλιεργειών) οπότε ο δείκτης TVDI αποκτά μια σχεδόν σταθερή τιμή και επομένως ο λόγος $\frac{T}{NDVI}$ παρουσιάζει μικρή μεταβολή. Ακόμη τους μήνες Μάιο και Ιούνιο αλλά και Ιούλιο όπου η θερμοκρασία αποκτά υψηλές τιμές, οι τιμές του δείκτη TVDI έχουν ανάλογη διακύμανση, σε αντίθεση με το μήνα Σεπτέμβριο όπου οι τιμές του δείκτη TVDI είναι αρκετά χαμηλές λόγω της ύπαρξης της βροχόπτωσης. Οι υψηλές τιμές που παρουσιάζει ο δείκτης TVDI τους θερινούς μήνες δικαιολογούνται από το γεγονός ότι η θερμοκρασία αυξάνεται συνεχώς, ενώ η βλάστηση είναι αραιή ($\frac{T}{NDVI}$ ↑). Ακόμη λόγω της ύπαρξης σύννεφων στην περιοχή για το χρονικό διάστημα από τα μέσα του Απρίλη έως και τις αρχές του Μαΐου δεν υπάρχουν τιμές για το TVDI και τη βροχόπτωση. Τέλος από το σχήμα 4.2 είναι εμφανές ότι τους μήνες Αύγουστο και Μάιο παρατηρούνται οι μέγιστες τιμές της βροχόπτωσης για το έτος 2004 καθώς και ο TVDI έχει τιμή ανάλογη της διακύμανσης της θερμοκρασίας στην περιοχή.

Η διακύμανση των τιμών του TVDI και της βροχόπτωσης για το έτος 2005 όπως περιγράφεται στην εικόνα 3.12 είναι παρόμοια με το έτος 2004 με εξαίρεση τις τιμές της βροχόπτωσης όπου δε φτάνουν τις τιμές του Μαΐου και του Αυγούστου του έτους 2004.

Στις εικόνες 3.13 και 3.14 περιγράφεται η σχέση των τιμών του δείκτη TVDI και της βροχόπτωσης για μια ημιορεινή περιοχή της Θεσσαλίας όπως αυτή επιλέχθηκε (Συκούριο-area 2) για τα έτη 2004 και 2005 αντίστοιχα.



Εικόνα 3.13: Απεικόνιση τιμών του δείκτη TVDI και της βροχόπτωσης για το έτος 2004 (περιοχή Συκουρίου).



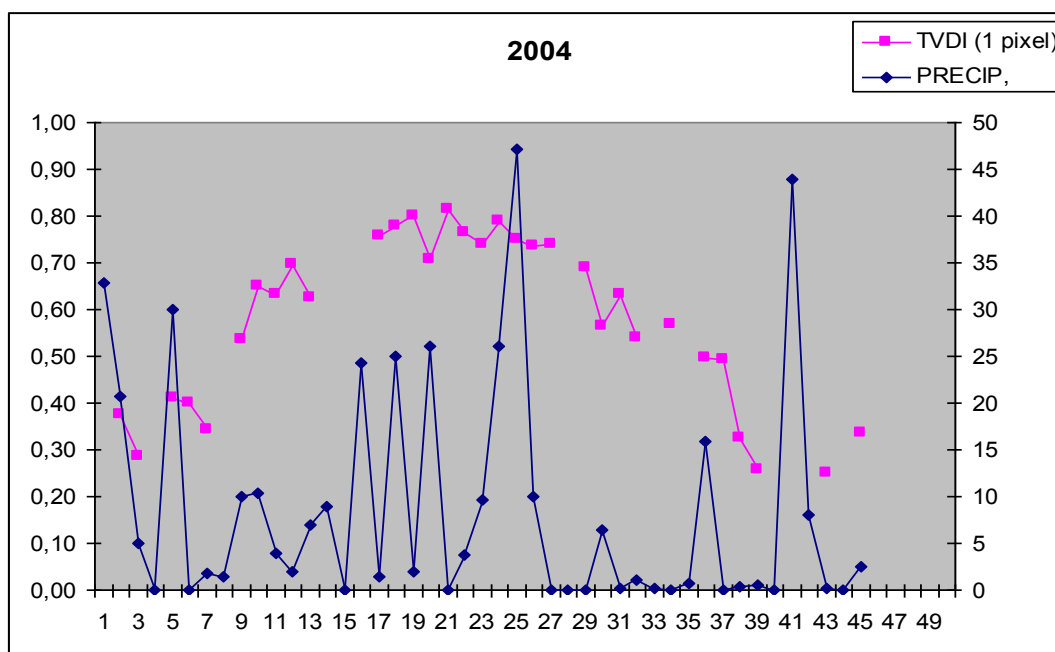
Εικόνα 3.14: Απεικόνιση τιμών του δείκτη TVDI και της βροχόπτωσης για το έτος 2005 (περιοχή Συκουρίου).

Από την ανάλυση της εικόνας 3.13 προκύπτει ότι ενώ στις αρχές του μήνα Ιανουαρίου η βροχόπτωση έχει αρκετά υψηλή τιμή σε σχέση με το μήνα Μάιο και Αύγουστο, μειώνεται σταδιακά και το μήνα Φεβρουάριο φθάνει σχεδόν κοντά στη τιμή 0. Επίσης στο χρονικό διάστημα αυτό ο TVDI μειώνεται ελάχιστα μέχρι τις αρχές του μήνα Φεβρουαρίου. Η μικρή μεταβολή στο TVDI οφείλεται στο γεγονός ότι επειδή γεωμορφολογικά η περιοχή χαρακτηρίζεται ως ημιορεινή, η μείωση της βροχόπτωσης συνεπάγεται και μείωση της εξάτμισης αλλά με μικρή μείωση της θερμοκρασίας. Το μήνα Φεβρουάριο ο δείκτης TVDI δεν έχει τιμές λόγω της ύπαρξης σύννεφων στην περιοχή, ενώ για το μήνα Οκτώβριο ο TVDI έχει σταθερή τιμή, ενώ η τιμή της βροχόπτωσης πλησιάζει τη τιμή 0. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι λόγω της ύπαρξης μερικής βλάστησης η

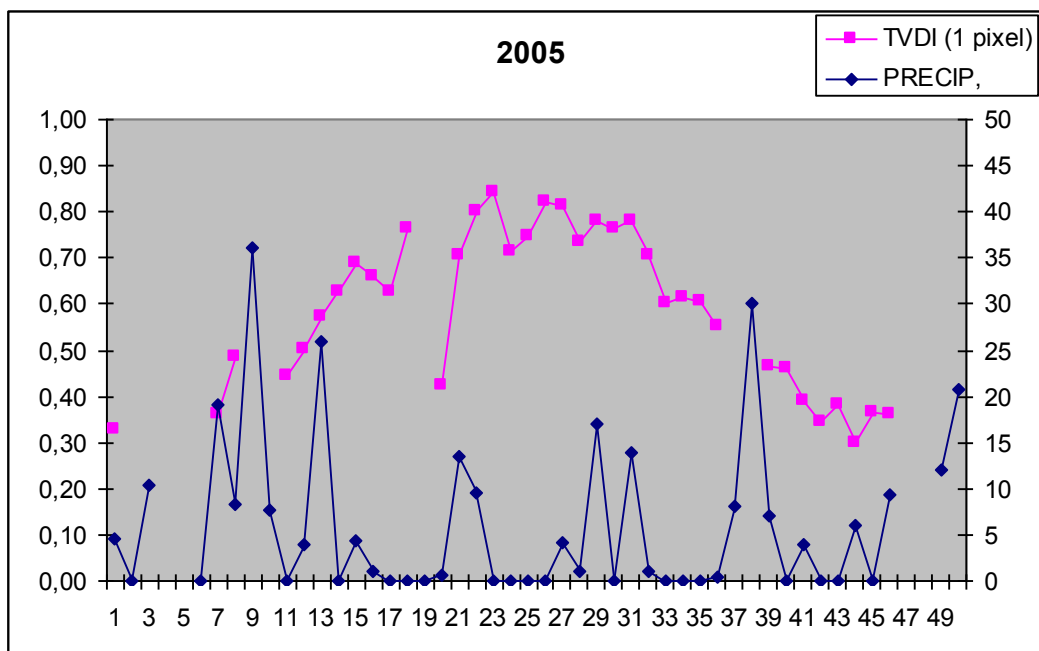
εξάτμιση όπως και η βροχόπτωση δεν είναι μεγάλη ώστε να προκαλέσει σημαντική μεταβολή και στο δείκτη TVDI.

Όσο αφορά την εικόνα 3.14 η βροχόπτωση διαφέρει τους μήνες Μάιο και Αύγουστο χωρίς όμως να επηρεάζει ιδιαίτερα τις τιμές του δείκτη TVDI για το λόγο ότι ενώ η βροχόπτωση έχει χαμηλότερες τιμές η θερμοκρασία που επικρατεί στην περιοχή συμβάλλει στο να διατηρεί τις τιμές του δείκτη σχεδόν σταθερές. Επίσης τους μήνες Σεπτέμβριο, Οκτώβριο και Νοέμβριο ο TVDI παρουσιάζει συνεχή πτώση όπως και το 2004 κυρίως λόγω της πτώσης της θερμοκρασίας.

Τέλος στις εικόνες 3.15 και 3.16 περιγράφονται οι τιμές του δείκτη TVDI και της βροχόπτωσης για την περιοχή του Πηλίου για τα έτη 2004 και 2005.



Εικόνα 3.15: Απεικόνιση τιμών του δείκτη TVDI και της βροχόπτωσης για το έτος 2004 (περιοχή Πηλίου).



Εικόνα 3.16: Απεικόνιση τιμών του δείκτη TVDI και της βροχόπτωσης για το έτος 2005 (περιοχή Πηλίου).

Σύμφωνα με την εικόνα 3.15 στην περιοχή του Πηλίου για το έτος 2004 οι βροχοπτώσεις ήταν σημαντικές για τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Απρίλιο έως Ιούνιο και Νοέμβριο. Άλλωστε η περιοχή του Πηλίου γεωμορφολογικά χαρακτηρίζεται ως ορεινή περιοχή με μεγάλο υψόμετρο όπου οι βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια του έτους είναι έντονες και με τη θερμοκρασία τους χειμερινούς μήνες να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με μια πεδινή ή ημιπεδινή περιοχή της Θεσσαλίας. Από το σχήμα είναι εμφανές ότι ο TVDI για ορισμένους μήνες π.χ. Μάιο δεν έχει τιμές γεγονός που δικαιολογείται από την ύπαρξη νεφών στην περιοχή. Στα μέσα του μήνα Φεβρουαρίου ενώ η βροχόπτωση παρουσιάζεται να είναι υψηλή, ο δείκτης TVDI διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με τη διακύμανση του στη διάρκεια του έτους. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι ενώ η

θερμοκρασία το μήνα Φεβρουάριο στην περιοχή είναι χαμηλή λόγω μεγάλου υψομέτρου, η βλάστηση είναι μεγάλη λόγω της κάλυψης της περιοχής από κωνοφόρα κυρίως δέντρα, τα οποία διατηρούν τα επίπεδα της υγρασίας υψηλά και επομένως ο δείκτης NDVI δέχεται υψηλές τιμές. Επίσης από τα τέλη του μήνα Μαΐου έως τον Ιούνιο ενώ η τιμή της βροχόπτωσης αυξάνεται ο TVDI μειώνεται, δηλαδή ακολουθεί αντίθετη πορεία διακύμανσης. Άλλωστε σύμφωνα με την ανάλυση του σχήματος 2.12 όσο η επιφάνεια γίνεται υγρή η θερμοκρασία T_s μικραίνει με συνέπεια και ο δείκτης TVDI να παρουσιάζει μείωση.

Για το έτος 2005 με βάση την εικόνα 3.16 η διακύμανση των τιμών είναι σχεδόν ανάλογη του έτους 2004. Εξαίρεση αποτελεί το γεγονός ότι οι βροχοπτώσεις δεν είναι ανάλογες του μήνα Μαΐου, Ιουνίου, Ιουλίου και Νοεμβρίου όπως το έτος 2004. Χαρακτηριστικό σημείο αναφοράς αποτελεί ο δείκτης TVDI το μήνα Μάιο όπου παρουσιάζει σημαντική άνοδο σε αντίθεση με την τιμή της βροχόπτωσης για το λόγω ότι εφόσον ο δείκτης NDVI έχει μεγάλες τιμές λόγω της πυκνής βλάστησης που επικρατεί στην περιοχή και εφόσον η βροχόπτωση είναι μικρή ο δείκτης TVDI αυξάνεται απότομα λόγω της σημαντικής ανόδου της θερμοκρασίας για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και

επομένως ο λόγος ($\frac{T}{NDVI}$ ↑) αυξάνεται.

3.3. Σύγκριση του δείκτη TVDI με το δείκτη ξηρότητας Aridity (Aridity Index)

Για την σύγκριση και την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων που διεξήχθησαν από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας με τη χρήση

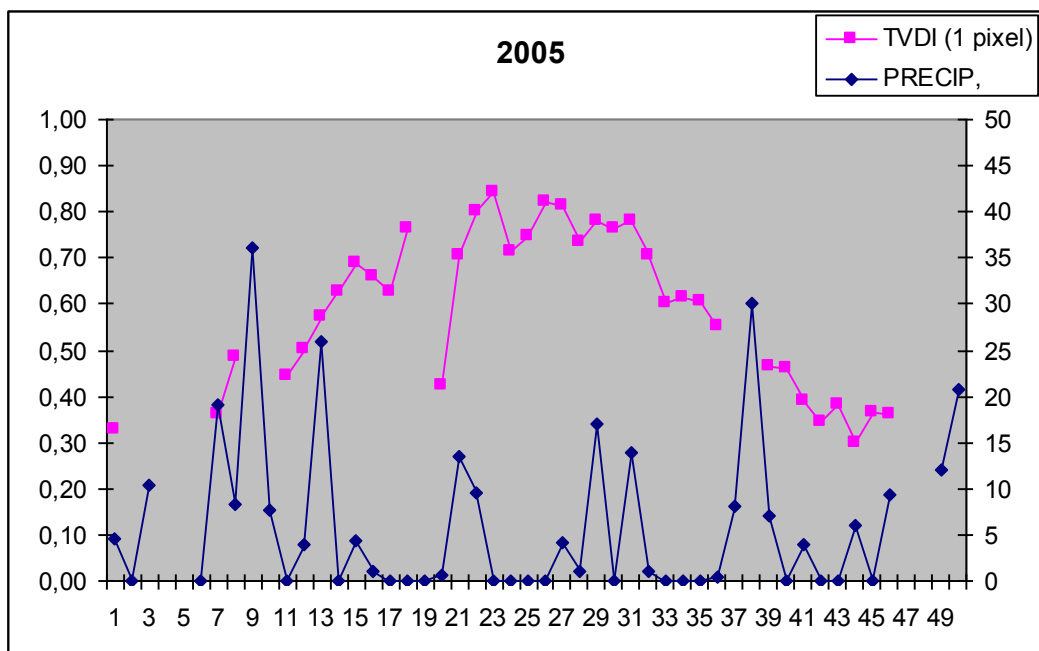
του δείκτη TVDI, θα γίνει χρήση του δείκτη Aridity (Aridity Index), ο οποίος θα εφαρμοστεί ενδεικτικά για την περιοχή της Λάρισας για το έτος 2004.

Ο δείκτης Aridity (Aridity Index - AI), είναι σύμφωνα με την ταξινόμηση της UNESCO (1979) ένας δείκτης ξηρότητας με τον οποίο υπολογίζεται η κλιματική ξηρότητα σε μια περιοχή. Υπολογίζεται από το πηλίκο του μέσου ετήσιου ύψους βροχής προς το μέσο ετήσιο ύψος δυνητικής εξατμισοδιαπνοής όπως περιγράφεται στην εξίσωση 3.1.:

$$AI = \frac{P}{PET} \quad (3.1)$$

Όπου P το μέσο ετήσιο ύψος βροχής και PET το μέσο ετήσιο ύψος της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής. Σε περίπτωση που το χρονικό βήμα εξέτασης είναι μικρότερο του έτους, π.χ. μηνιαίο, γίνεται χρήση της μηνιαίας βροχόπτωσης και της μέσης μηνιαίας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής. Με βάση το δείκτη Aridity μια περιοχή χαρακτηρίζεται ως υπερβολικά ξηρή, ξηρή, ημίξηρη, ύφυγη ή υγρή. Ο δείκτης AI υπολογίζεται σχετικά εύκολα και αποτελεί ικανοποιητική λύση για την εκτίμηση του φαινομένου της ξηρασίας, αφού δε χρειάζεται πληθώρα δεδομένων παρά μόνο δύο βασικούς υδρολογικούς παράγοντες, τη βροχόπτωση και τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή.

Στο σχήμα 4.9 απεικονίζονται οι τιμές του δείκτη TVDI και του δείκτη AI όπως υπολογίστηκαν για την περιοχή της Λάρισας για το έτος 2004.



Εικόνα 3.17: Απεικόνιση τιμών του δείκτη TVDI και του δείκτη Aridity για το έτος 2004.

Ο δείκτης Aridity index (AI) όπως φαίνεται από την εικόνα 3.17 μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το δείκτη TVDI για την επιλεγμένη περιοχή μελέτης του έτους 2004. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό έγκειται στο γεγονός ότι με αύξηση της βροχόπτωσης ο δείκτης AI μεταβάλλεται αναλόγως, σε αντίθεση με το δείκτη TDVI ο οποίος με αύξηση της βροχόπτωσης μειώνεται σε ανάλογο βαθμό. Επομένως ο δείκτης AI ανταποκρίνεται θετικά στα αποτελέσματα που προέκυψαν με τη χρήση της μεθόδου του TVDI στον υπολογισμό της ξηρασίας στην περιοχή μελέτης.

4 : ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Συμπεράσματα

Από την εφαρμογή της μεθοδολογίας στην επιλεγμένη περιοχή μελέτης προκύπτουν συμπεράσματα που αφορούν όχι μόνο στην καταλληλότητα της μεθόδου αλλά και την ευκολία ανάγνωσης και ανάλυσης των αποτελεσμάτων της.

Με την δημιουργία και την ανάλυση των χαρτών του TVDI και των διαγραμμάτων στο κεφάλαιο 4 φαίνεται ότι η μέθοδος του TVDI παρουσιάζει ικανοποιητικά αποτελέσματα και επομένως εμφανίζεται κατάλληλη στο να περιγράψει και να εκτιμήσει το φαινόμενο της ξηρασίας στην προς μελέτη περιοχή. Επίσης προκύπτει ότι η μέθοδος του TVDI είναι αποτελεσματική για το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας όπου διεξάχθηκε η έρευνα, χωρίς την ύπαρξη δυσκολίας στην εξαγωγή των συμπερασμάτων λόγω των συγκεκριμένων κλιματολογικών συνθηκών που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή.

Αναλυτικότερα η αποτελεσματικότητα και η εγκυρότητα της μεθόδου του δείκτη TVDI στην περιοχή μελέτης φαίνεται όχι μόνο από τη ικανοποιητική σύγκριση του με το δείκτη ξηρότητας Aridity Index (AI), αλλά και από την διεξαγωγή των χαρτών TVDI για τη χρονική περίοδο 2001-2005 που διεξάχθηκε η μελέτη. Με βάση την χρωματική ανάλυση των χαρτών του TVDI από τις εικόνες 3.7 και 3.8 για το έτος 2004 αλλά και για ολόκληρη τη χρονική περίοδο που διήρκησε η έρευνα, διαφαίνεται ότι οι τιμές του δείκτη TVDI ακολουθούν την εποχιακή διακύμανση της θερμοκρασίας και το φαινόμενο της ξηρασίας γίνεται ολοένα και πιο έντονο σε περιόδους όπου η θερμοκρασία δέχεται υψηλές τιμές, δηλαδή τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Αντίθετα για τους μήνες Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο όπου η θερμοκρασία κυμαίνεται σε χαμηλά

επίπεδα και οι βροχοπτώσεις είναι έντονες το φαινόμενο της ξηρασίας σχεδόν δεν λαμβάνει χώρα στην περιοχή μελέτης.

Κατά την διεξαγωγή της μελέτης η συγκέντρωση των στοιχείων τόσο των δορυφορικών (εικόνες LST και NDVI) όσο και των επίγειων δεδομένων (τιμές βροχόπτωσης στους σταθμούς) δεν παρουσίασε δυσκολία καθώς τα στοιχεία αυτά είναι προσιτά και εύκολο να υπολογιστούν. Εξαίρεση αποτελεί το γεγονός ότι στην περιοχή έρευνας λόγω της ύπαρξης των νεφών στη χρονική στιγμή που ελήφθησαν τα δορυφορικά στοιχεία, οι τιμές που προέκυψαν από αυτά δε συμπεριλήφθηκαν στο σύνολο των αποτελεσμάτων για το λόγο ότι τα αποτελέσματα δε θα ήταν σαφή και συγκεκριμένα και επομένως δε θα ήταν ικανά να περιγράψουν με ακρίβεια το προς εξέταση φαινόμενο.

Καθοριστικό ρόλο στην εξαγωγή των συμπερασμάτων έχει η χρήση της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Η εκτίμηση του φαινομένου της ξηρασίας έγινε πιο εύκολη και πιο αποτελεσματική με τη χρήση τους καθώς δίνεται η δυνατότητα για μια ευρύτερη κάλυψη του φαινομένου στην περιοχή έρευνας σε αντίθεση με τα επίγεια δεδομένα που προκύπτουν από σταθμούς (βροχομετρικούς) όπου η εκτίμηση του φαινομένου είναι σημειακή και μερικές φορές ανακριβής.

Είναι απαραίτητο να τονίσουμε ότι τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας βασίστηκαν στη χρήση νέας τεχνολογίας (δορυφορικά δεδομένα, ανάλυση δεδομένων με τη χρήση H/Y) και επομένως η εκτίμηση του φαινομένου της ξηρασίας έγινε με αρκετά μεγάλη ακρίβεια και στη διάρκεια των πέντε ετών που πραγματοποιήθηκε η έρευνα.

4.2. Προτάσεις

Για την πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικά δεδομένα λόγω της διαθεσιμότητας τους, για το χρονικό διάστημα των πέντε ετών για το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας και επομένως η μελέτη του φαινομένου της ξηρασίας έγινε για ένα σχετικά μικρό διάστημα και όχι για μια σχετικά μεγάλη χρονοσειρά γεγονός που θα συνέβαλε στην αποτελεσματικότερη εκτίμηση και κατανόηση του φαινομένου.

Επίσης για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικά και επίγεια δεδομένα επιλεκτικά από τρεις περιοχές στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας (σταθμός Λάρισας, περιοχή Συκουρίου, περιοχή Πηλίου) γεγονός που περιόρισε την έρευνα και το φάσμα των αποτελεσμάτων. Για μια καλύτερη προσέγγιση του φαινομένου της ξηρασίας και λόγω του διαχωρισμού του διαμερίσματος της Θεσσαλίας σε λεκάνες και υπολεκάνες απορροής θα ήταν προτιμότερο να γίνει η επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων που αντλήθηκαν, σε ένα μεγαλύτερο αριθμό σταθμών ώστε τα αποτελέσματα να είναι πιο αντιπροσωπευτικά. Αναλυτικότερα με τη χωρική διαφοροποίηση του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας σε λεκάνες απορροής και την εφαρμογή της μεθόδου για κάθε λεκάνη απορροής, η εξαγωγή των αποτελεσμάτων θα ήταν πιο αντιπροσωπευτική και θα καλύπτονταν με τον τρόπο αυτό από ένα μεγαλύτερο φάσμα αποτελεσμάτων που θα περιγράφανε με μεγαλύτερη λεπτομέρεια και ακρίβεια το προς μελέτη φαινόμενο. Άλλωστε λόγω της διαφορετικότητας των κλιματικών συνθηκών και της γεωμορφολογίας του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας, για την καλύτερη συσχέτιση των δορυφορικών και επίγειων δεδομένων απαιτείται η επιλογή ενός μεγαλύτερου αριθμού περιοχών για μελέτη.

Τέλος με την επιλογή περιοχών στη Θεσσαλία όπου τα κλιματικά και τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά είναι σχετικά κοινά και με την πραγματοποίηση της έρευνας είναι δυνατό να υπάρξει μια αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των προβλημάτων και μια σαφώς ορθολογική διαχείρισή τους των περιοχών αυτών

5: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

Γαλάκου, Ε. (2004). Εκτίμηση βροχόπτωσης με χρήση METEOSAT και επίγειων βροχομετρικών στοιχείων. Διπλωματική εργασία, Τμήμα Διαχείρισης Αγροτικού Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Δαλέζιος, Ρ.Ν. (2002). Περιβαλλοντική Τηλεπισκόπηση. Πανεπιστημιακές εκδόσεις. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Δήμος, Γ. (2005). Βιοστατιστική. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας.

Κανέλλου, Ε. (2006). Εκτίμηση περιοχικής Δυνητικής Εξατμισοδιαπνοής με χρήση Τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Συλλαίος, Ν. (2000). Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση και στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη.

Τζαμπύρας, Ι. (2005). Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ένταση ξηρασίας στις λεκάνες απορροής του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας. Διπλωματική εργασία, Τμήμα Διαχείρισης Αγροτικού Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Τσακίρης, Γ. (1995). Υδατικοί πόροι, Τεχνική Υδρολογία Ι. Εκδόσεις Συμμετρία.

Φλόκας, Α.Α. (1997). Το νερό στην ατμόσφαιρα. Στο: Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Β' έκδοση, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη: 189-261.

Ξένη Βιβλιογραφία

Andersen, J., Sandholt, I., Jensen, H., Refsgaard, C., & Gupta, H. (2002). Perspectives in using a remotely sensed dryness index in distributed hydrological models at the river-basin scale. *Hydrological Processes* 16, pp.2973-2987

Bayarjargal Y., Karnieli A., Bayasgalan M., Khudulmur S., Gandush C., Tucker C.J. (2006). A comparative study of NOAA-AVHRR derived drought indices using change vector analysis. *Remote Sensing of Environment*.

Bhuiyan, C., Singh, R.P., Kogan, F.N. (2006). Monitoring drought dynamics in the Aravalli region (India) using different indices based on ground and remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*

Boegh E., Soegaard H., Hanan N., Kabat P., Lesch (1999) L. A Remote Sensing Study of the NDVI-Ts Relationship and the Transpiration from Sparse Vegetation in the Sahel Based on High-Resolution Satellite Data. *Remote Sensing of Environment* 69, pp.224-240.

Dalezios, N.R., A. Loukas, and D. Bampzelis, (2002). “Spatial Variability of Reference Evapotranspiration in Greece”. *Journal Physics and Chemistry of the Earth*, 27(23-24), 1031-1038.

Dalezios, N.R., A. Loukas, L. Vasiliades and E. Liakopoulos (2000). Severity-duration- frequency analysis of droughts and wet periods in Greece. *J. Hydrological Sciences*, 45 (5), pp.751-769.

Dracup, J.A., K.S. Lee and Jr. E.G. Paulson (1980). On the definition of droughts. *Water Resour. Res.*, 16 (2), pp.297-302.

- Gillies R.**, Carlson T., Kustas W., Humes K. (1997). A verification of the 'triangle' method for obtaining surface soil water content and energy fluxes remote measurements of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface radiant temperature. *International Journal of Remote Sensing*, Vol 18, No 15, pp.3145-3166
- Glantz**, M.H. (1987). Drought in Africa. *Scientific American*, 256 (6), pp. 34-40.
- Ji Lei**, Peters Albert (2003). Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and droughts. *Remote Sensing of Environment*, 87, pp. 85 – 98.
- Lijuan H.**, Xiaowen Li, Jindi wang, Shaomin Liu, Ziti Jiao (2004). A simple interpretation of NDVI-Ts space combining LAI and evapotranspiration. Research Center for Remote Sensing and GIS, School of Geography, Beijing Normal University
- Lohani**, V.K. and G.V. Loganathan (1997). An early warning system for drought management using the Palmer Drought Index. *J. Am. Water Resour. Ass.*, Vol. 33 (6), pp. 1375-1386.
- Louie**, P.Y.T. (1986). An operational Palmer Drought Severity Index. Program for Canadian Synoptic Stations. Proceedings, Can. Hydrology Symposium (CHS86), Regina, Sask., 3-6 June, pp.101-112.
- Loukas**, A., L. Vasiliades and N.R. Dalezios (2003). "Intercomparison of Meteorological Drought Indices for Drought Assessment and Monitoring in Greece." *8th International Conference on Environmental Science and Technology*, Lemnos Island, 8-10 September 2003, pp. 484-491.

Loukas, A., L. Vasiliades, C. Domenikiotis and N.R. Dalezios (2003). “Regional Estimation of NDVI-Derived Actual Evapotranspiration for Water Balance Modeling” *International Symposium “GIS and Remote Sensing: Environmental Applications”*, Volos, 7-9 November 2003.

Loukas, A., L. Vasiliades, C. Domenikiotis, and N.R. Dalezios, (2004). “Basin-wide Actual Evapotranspiration Estimation Using NOAA/AVHRR Satellite Data”. *Physics and Chemistry of the Earth..*

Palmer, W.C., 1965. Meteorological drought . Research Paper No 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington ,DC.

Sandholt, I., Pedersen M., (2004). Relationship between field measurements of soil moisture and information derived from satellite observations of vegetation and surface temperature. *Gophysical Research Abstracts*, Vol. 6, 05490

Sandholt, I., Rasmussen, K., & Andersen J. (2002). A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for the assessment of the surface moisture status, *Remote Sensing of Environment 79*, pp. 213-224.

Sandholt, I., Dybkjaer, G., & Rasmussen, K. (1998). Hydrological information from temporal and spatial variation in surface temperature/vegetation index. *Institute of Geography, University of Copenhagen*. vol.5, pp. 2414-2416

Tate E., Alan Gustard, (1999). Drought definition : A hydrological perspective. Institute of Hydrology, Wallingford, Oxon, OX108BB, UK.

Tsiros E, C. Domenikiotis, M. Spiliotopoulos, and N.R. Dalezios, (2004). “Use of NOAA/AVHRR-Based Vegetation Condition Index (VCI) and Temperature Condition Index (TCI) for Drought Monitoring in Thessaly, Greece.” *International Symposium on*

Water Resources Management: Risks and Challenges for the 21st Century, Ismir, Turkey, 2-4 September 2004, 769-782.

Uganai L., Kogan F. (1998). Drought Monitoring and Corn Yield Estimation in Southern Africa from AVHRR Data. *Remote Sensing of Environment*, 63, pp.219-232

6 : ABSTRACT

The region of Thessaly, central Greece suffers from frequent droughts especially in summer for the last 20 years. Especially, water district of Thessaly drought has a great importance because it contributes in the planning and management of the aquatic environment of the region. Moreover, the estimation of drought has the advantage that can estimate the loss of water or the need for water in an agriculture region due to drought relates with the mechanisms of evaporation in water balance.

Drought a lot of times has significant adverse effect on the socioeconomic, agricultural and environmental conditions (Bhuiyan et al, 2006). Generally, drought originates from a deficiency of precipitation that results in a water shortage for some activity or some group (Wilhite, 1993).

In order to confront this kind of problem have been developed various remote sensing methods indicated by many scientists for dryness analysis using different drought causative and parameters such as soil moisture, evapotranspiration and vegetation condition (Bhuiyan et al.2006).

Nowadays because of the existence of the satellite images, remote sensing methods are the most appropriate for estimating parameters such as drought. Especially the use of remote sensing have the advantage that can estimate parameters in a high analysis almost in every point of the study area, so the results can be very effective.

In terms of water district of Thessaly, it is choosed as more reliable by using the remote sensing method, the interpretation of index Temperature, Vegetation, Dryness Index (TVDI) based on parametrisation of the relationship between surface temperature (Ts) and vegetation index (NDVI), (Sandhol et al. 2002). The TVDI method has been used in the past in areas with similar climatic conditions and has satisfactory results (West U.S.A.).

The index is related to soil moisture and in comparison to the $\frac{T_s}{NDVI}$ space (Sandholt et al.2002). The variability of $\frac{T_s}{NDVI}$ can be explained by the change of TVDI index in the study area.

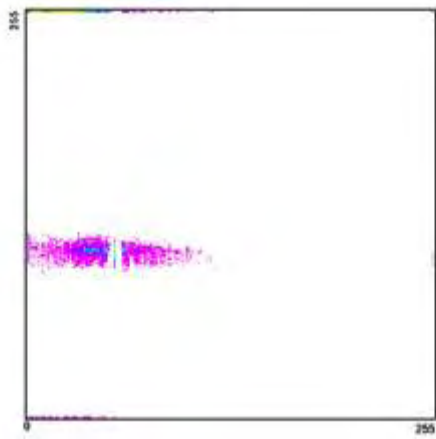
The information and the data which are needed for extracting results in the area study derived from satellite images from NOAA/AVHRR. The data concern a time series from 2001 to 2005 by using and analyzing the relationship between Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Land Surface Temperature (LST) images. Specifically, 227 LST and 321 NDVI images from NOAA/AVHRR are used which are processed by Erdas Imagine software (Erdas Imagine 8.7) for extracting results. This combination of NDVI and LST images for the time series 2001-2005 can provide information on vegetation and moisture conditions at the surface. Additionally, due to this relationship 218 TVDI maps, 222 scatterplots and a total scatterplot arised, from which is proved the percentage of drought in the area study. Furthermore, in order the TVDI method to be more effective for the study area, rainfall data from three different places (Larisa, Sykourio, Pilio) in water district of Thessaly are used and the relationship between TVDI and rainfall for the period 2004-2005 is analyzed.

The TVDI method that is developed in this work has the advantage that uses satellite images in combination with ground measurements of metrological data such as rainfall. This combination offers information in each point in Thessaly water district. Additionally, the use of Geographical Information System and Satellite data can explain a phenomenon such as drought because of the spatial variability that provides. Conclusively, the TVDI method seems adequate describing drought in Thessaly water district, so can be used in future works in other areas with similar climatic conditions.

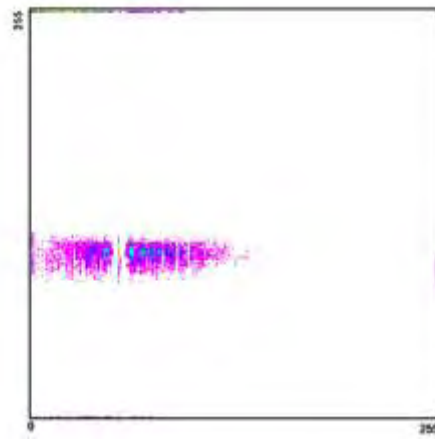
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1⁰

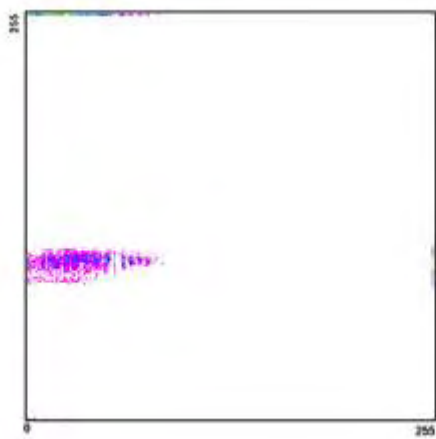
Διαγράμματα διασποράς που προήλθαν από την επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων LST
και NDVI για την χρονική περίοδο 2001-2005.



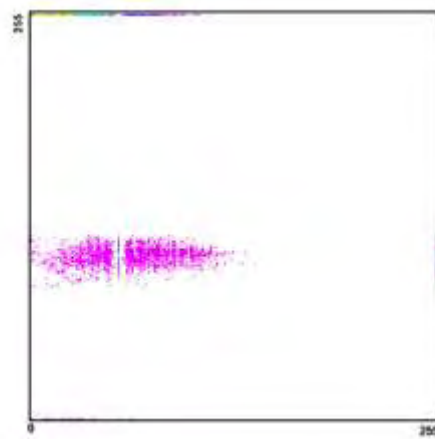
Διάγραμμα διασποράς 2001_1_1



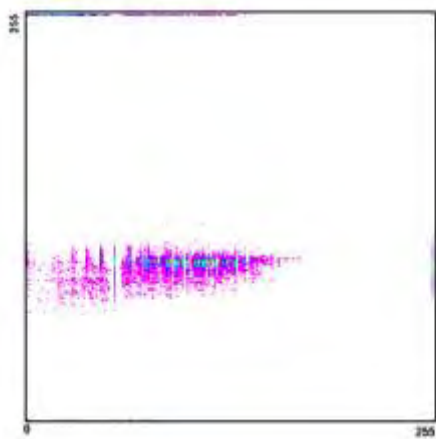
Διάγραμμα διασποράς 2001_1_2



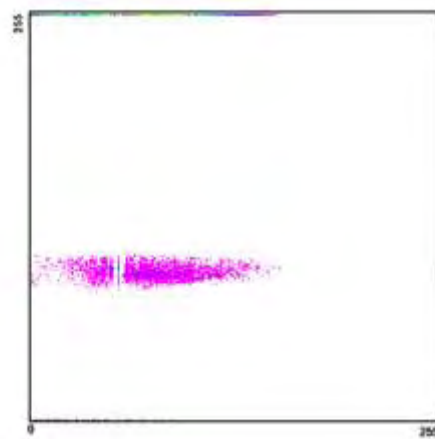
Διάγραμμα διασποράς 2001_1_3



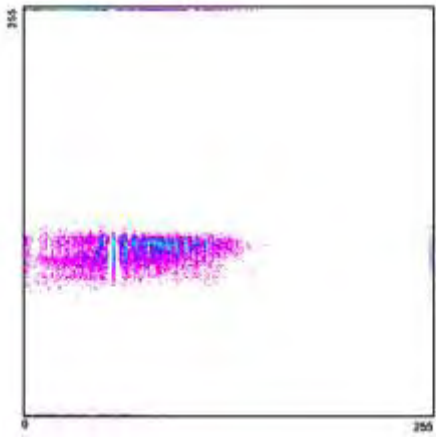
Διάγραμμα διασποράς 2001_1_4



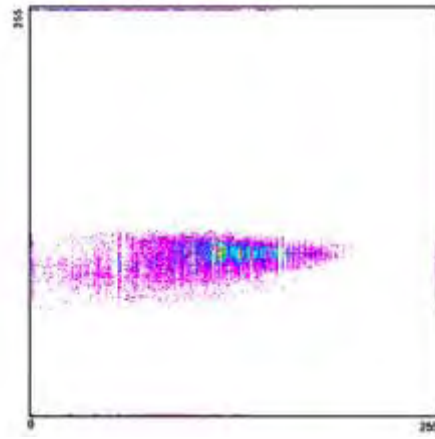
Διάγραμμα διασποράς 2001_1_5



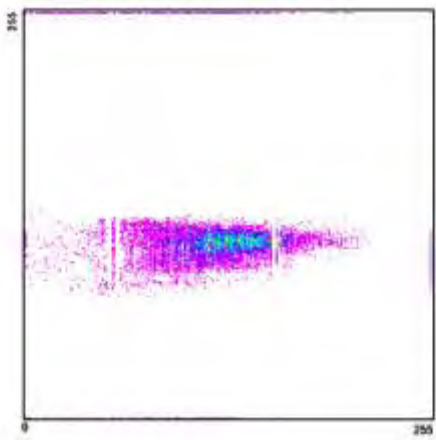
Διάγραμμα διασποράς 2001_2_1



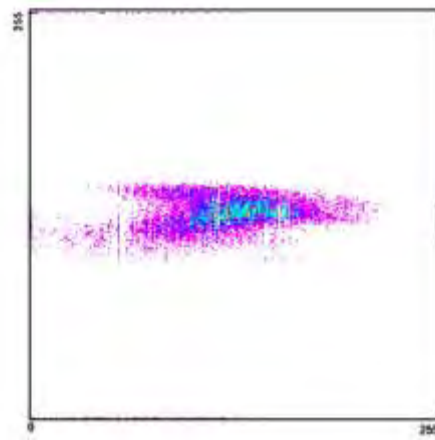
Διάγραμμα διασποράς 2001_2_2



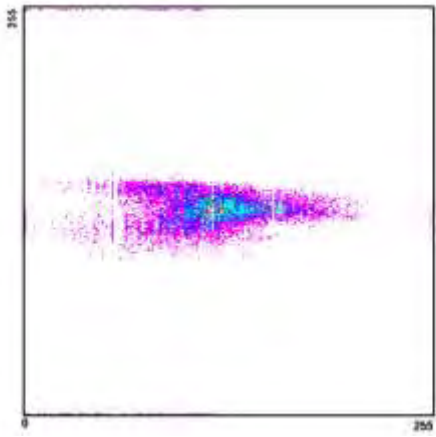
Διάγραμμα διασποράς 2001_2_3



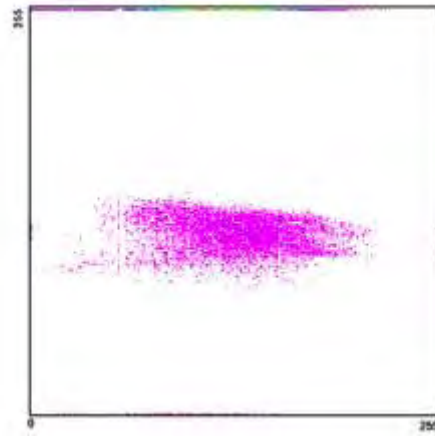
Διάγραμμα διασποράς 2001_3_1



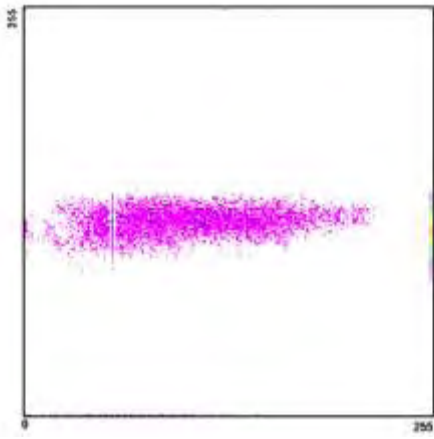
Διάγραμμα διασποράς 2001_3_2



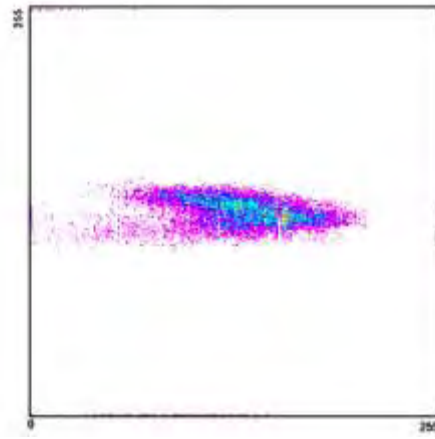
Διάγραμμα διασποράς 2001_3_3



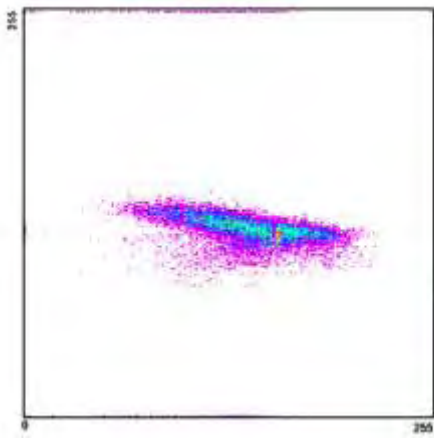
Διάγραμμα διασποράς 2001_4_1



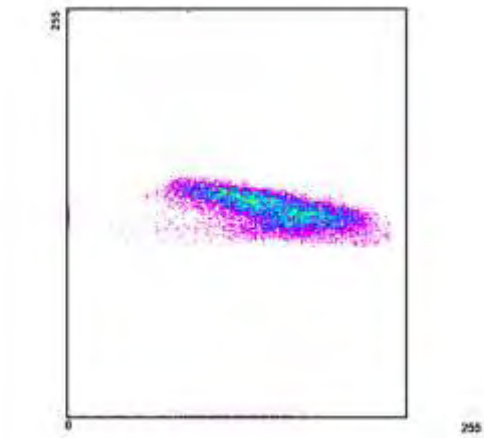
Διάγραμμα διασποράς 2001_4_2



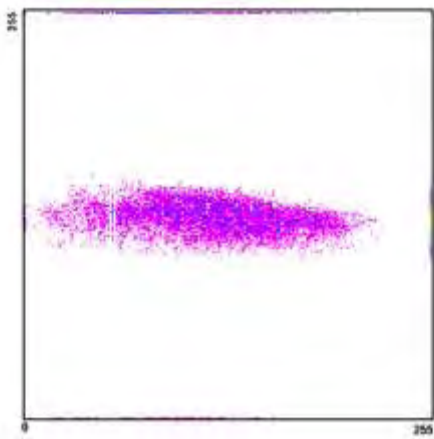
Διάγραμμα διασποράς 2001_4_3



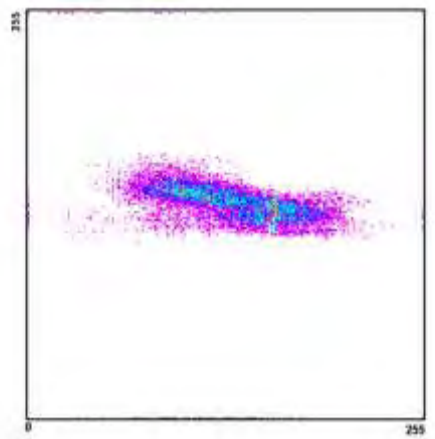
Διάγραμμα διασποράς 2001_4_4



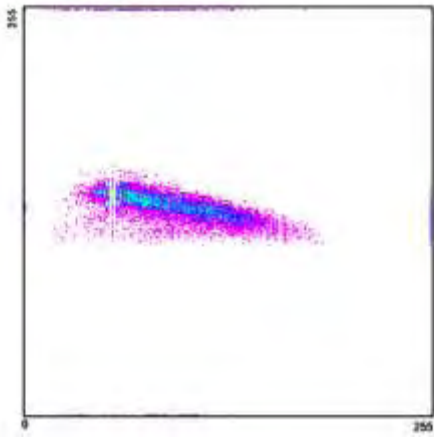
Διάγραμμα διασποράς 2001_4_5



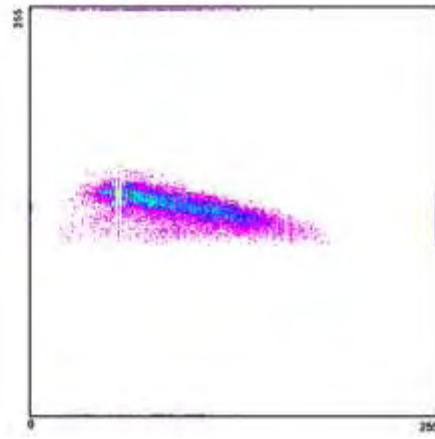
Διάγραμμα διασποράς 2001_5_1



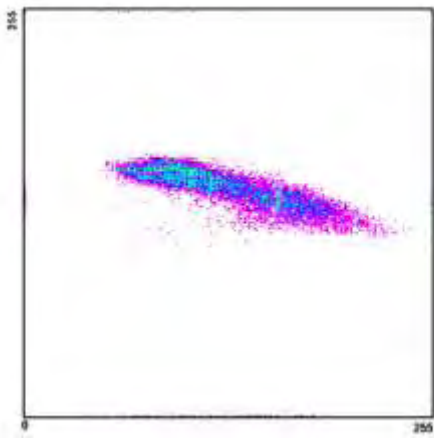
Διάγραμμα διασποράς 2001_5_2



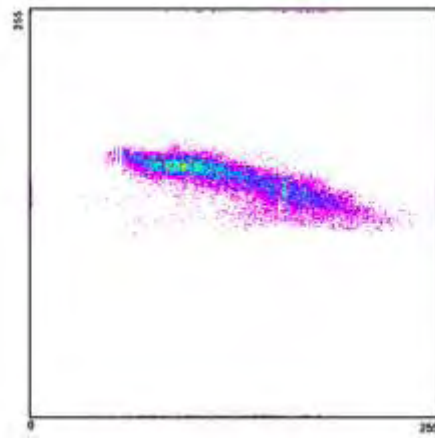
Διάγραμμα διασποράς 2001_5_3



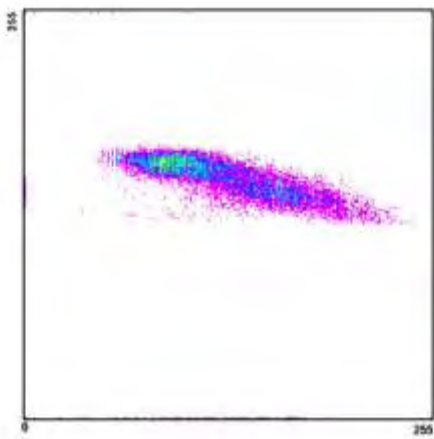
Διάγραμμα διασποράς 2001_5_4



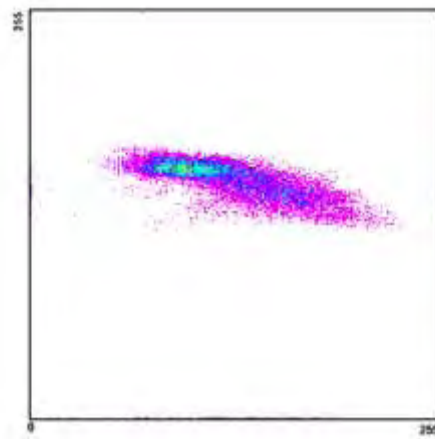
Διάγραμμα διασποράς 2001_6_1



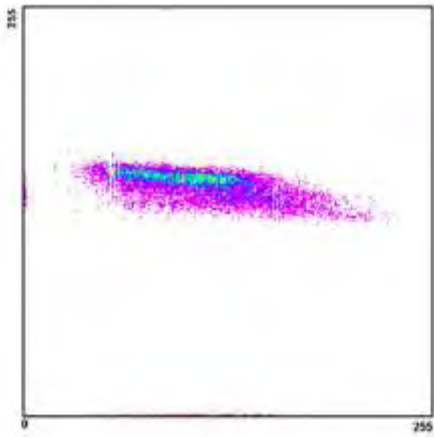
Διάγραμμα διασποράς 2001_6_2



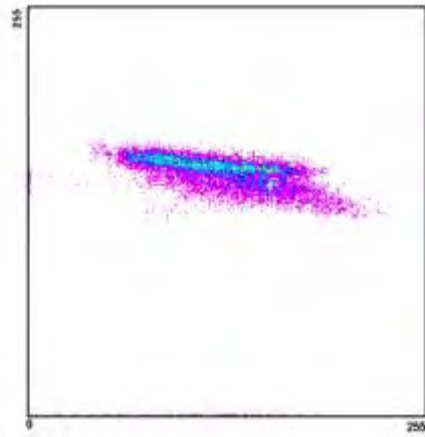
Διάγραμμα διασποράς 2001_6_3



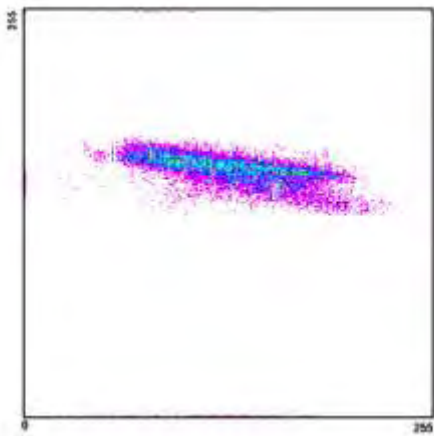
Διάγραμμα διασποράς 2001_6_4



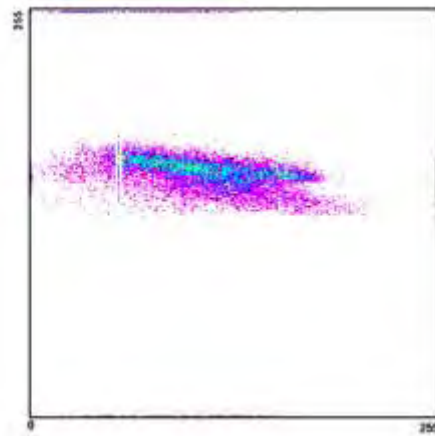
Διάγραμμα διασποράς 2001_7_1



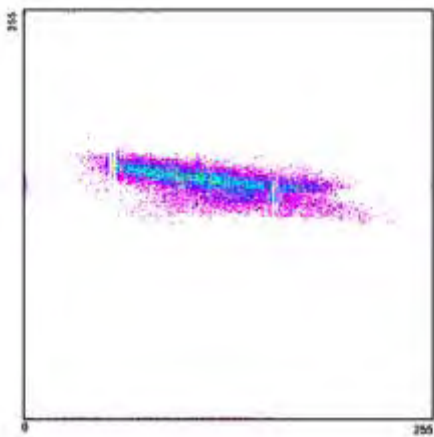
Διάγραμμα διασποράς 2001_7_2



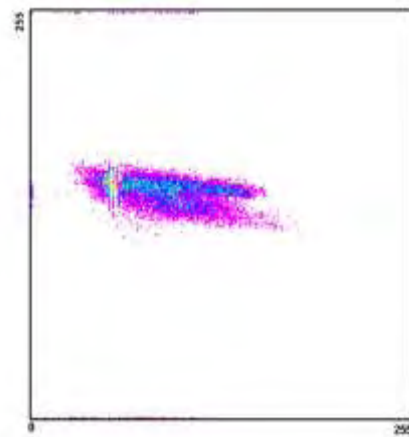
Διάγραμμα διασποράς 2001_7_3



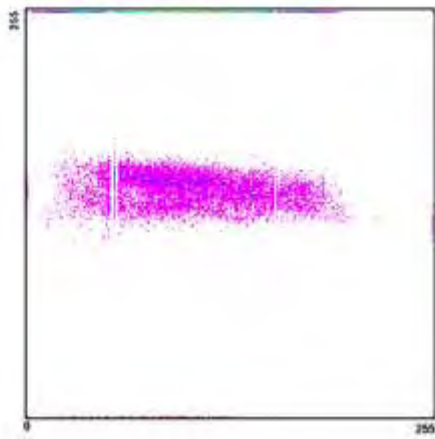
Διάγραμμα διασποράς 2001_7_4



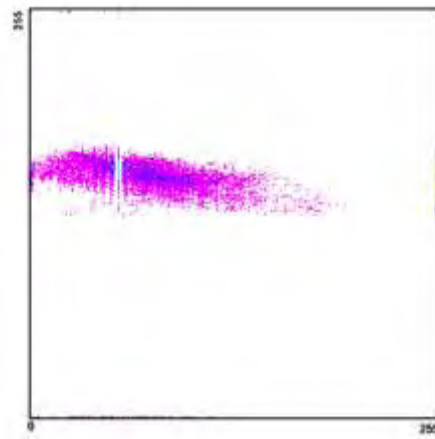
Διάγραμμα διασποράς 2001_7_5



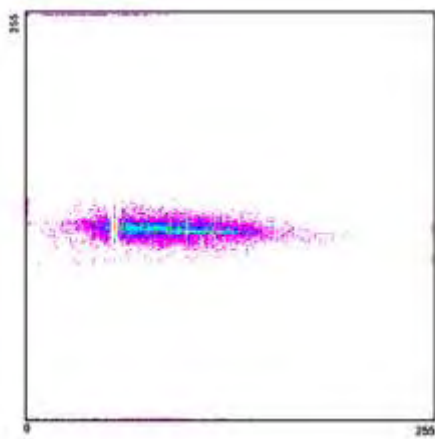
Διάγραμμα διασποράς 2001_8_1



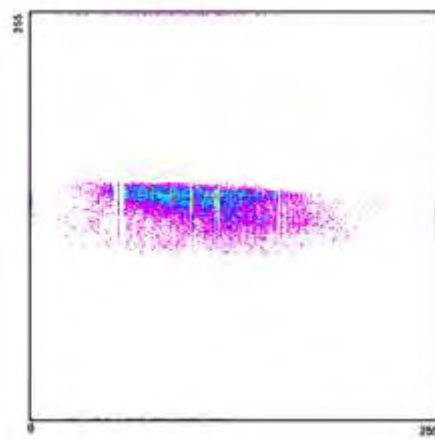
Διάγραμμα διασποράς 2001_8_2



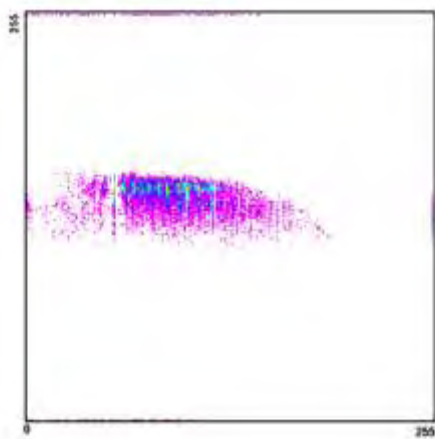
Διάγραμμα διασποράς 2001_8_3



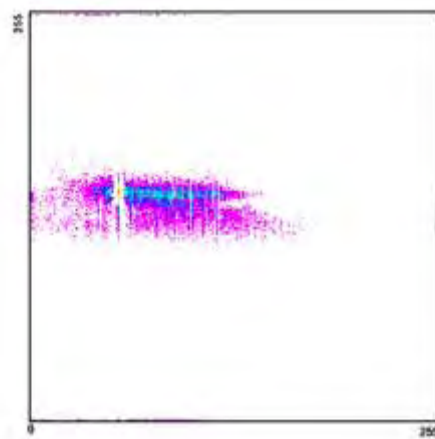
Διάγραμμα διασποράς 2001_8_4



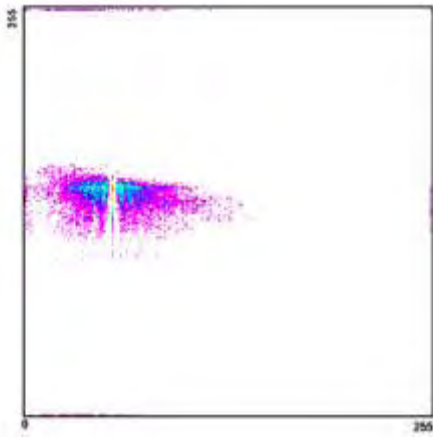
Διάγραμμα διασποράς 2001_9_1



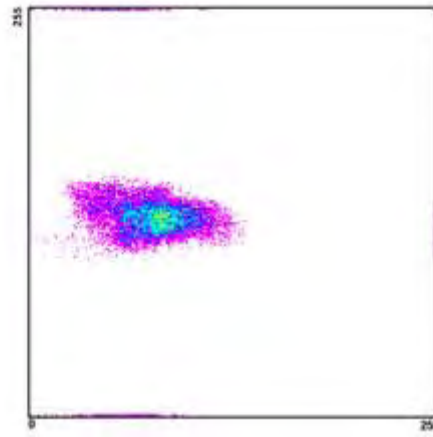
Διάγραμμα διασποράς 2001_9_2



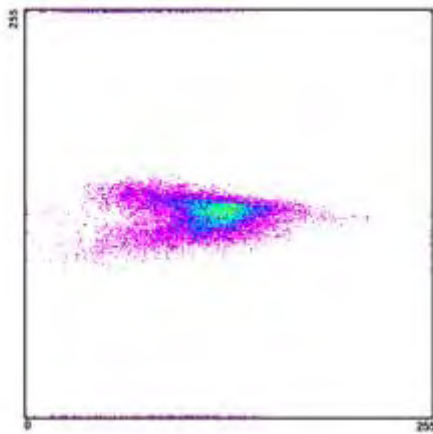
Διάγραμμα διασποράς 2001_9_3



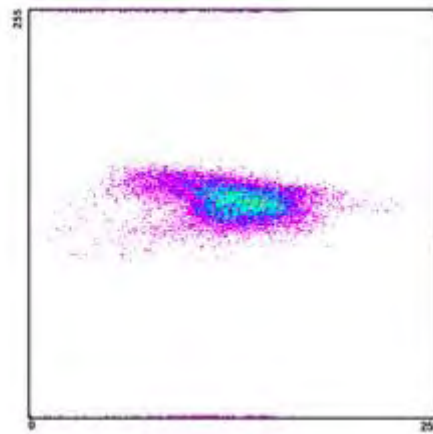
Διάγραμμα διασποράς 2001_9_4



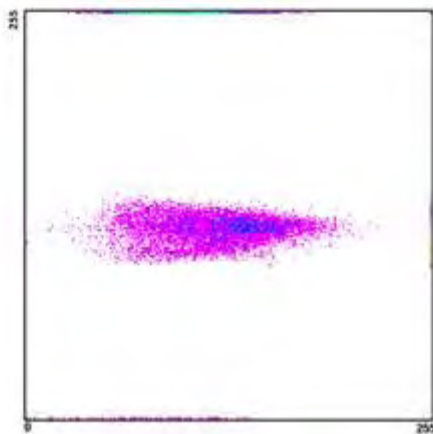
Διάγραμμα διασποράς 2002_3_1



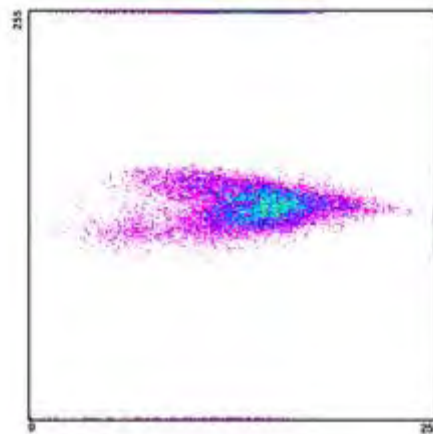
Διάγραμμα διασποράς 2002_3_2



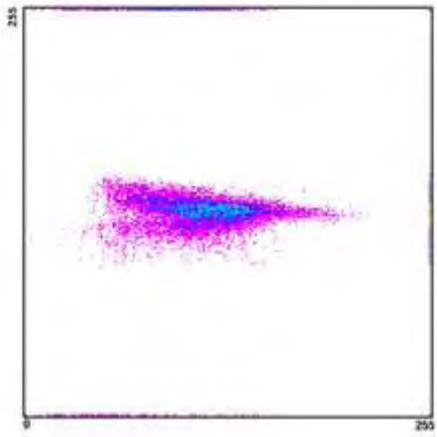
Διάγραμμα διασποράς 2002_3_3



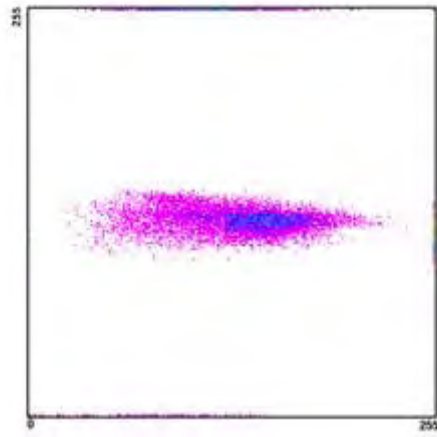
Διάγραμμα διασποράς 2002_3_4



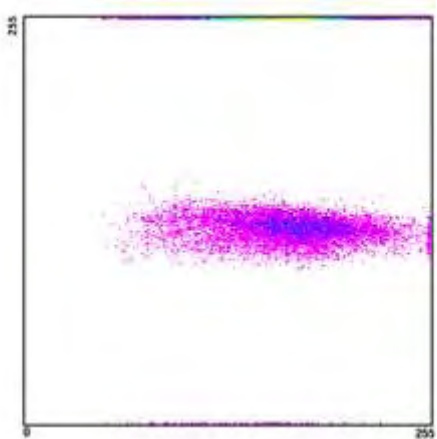
Διάγραμμα διασποράς 2002_4_1



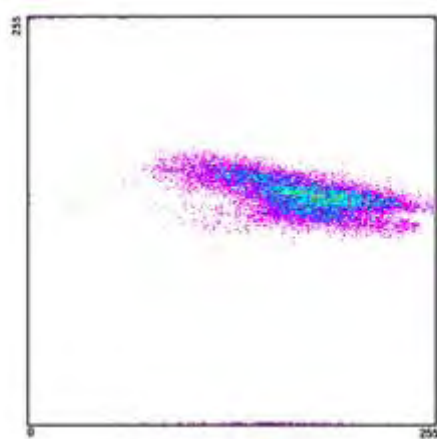
Διάγραμμα διασποράς 2002_4_2



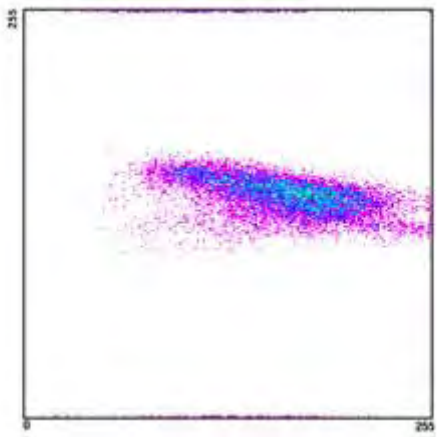
Διάγραμμα διασποράς 2002_4_3



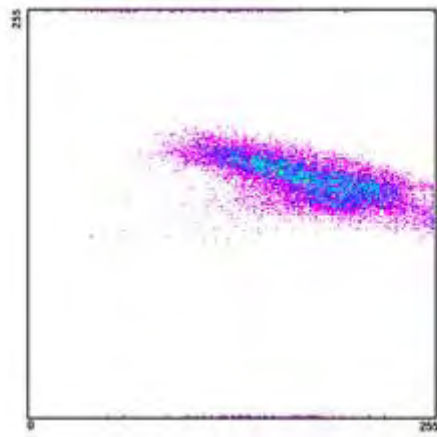
Διάγραμμα διασποράς 2002_4_4



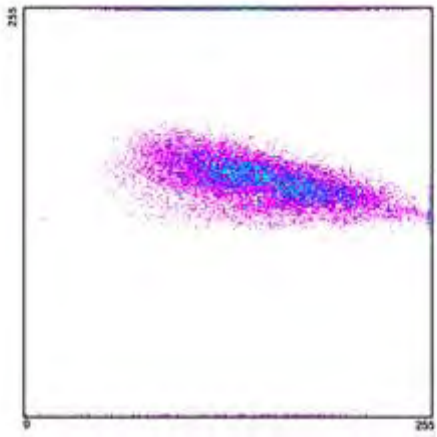
Διάγραμμα διασποράς 2002_4_5



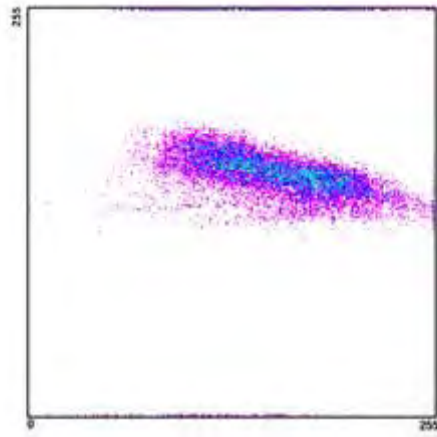
Διάγραμμα διασποράς 2002_5_1



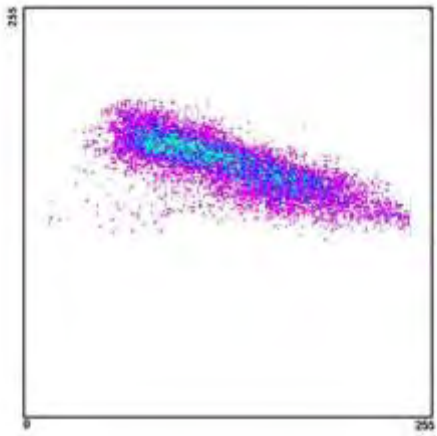
Διάγραμμα διασποράς 2001_5_2



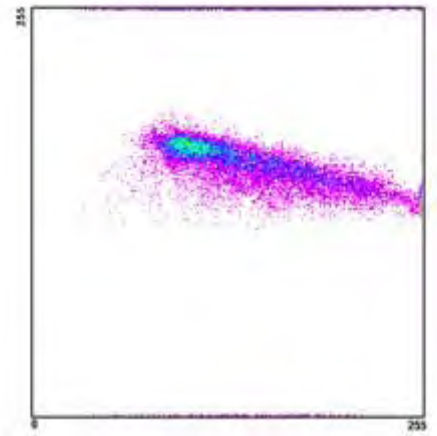
Διάγραμμα διασποράς 2002_5_3



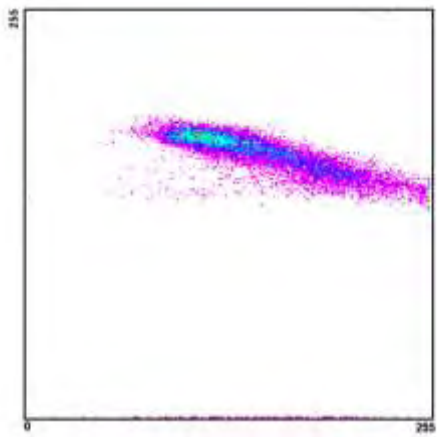
Διάγραμμα διασποράς 2002_5_4



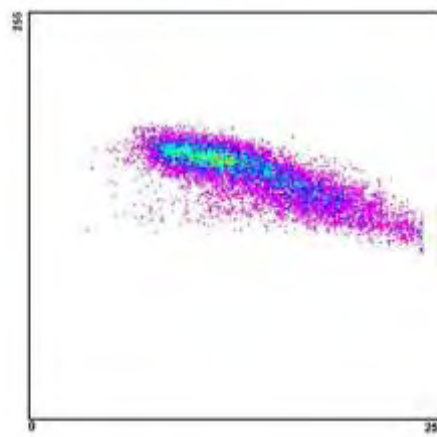
Διάγραμμα διασποράς 2002_6_1



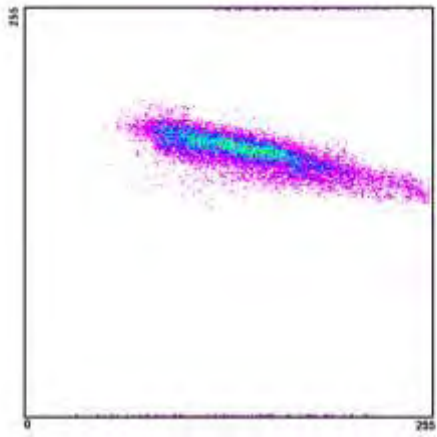
Διάγραμμα διασποράς 2002_6_2



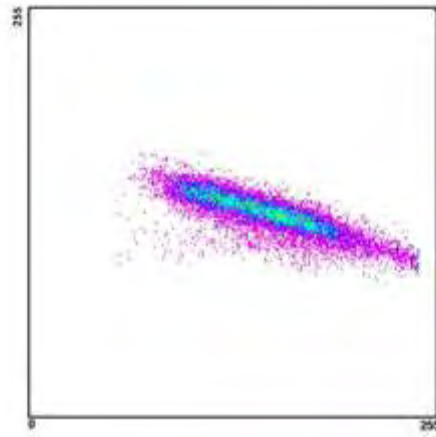
Διάγραμμα διασποράς 2002_6_3



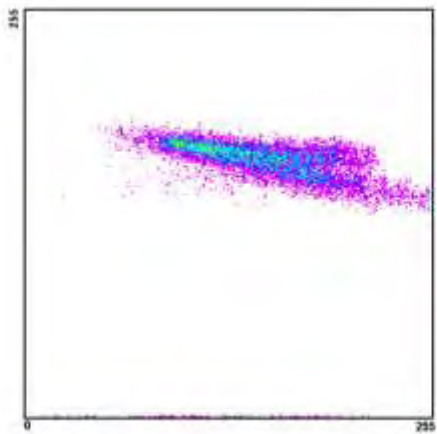
Διάγραμμα διασποράς 2002_6_4



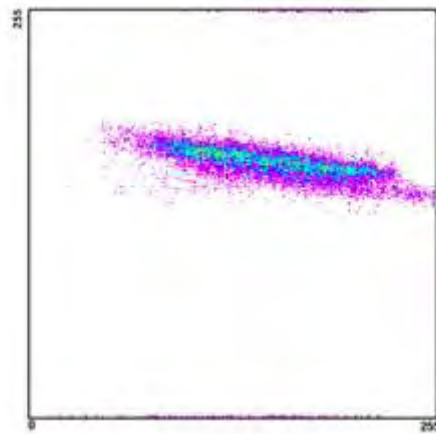
Διάγραμμα διασποράς 2002_7_1



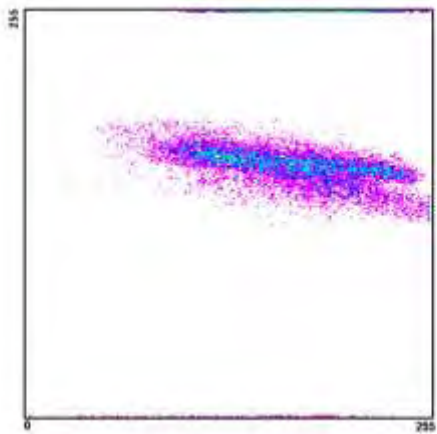
Διάγραμμα διασποράς 2002_7_2



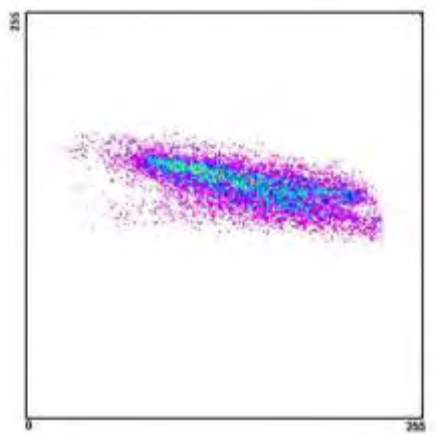
Διάγραμμα διασποράς 2002_7_4



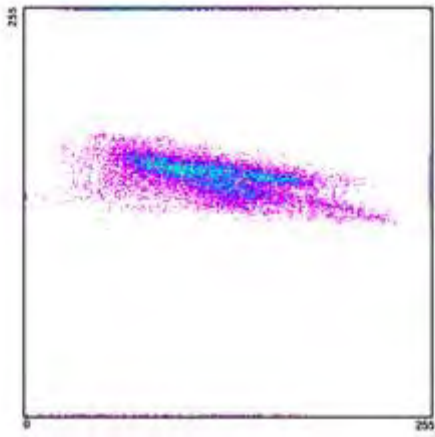
Διάγραμμα διασποράς 2002_7_5



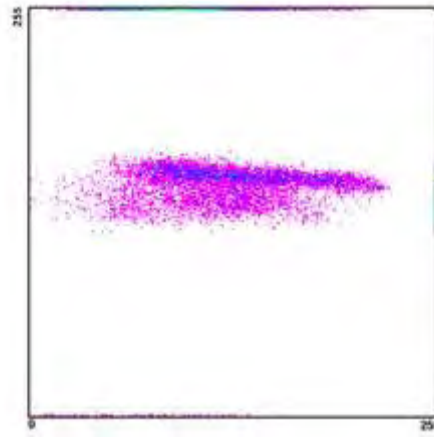
Διάγραμμα διασποράς 2002_8_1



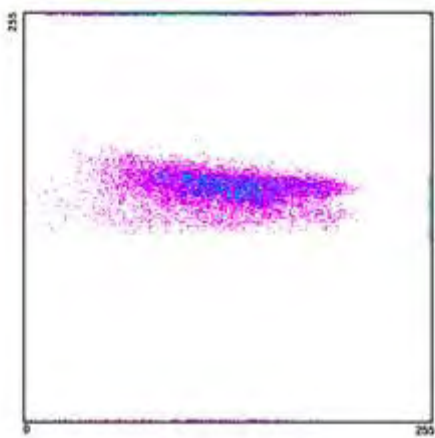
Διάγραμμα διασποράς 2002_8_3



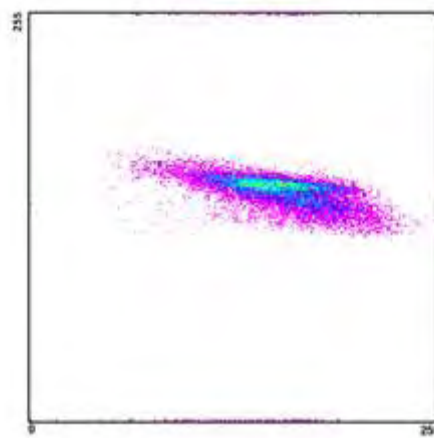
Διάγραμμα διασποράς 2002_8_4



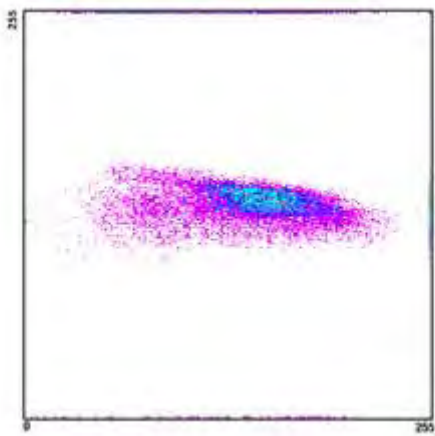
Διάγραμμα διασποράς 2002_9_1



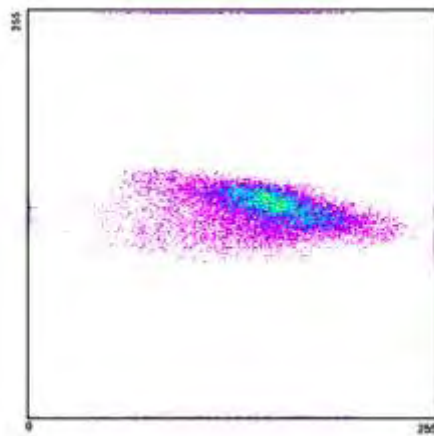
Διάγραμμα διασποράς 2002_9_2



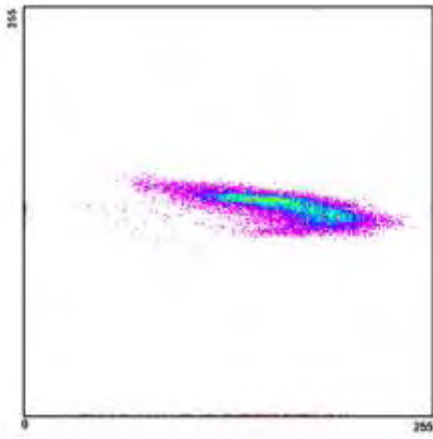
Διάγραμμα διασποράς 2002_9_3



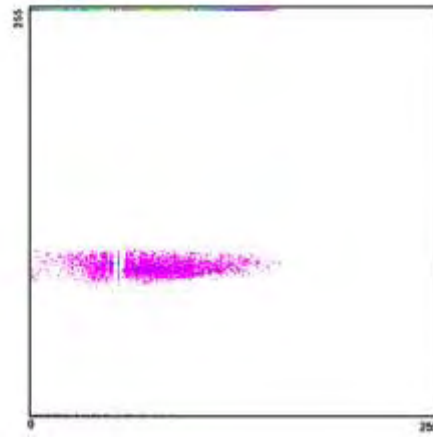
Διάγραμμα διασποράς 2002_9_4



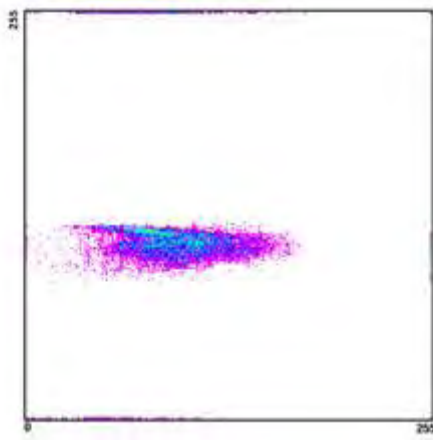
Διάγραμμα διασποράς 2002_10_1



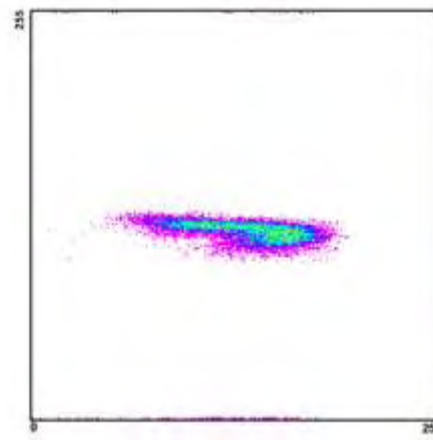
Διάγραμμα διασποράς 2002_10_2



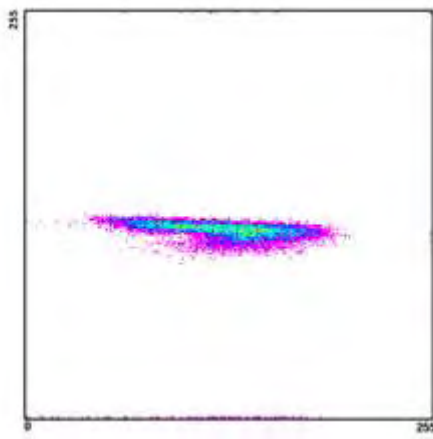
Διάγραμμα διασποράς 2002_10_3



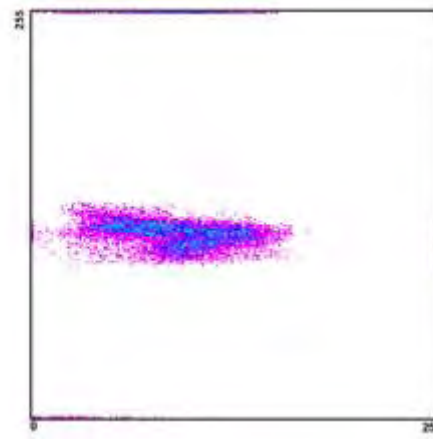
Διάγραμμα διασποράς 2002_11_1



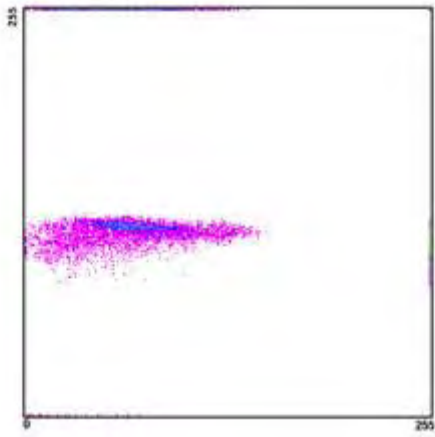
Διάγραμμα διασποράς 2002_11_2



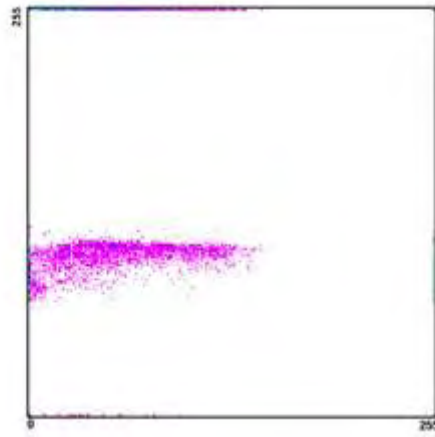
Διάγραμμα διασποράς 2002_11_3



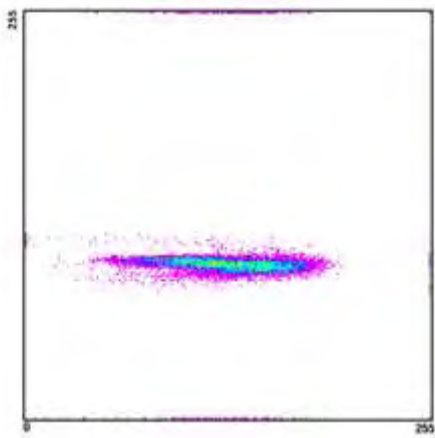
Διάγραμμα διασποράς 2002_11_4



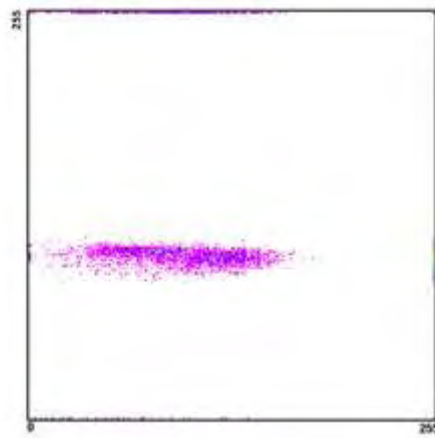
Διάγραμμα διασποράς 2002_12_1



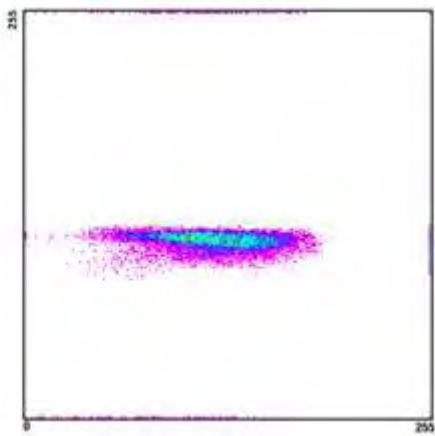
Διάγραμμα διασποράς 2002_12_2



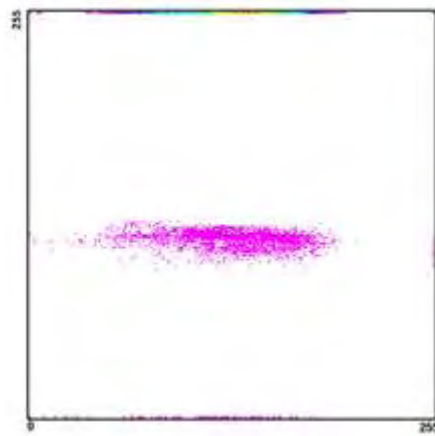
Διάγραμμα διασποράς 2002_12_3



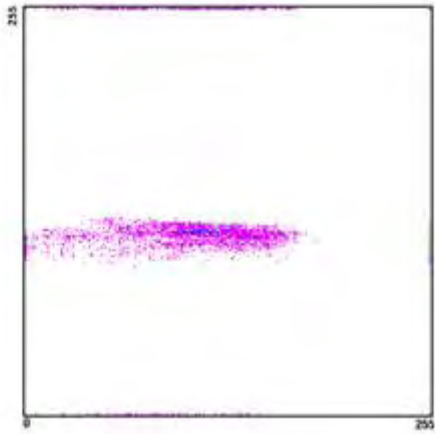
Διάγραμμα διασποράς 2002_12_4



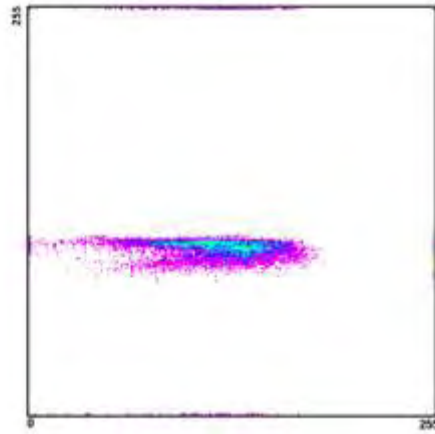
Διάγραμμα διασποράς 2003_1_1



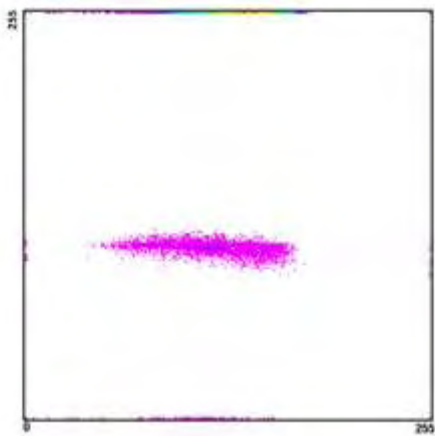
Διάγραμμα διασποράς 2003_1_2



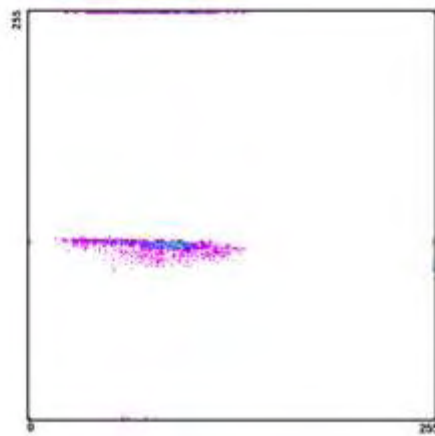
Διάγραμμα διασποράς 2003_1_3



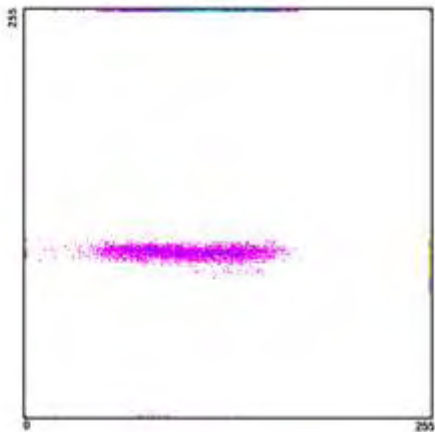
Διάγραμμα διασποράς 2003_1_4



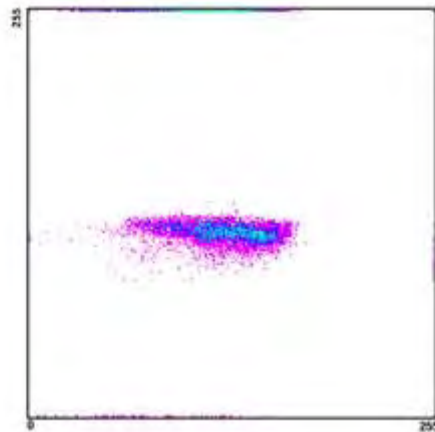
Διάγραμμα διασποράς 2003_2_1



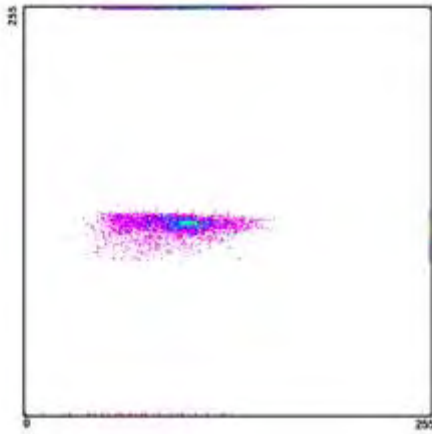
Διάγραμμα διασποράς 2003_2_2



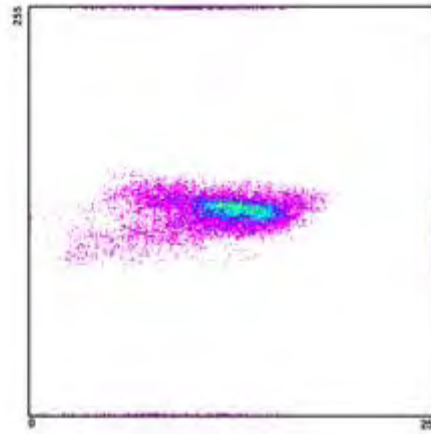
Διάγραμμα διασποράς 2003_2_3



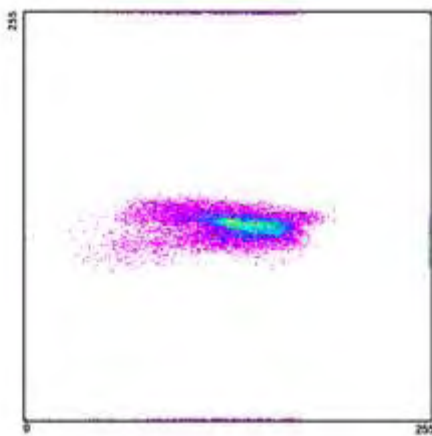
Διάγραμμα διασποράς 2003_2_4



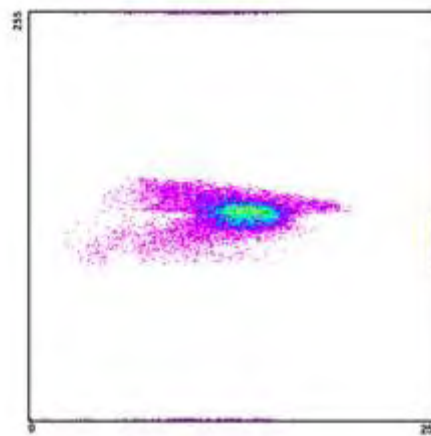
Διάγραμμα διασποράς 2003_3_1



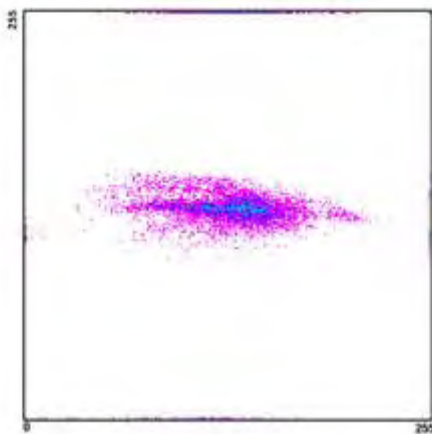
Διάγραμμα διασποράς 2003_3_2



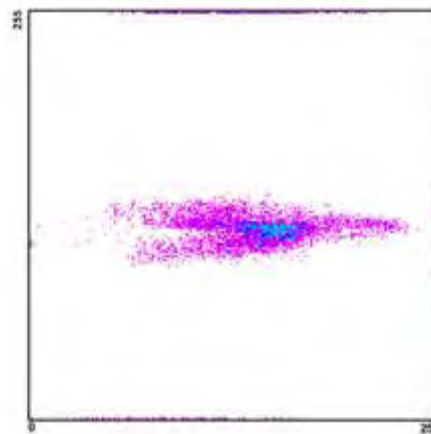
Διάγραμμα διασποράς 2003_3_3



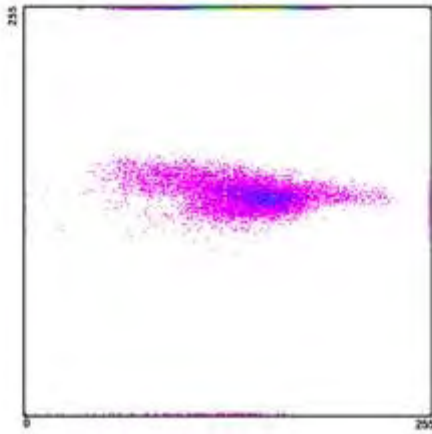
Διάγραμμα διασποράς 2003_3_4



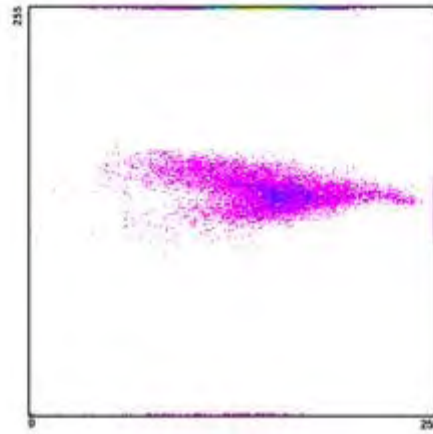
Διάγραμμα διασποράς 2003_3_5



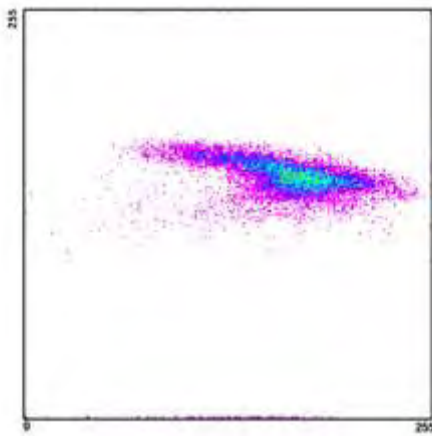
Διάγραμμα διασποράς 2003_4_1



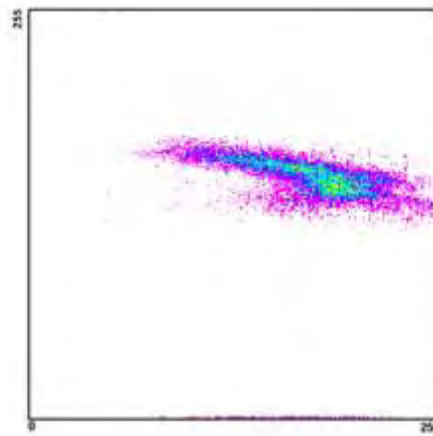
Διάγραμμα διασποράς 2003_4_2



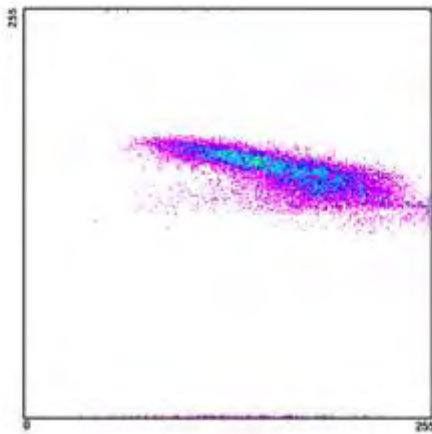
Διάγραμμα διασποράς 2003_4_3



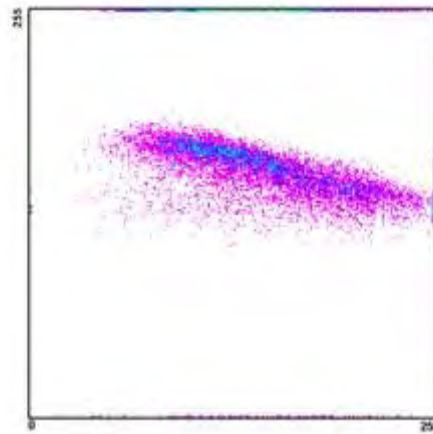
Διάγραμμα διασποράς 2003_4_4



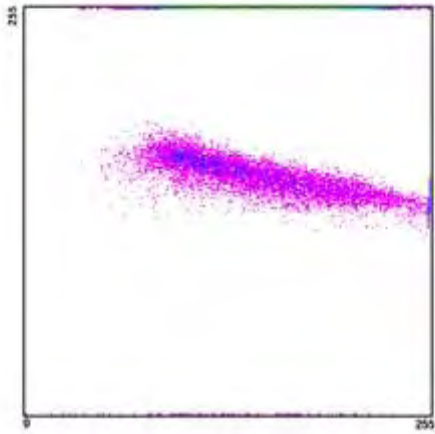
Διάγραμμα διασποράς 2003_5_1



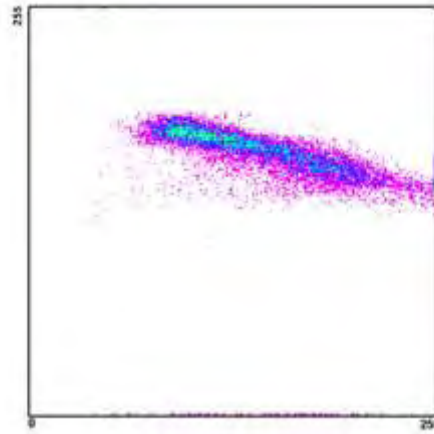
Διάγραμμα διασποράς 2003_5_2



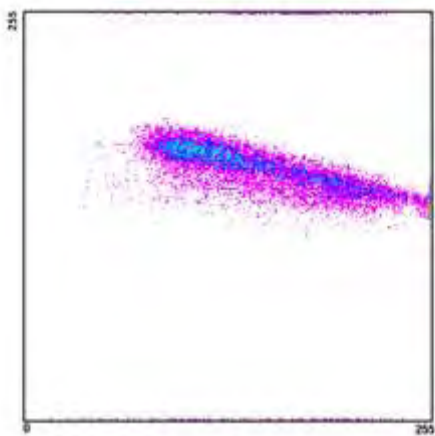
Διάγραμμα διασποράς 2003_5_3



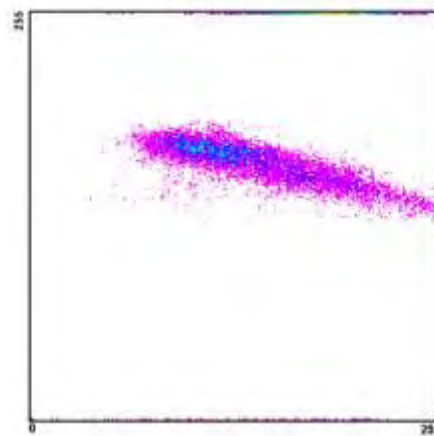
Διάγραμμα διασποράς 2003_5_4



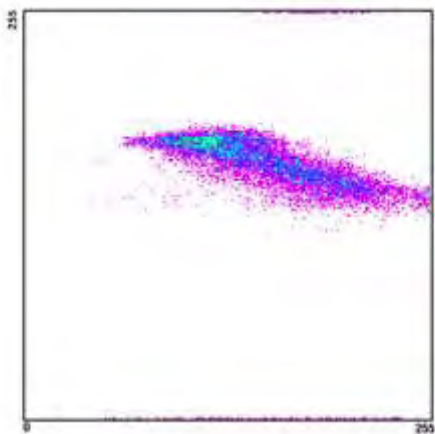
Διάγραμμα διασποράς 2003_6_1



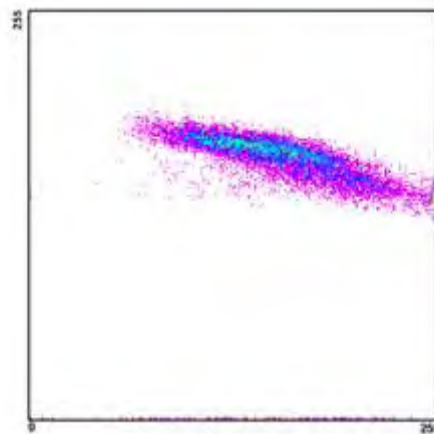
Διάγραμμα διασποράς 2003_6_2



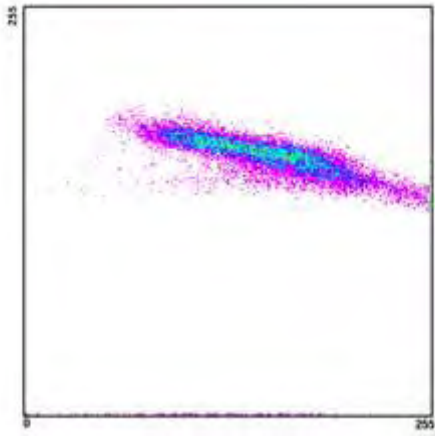
Διάγραμμα διασποράς 2003_6_3



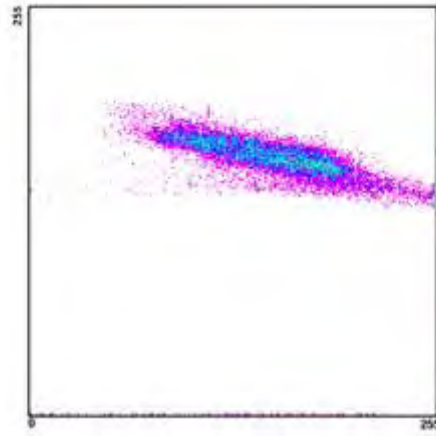
Διάγραμμα διασποράς 2003_6_4



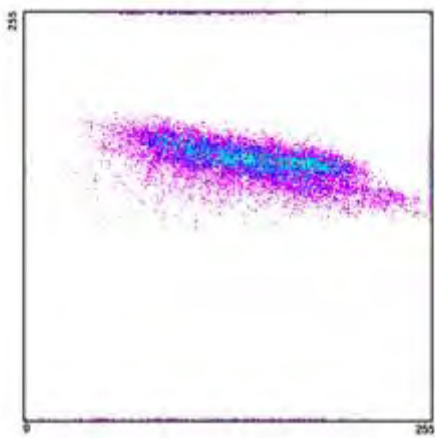
Διάγραμμα διασποράς 2003_7_1



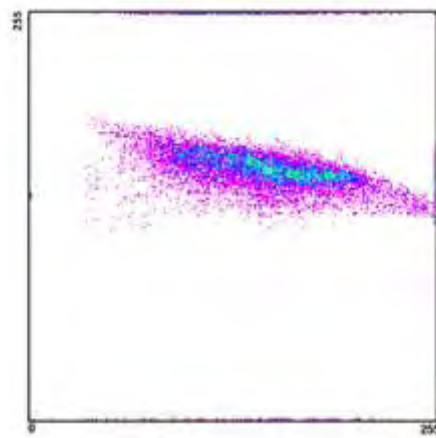
Διάγραμμα διασποράς 2003_7_2



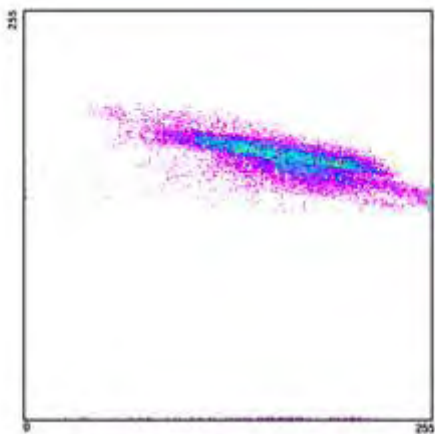
Διάγραμμα διασποράς 2003_7_3



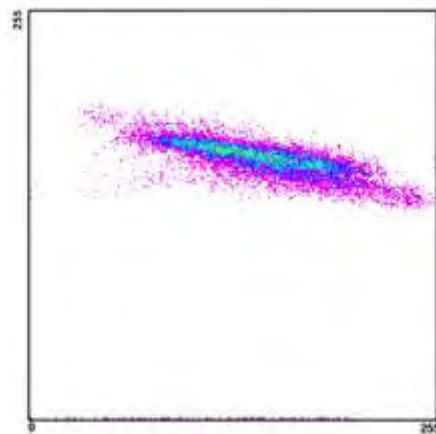
Διάγραμμα διασποράς 2003_7_4



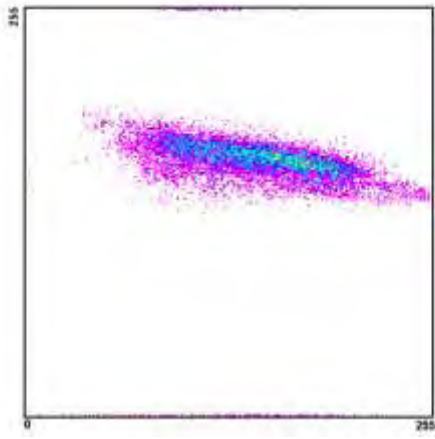
Διάγραμμα διασποράς 2003_8_1



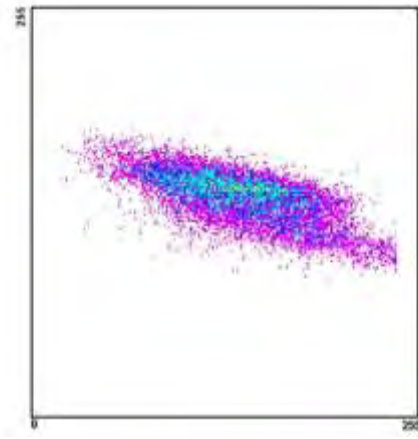
Διάγραμμα διασποράς 2003_8_2



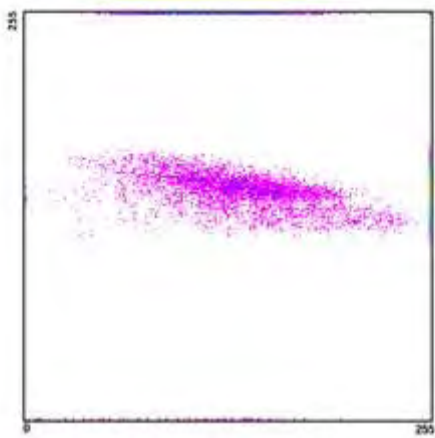
Διάγραμμα διασποράς 2003_8_3



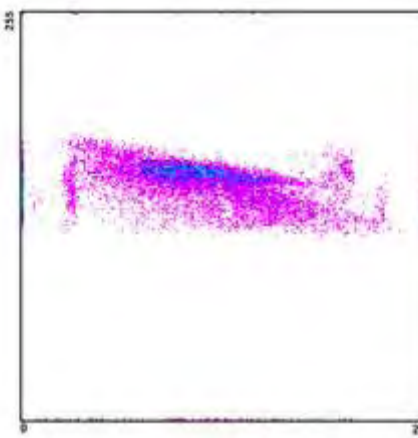
Διάγραμμα διασποράς 2003_8_4



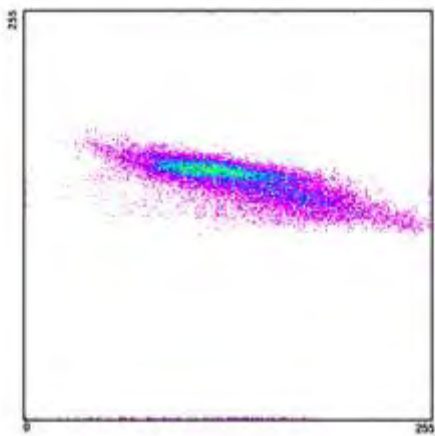
Διάγραμμα διασποράς 2003_9_1



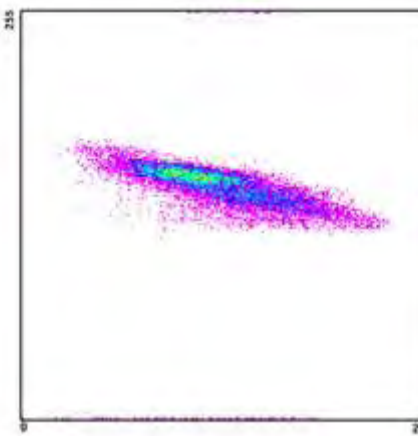
Διάγραμμα διασποράς 2003_9_2



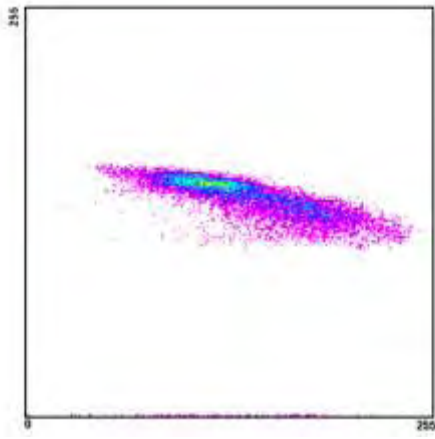
Διάγραμμα διασποράς 2003_9_3



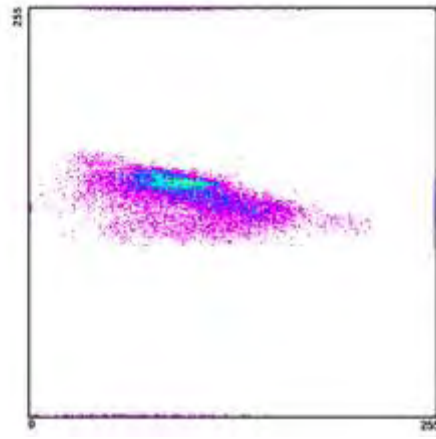
Διάγραμμα διασποράς 2003_9_4



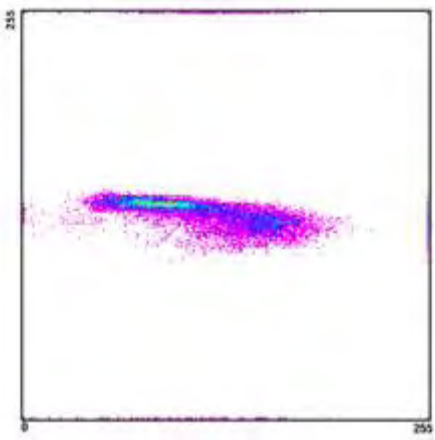
Διάγραμμα διασποράς 2003_9_5



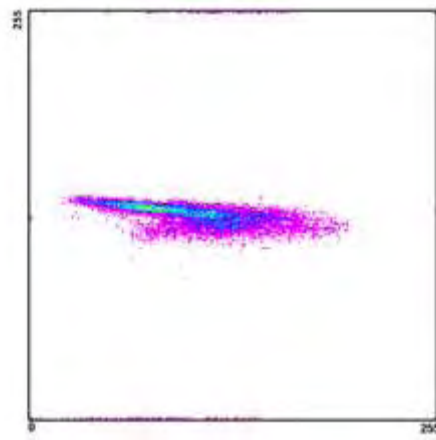
Διάγραμμα διασποράς 2003_10_1



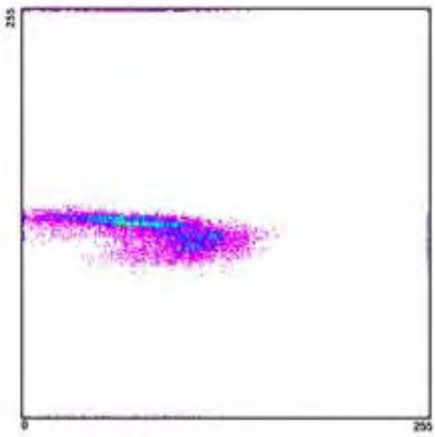
Διάγραμμα διασποράς 2003_10_2



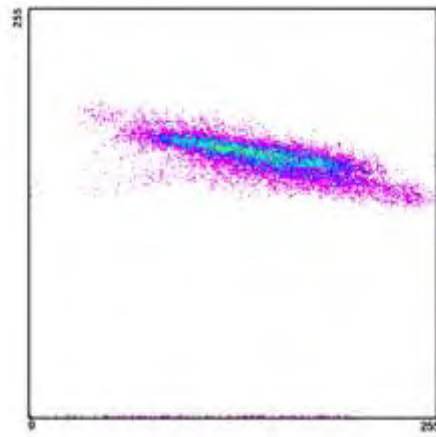
Διάγραμμα διασποράς 2003_10_3



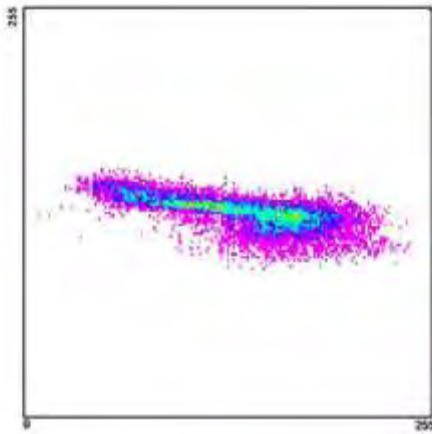
Διάγραμμα διασποράς 2003_10_4



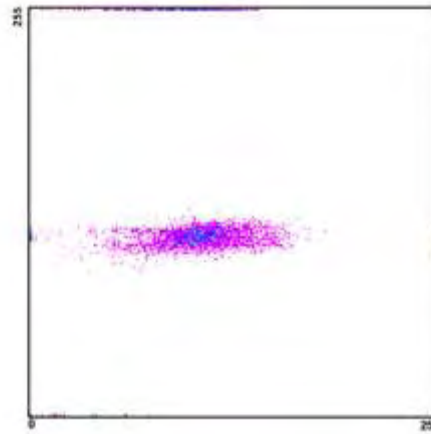
Διάγραμμα διασποράς 2003_11_1



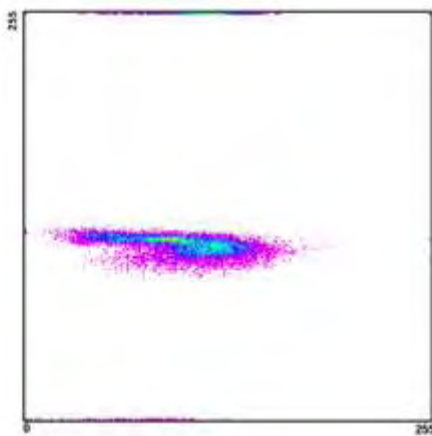
Διάγραμμα διασποράς 2003_11_2



Διάγραμμα διασποράς 2003_11_3



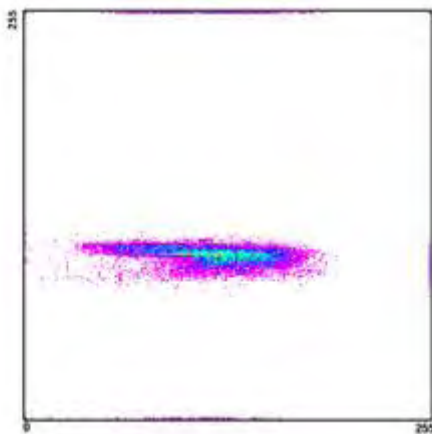
Διάγραμμα διασποράς 2003_11_4



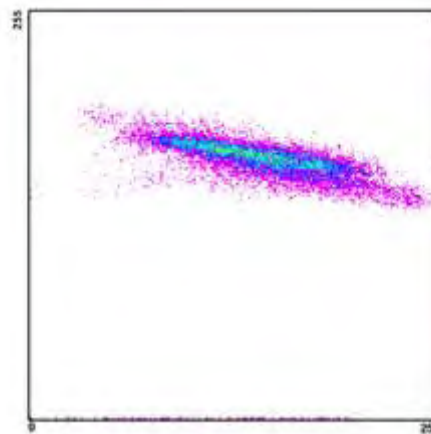
Διάγραμμα διασποράς 2003_12_1



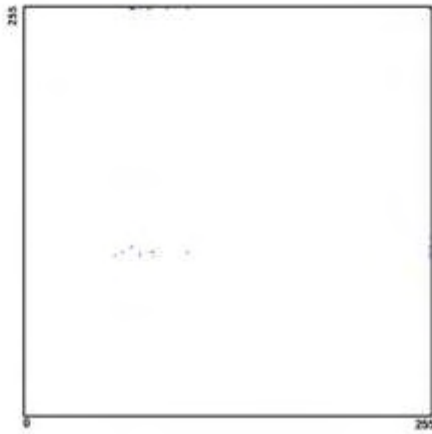
Διάγραμμα διασποράς 2003_12_2



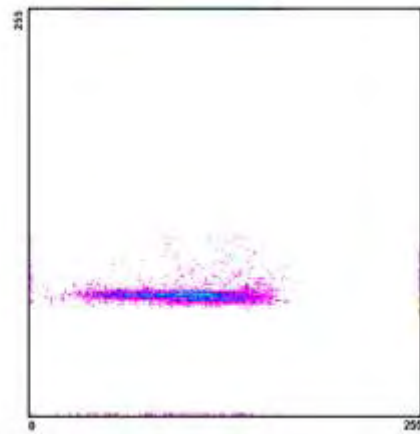
Διάγραμμα διασποράς 2003_12_3



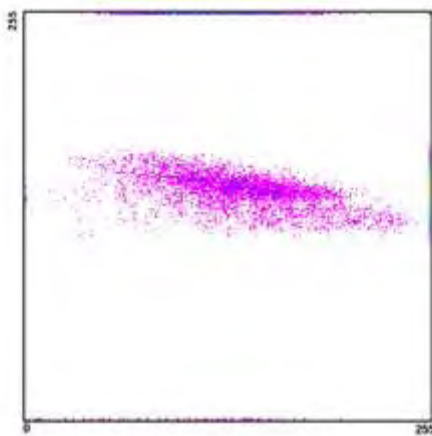
Διάγραμμα διασποράς 2003_12_4



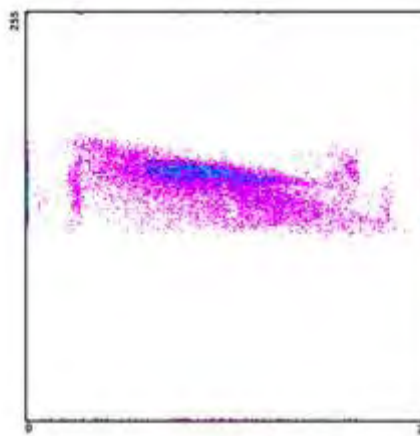
Διάγραμμα διασποράς 2003_12_5



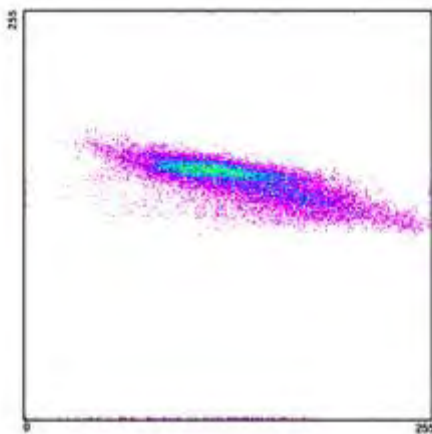
Διάγραμμα διασποράς 2004_1_1



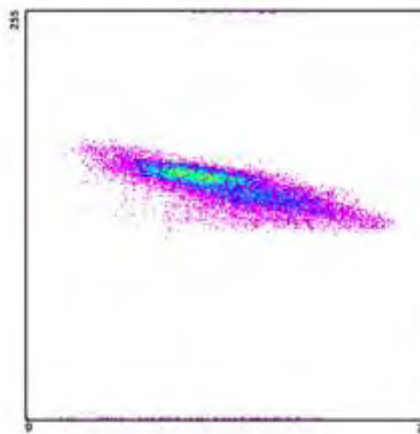
Διάγραμμα διασποράς 2004_2_1



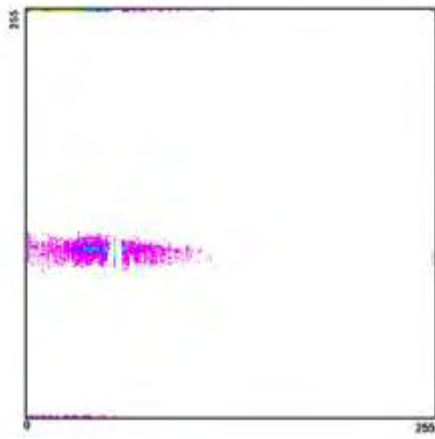
Διάγραμμα διασποράς 2004_2_2



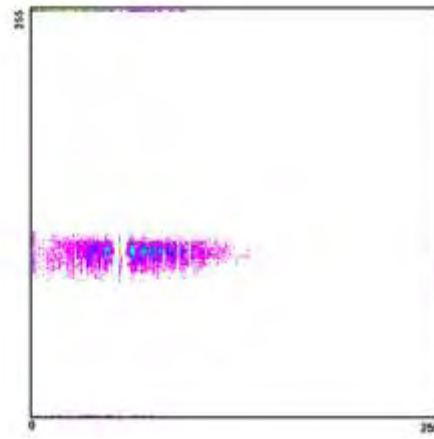
Διάγραμμα διασποράς 2004_2_3



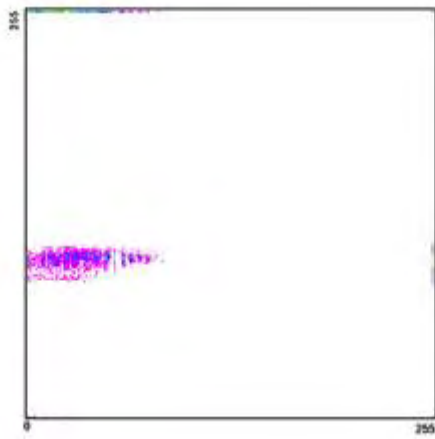
Διάγραμμα διασποράς 2004_2_4



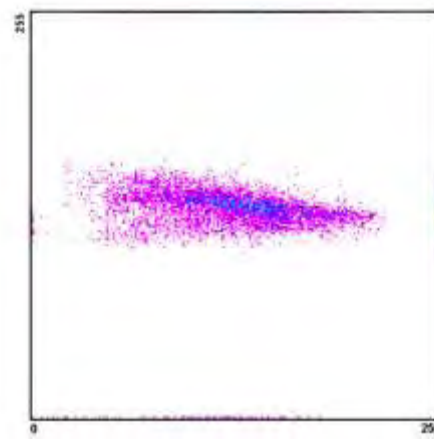
Διάγραμμα διασποράς 2004_3_1



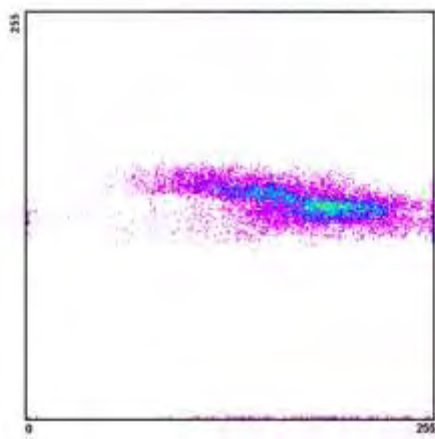
Διάγραμμα διασποράς 2004_3_2



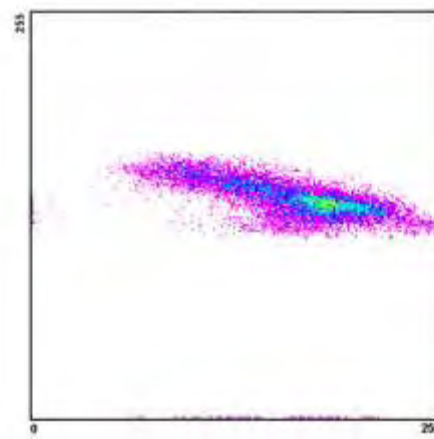
Διάγραμμα διασποράς 2004_4_2



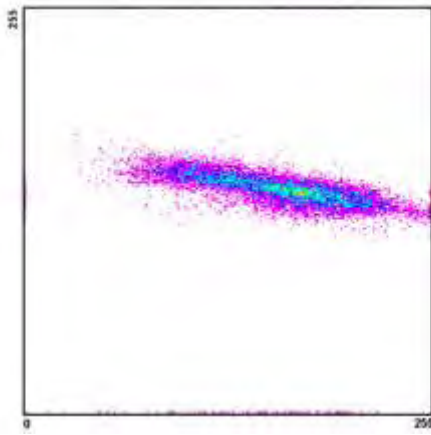
Διάγραμμα διασποράς 2004_4_3



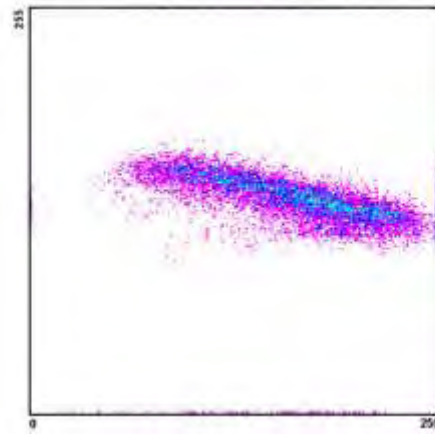
Διάγραμμα διασποράς 2004_5_1



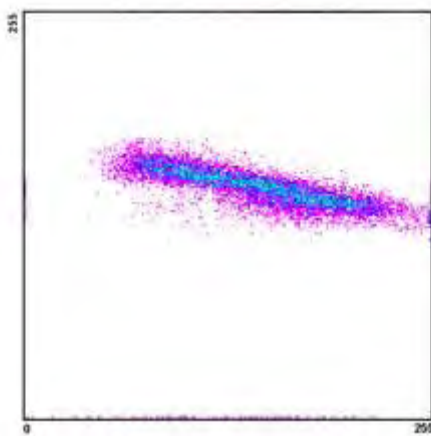
Διάγραμμα διασποράς 2004_5_2



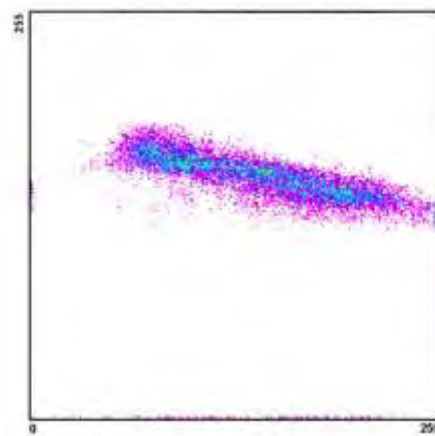
Διάγραμμα διασποράς 2004_5_3



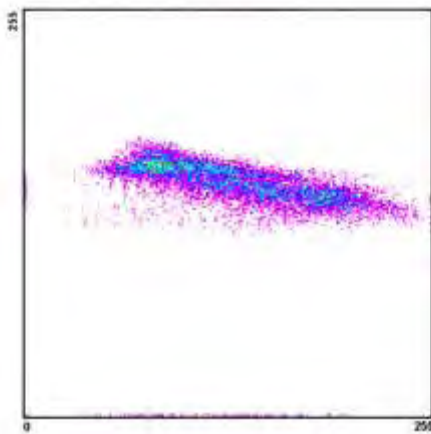
Διάγραμμα διασποράς 2004_5_4



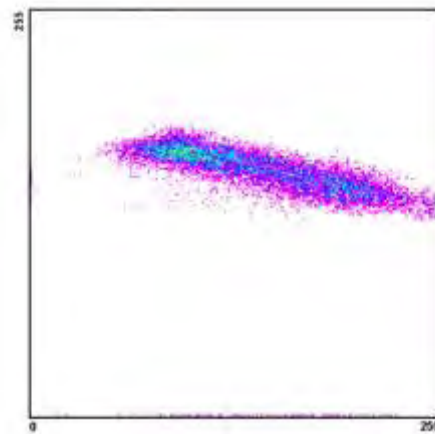
Διάγραμμα διασποράς 2004_5_5



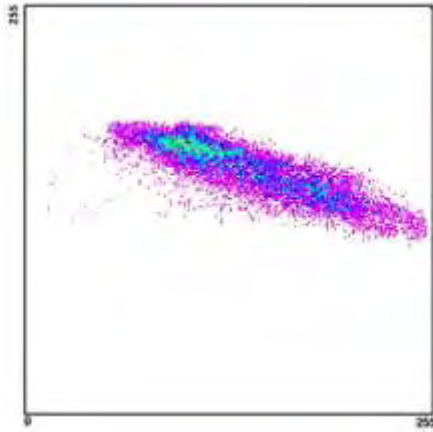
Διάγραμμα διασποράς 2004_6_1



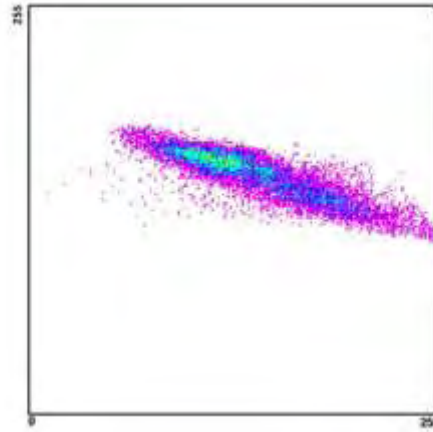
Διάγραμμα διασποράς 2004_6_2



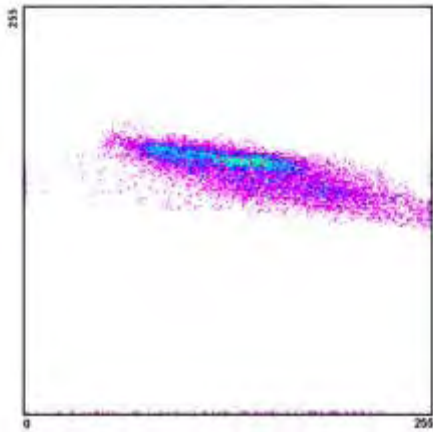
Διάγραμμα διασποράς 2004_6_3



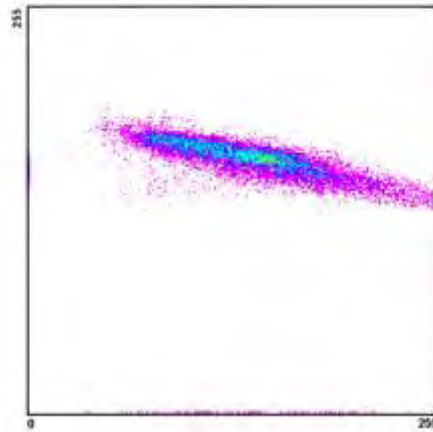
Διάγραμμα διασποράς 2004_6_4



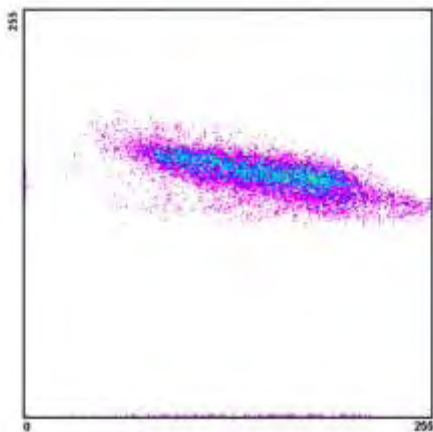
Διάγραμμα διασποράς 2004_7_1



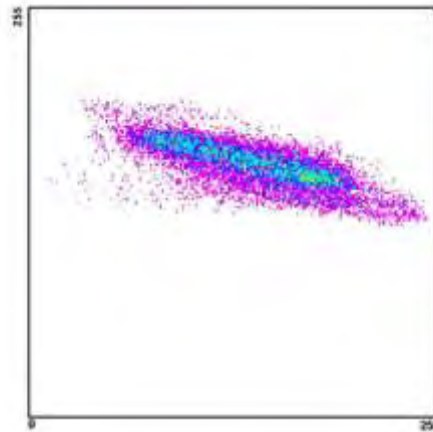
Διάγραμμα διασποράς 2004_7_2



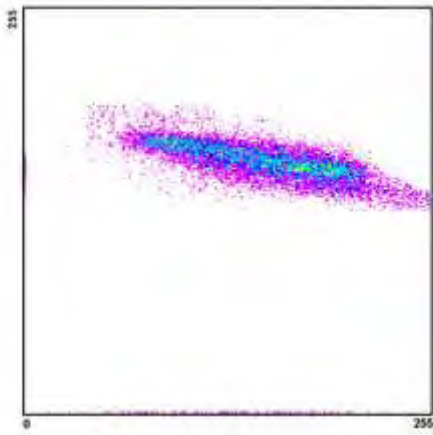
Διάγραμμα διασποράς 2004_7_3



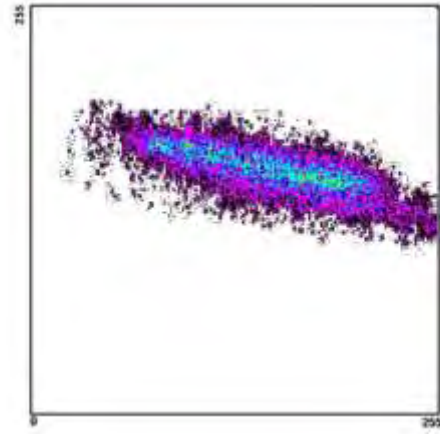
Διάγραμμα διασποράς 2004_7_4



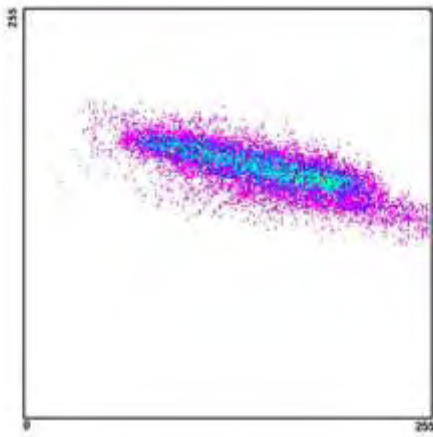
Διάγραμμα διασποράς 2004_8_1



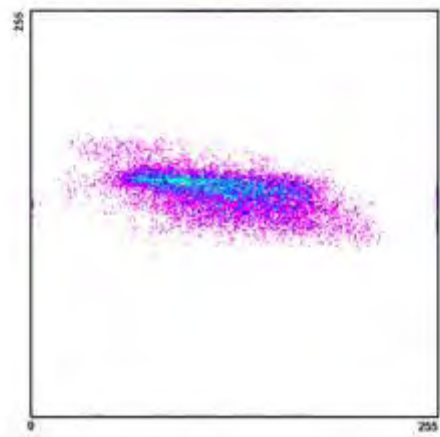
Διάγραμμα διασποράς 2004_8_2



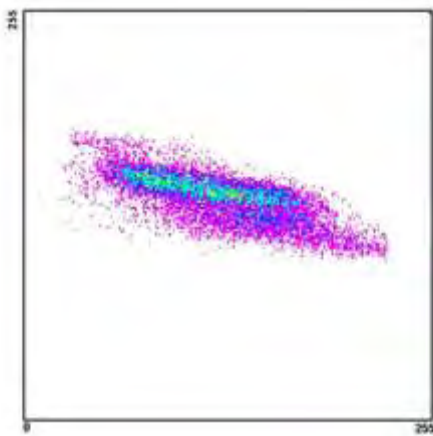
Διάγραμμα διασποράς 2004_8_3



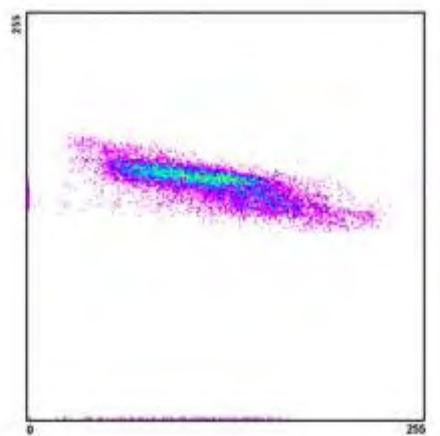
Διάγραμμα διασποράς 2004_8_4



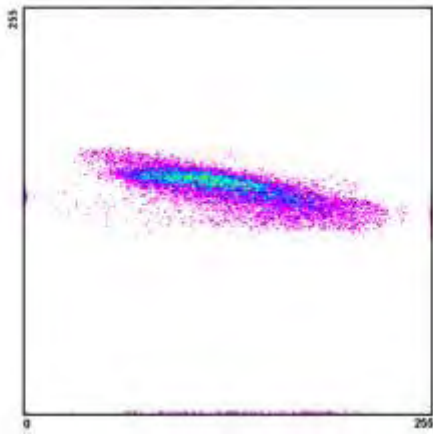
Διάγραμμα διασποράς 2004_9_1



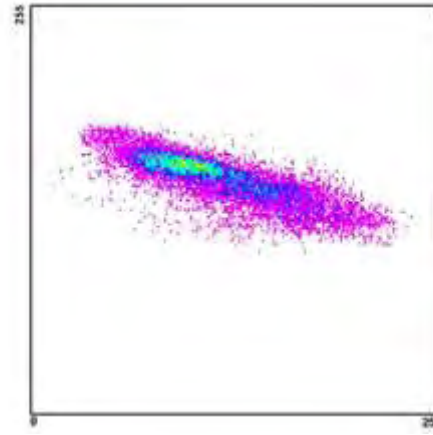
Διάγραμμα διασποράς 2004_9_2



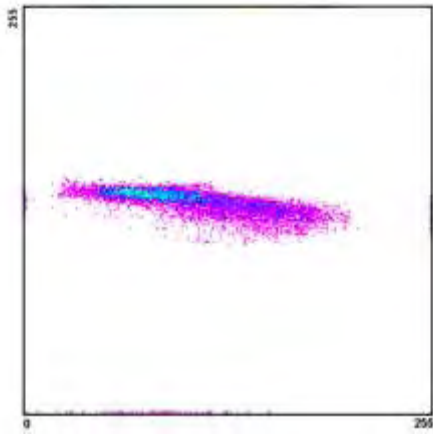
Διάγραμμα διασποράς 2004_9_3



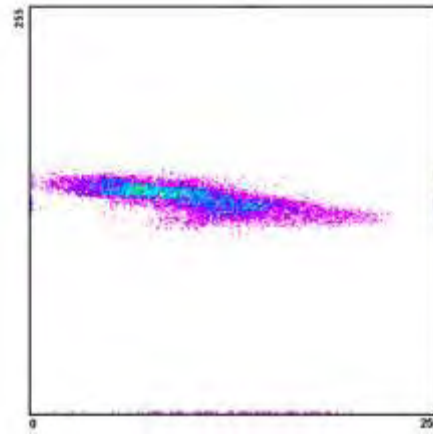
Διάγραμμα διασποράς 2004_9_4



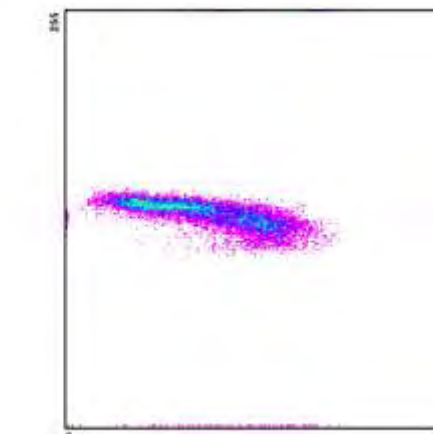
Διάγραμμα διασποράς 2004_10_1



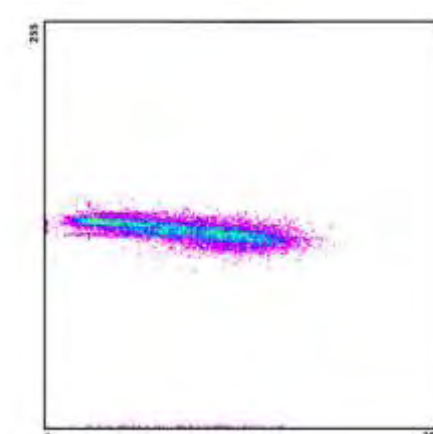
Διάγραμμα διασποράς 2004_10_2



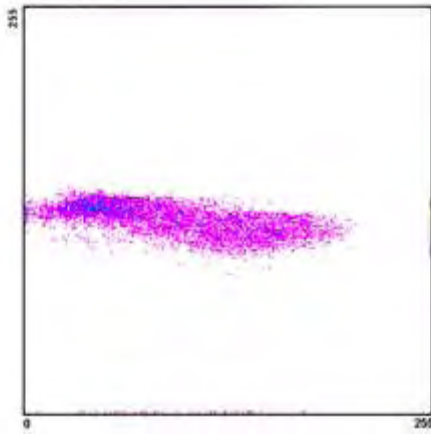
Διάγραμμα διασποράς 2004_10_3



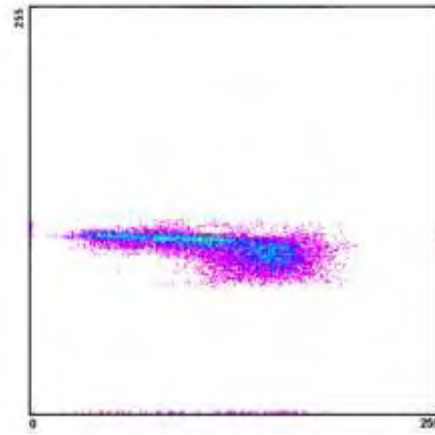
Διάγραμμα διασποράς 2004_10_4



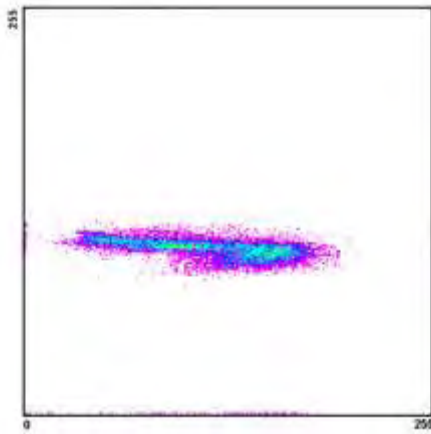
Διάγραμμα διασποράς 2004_11_1



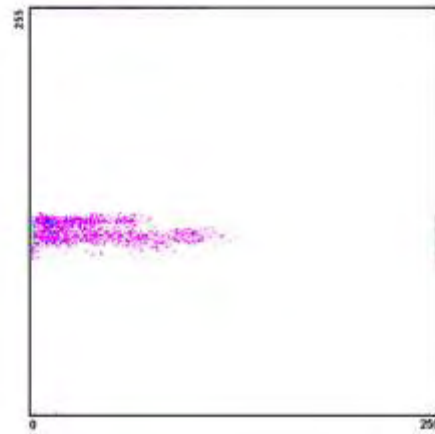
Διάγραμμα διασποράς 2004_11_2



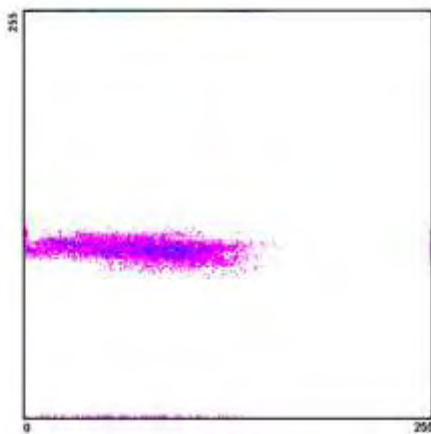
Διάγραμμα διασποράς 2004_11_3



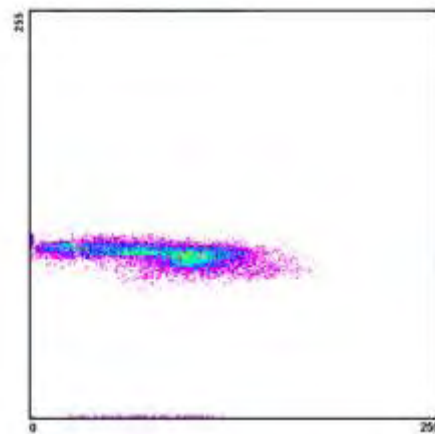
Διάγραμμα διασποράς 2004_11_4



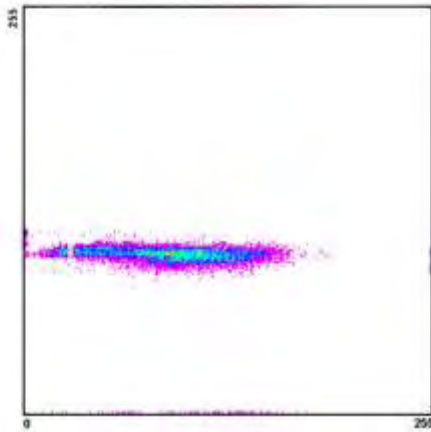
Διάγραμμα διασποράς 2004_11_5



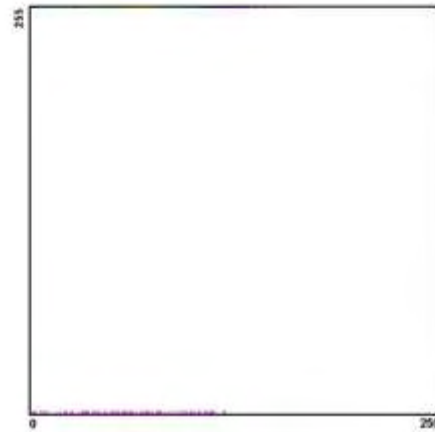
Διάγραμμα διασποράς 2004_12_1



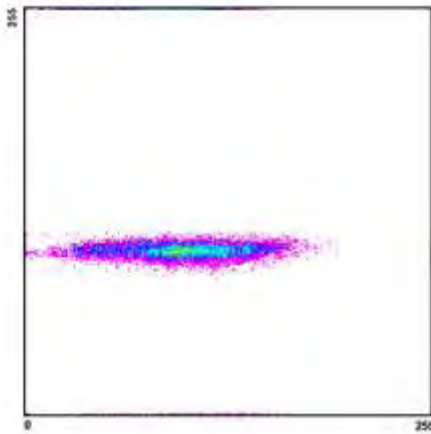
Διάγραμμα διασποράς 2004_12_2



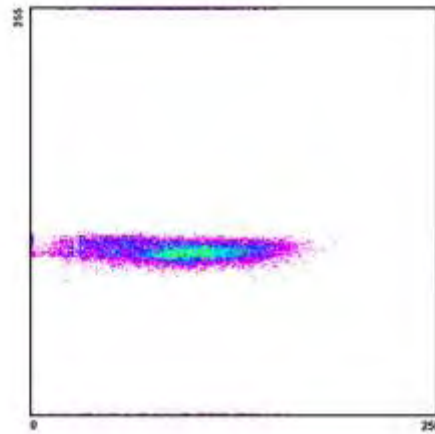
Διάγραμμα διασποράς 2004_12_3



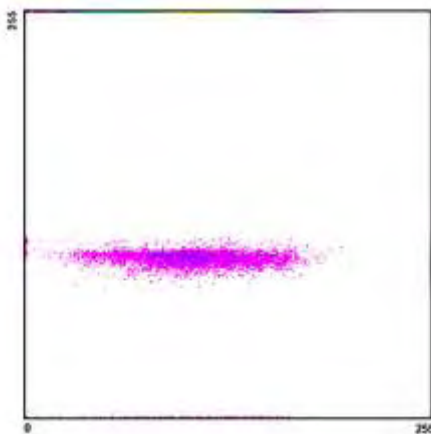
Διάγραμμα διασποράς 2004_12_4



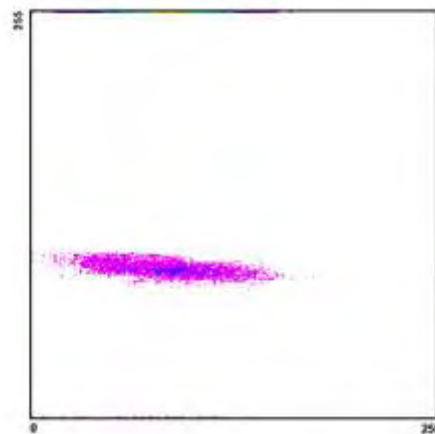
Διάγραμμα διασποράς 2005_1_1



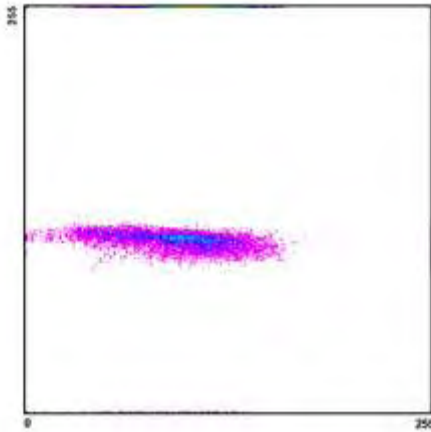
Διάγραμμα διασποράς 2005_1_2



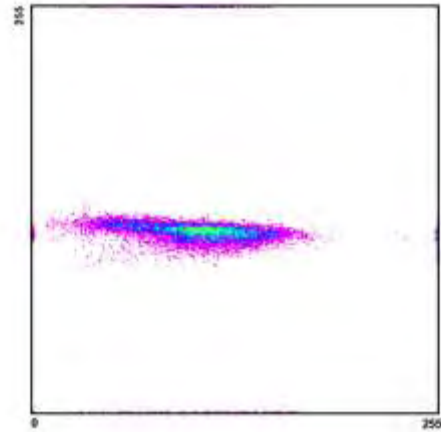
Διάγραμμα διασποράς 2005_1_3



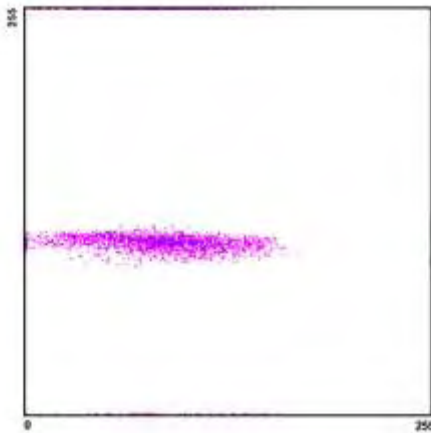
Διάγραμμα διασποράς 2005_2_1



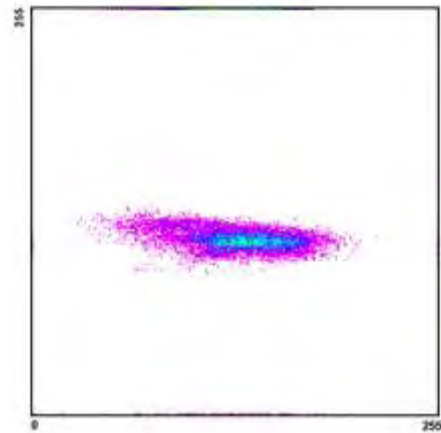
Διάγραμμα διασποράς 2005_2_2



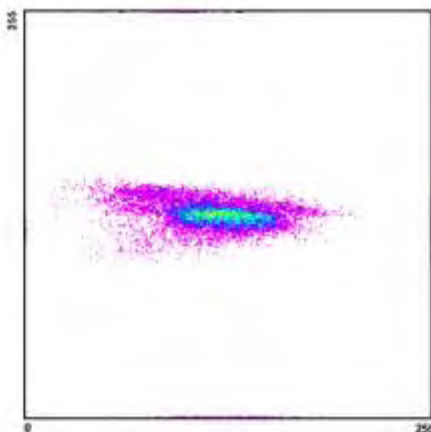
Διάγραμμα διασποράς 2005_2_3



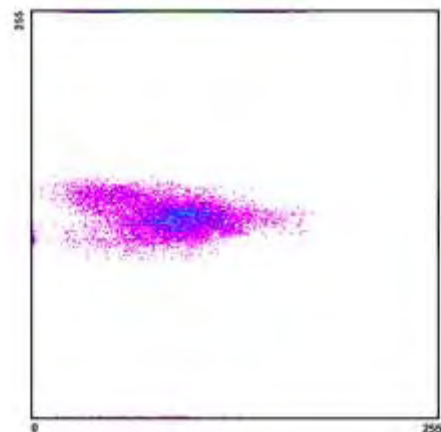
Διάγραμμα διασποράς 2005_2_4



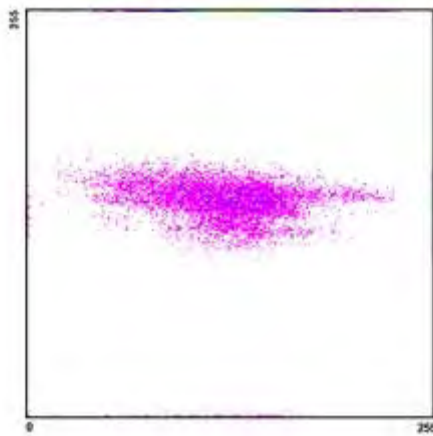
Διάγραμμα διασποράς 2005_3_1



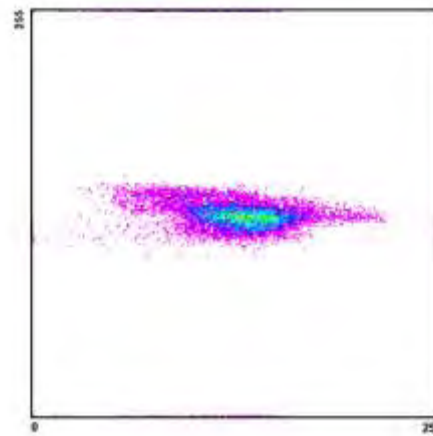
Διάγραμμα διασποράς 2005_3_2



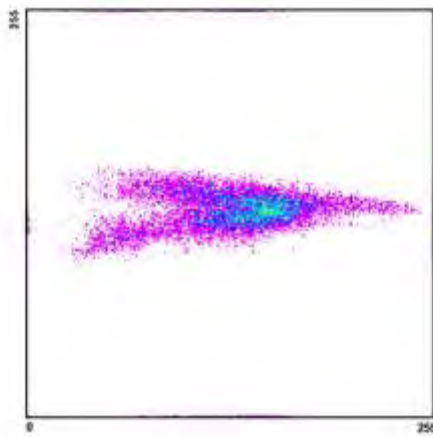
Διάγραμμα διασποράς 2005_3_3



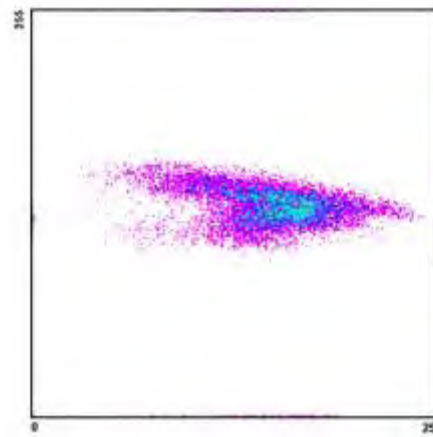
Διάγραμμα διασποράς 2005_3_4



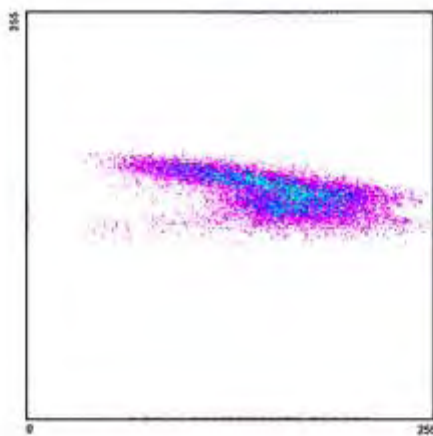
Διάγραμμα διασποράς 2005_4_1



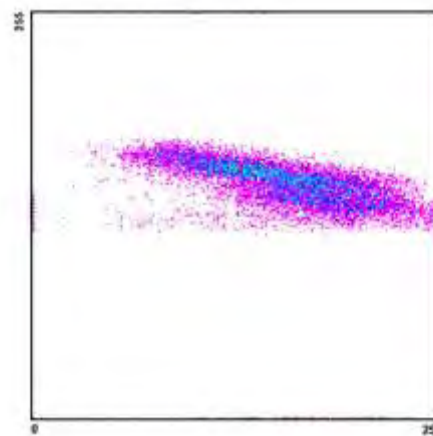
Διάγραμμα διασποράς 2005_4_2



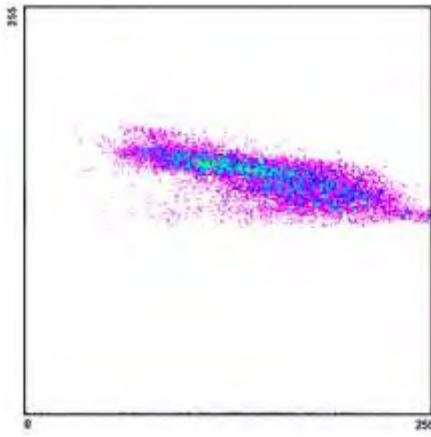
Διάγραμμα διασποράς 2005_4_3



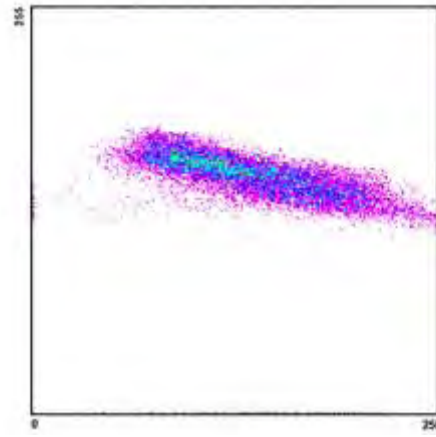
Διάγραμμα διασποράς 2005_4_4



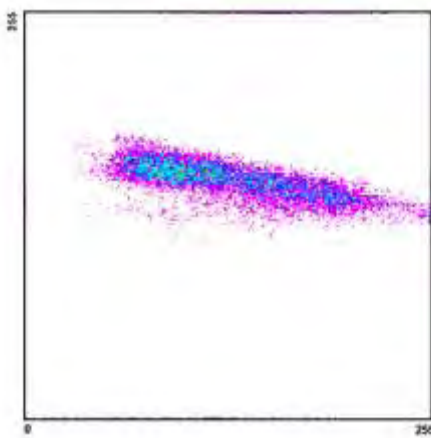
Διάγραμμα διασποράς 2005_5_1



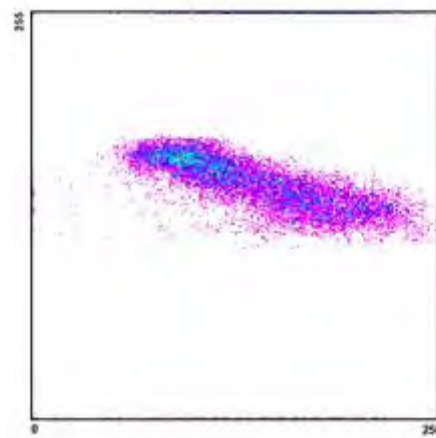
Διάγραμμα διασποράς 2005_5_2



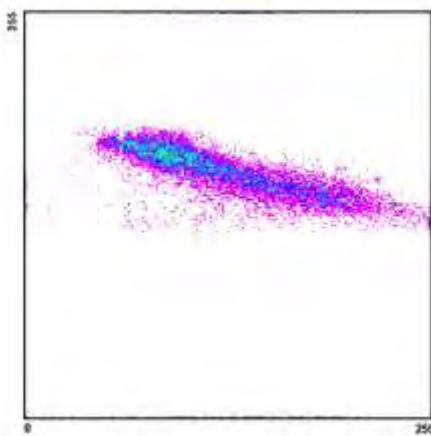
Διάγραμμα διασποράς 2005_5_3



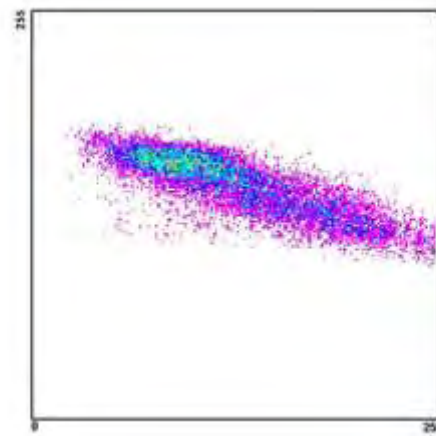
Διάγραμμα διασποράς 2005_5_4



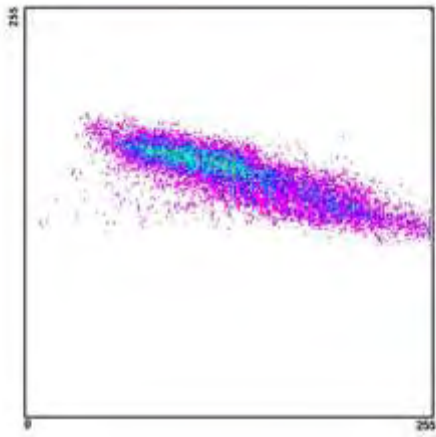
Διάγραμμα διασποράς 2005_6_1



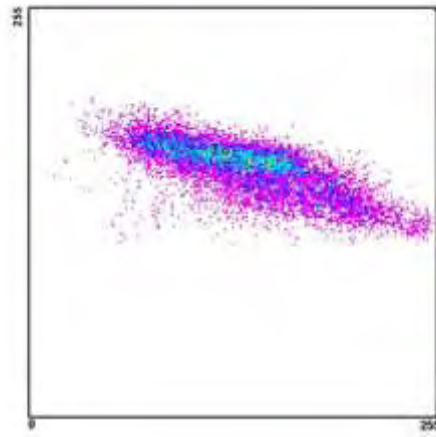
Διάγραμμα διασποράς 2005_6_2



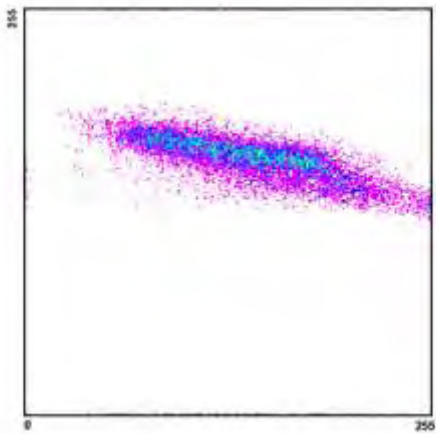
Διάγραμμα διασποράς 2005_6_3



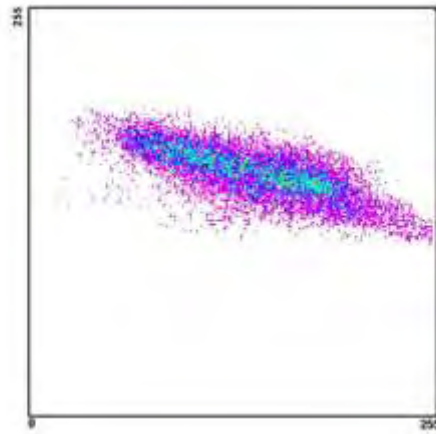
Διάγραμμα διασποράς 2005_6_4



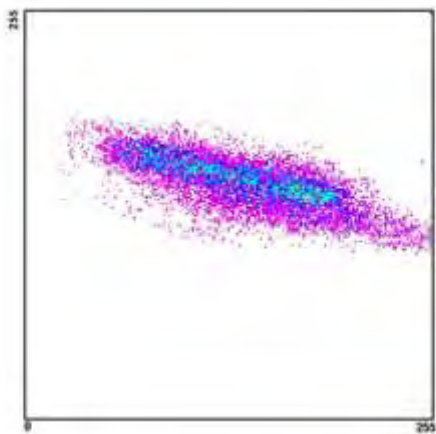
Διάγραμμα διασποράς 2005_7_1



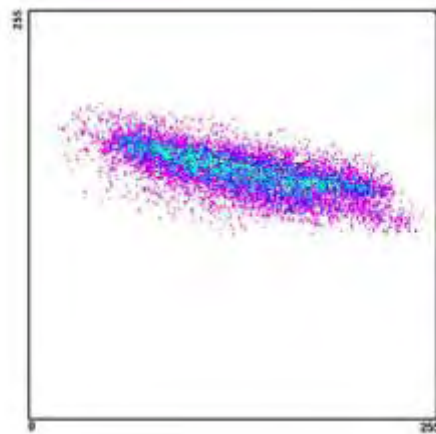
Διάγραμμα διασποράς 2005_7_2



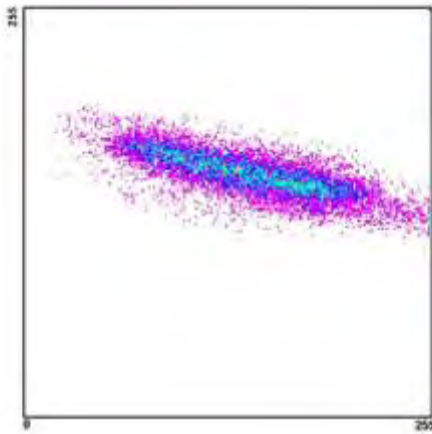
Διάγραμμα διασποράς 2005_7_3



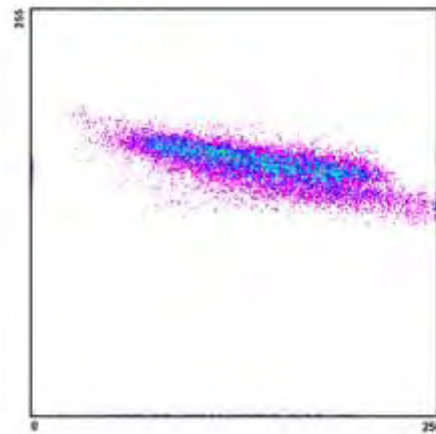
Διάγραμμα διασποράς 2005_7_4



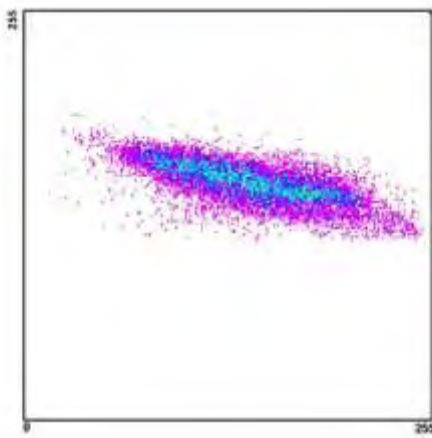
Διάγραμμα διασποράς 2005_8_1



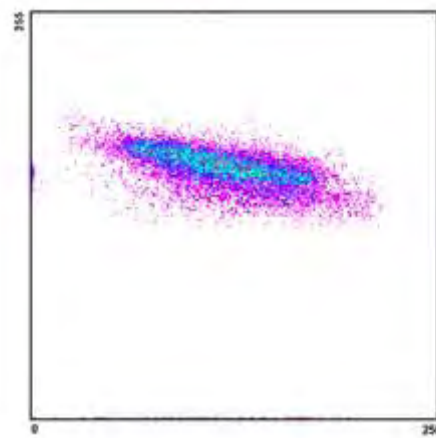
Διάγραμμα διασποράς 2005_8_2



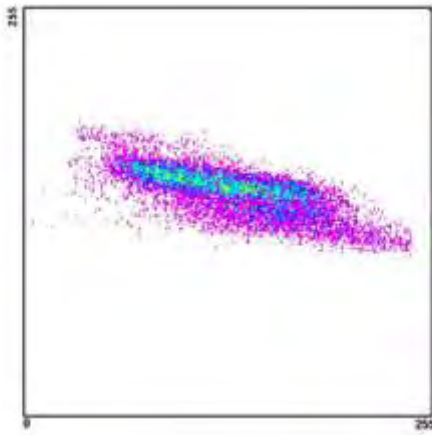
Διάγραμμα διασποράς 2005_8_3



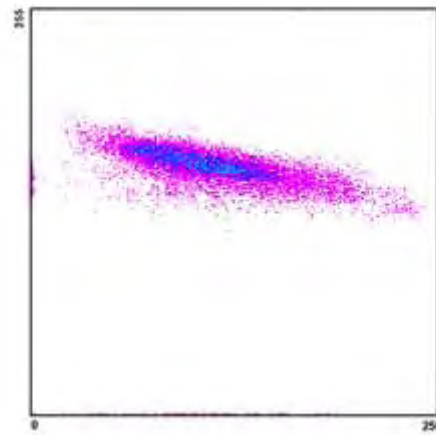
Διάγραμμα διασποράς 2005_8_4



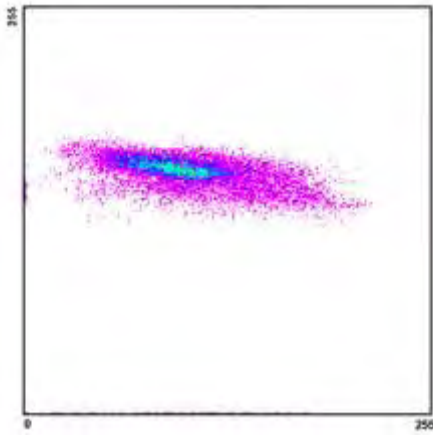
Διάγραμμα διασποράς 2005_9_1



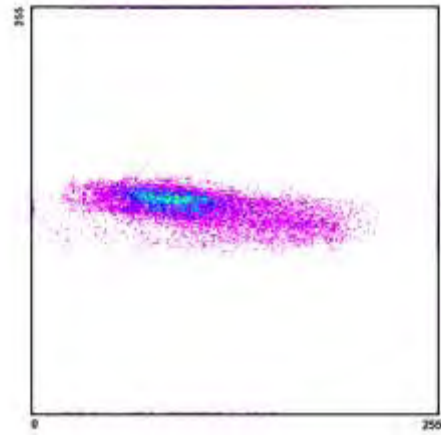
Διάγραμμα διασποράς 2005_9_2



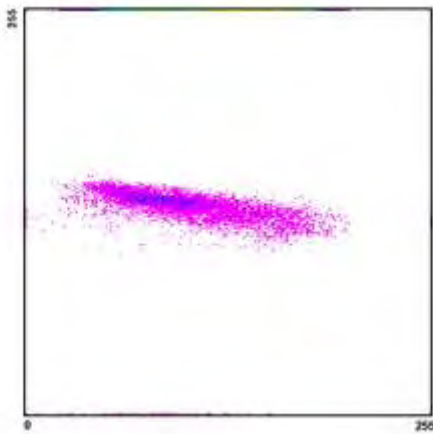
Διάγραμμα διασποράς 2005_9_3



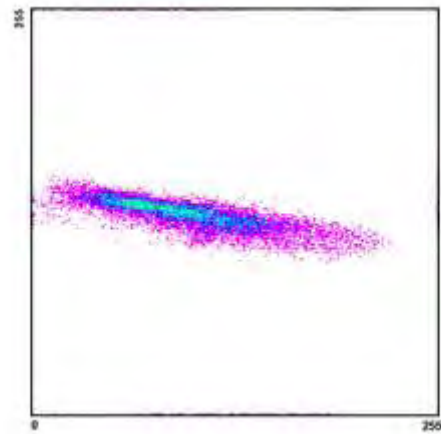
Διάγραμμα διασποράς 2005_9_4



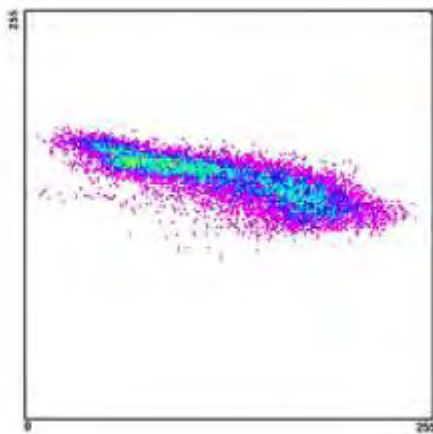
Διάγραμμα διασποράς 2005_10_1



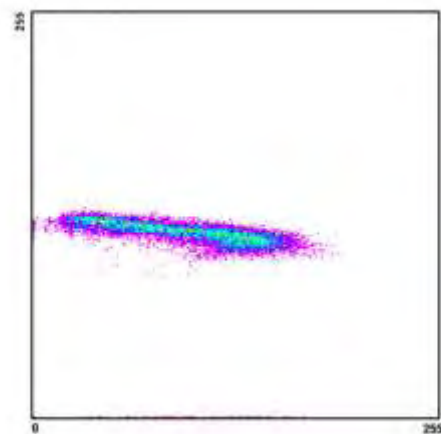
Διάγραμμα διασποράς 2005_10_2



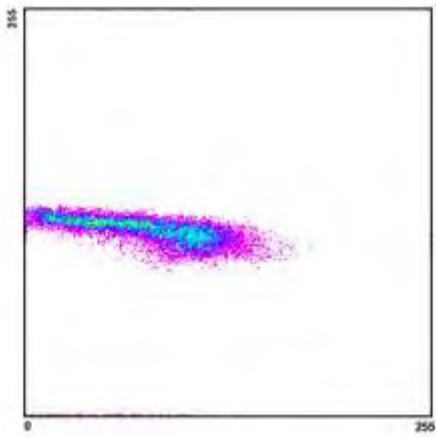
Διάγραμμα διασποράς 2005_10_3



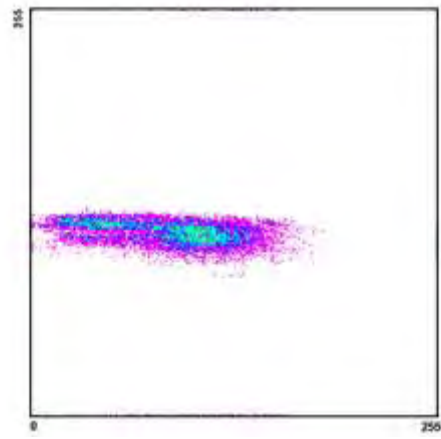
Διάγραμμα διασποράς 2005_10_4



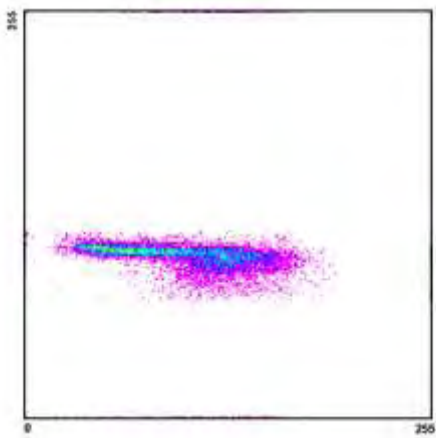
Διάγραμμα διασποράς 2005_10_5



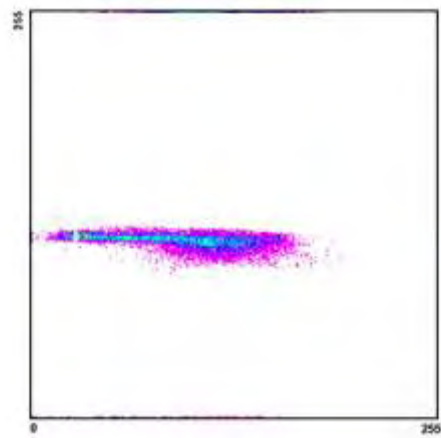
Διάγραμμα διασποράς 2005_11_1



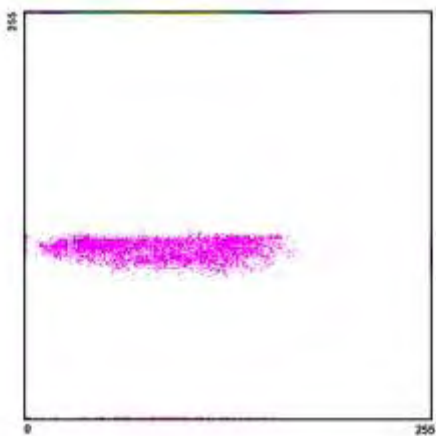
Διάγραμμα διασποράς 2005_11_2



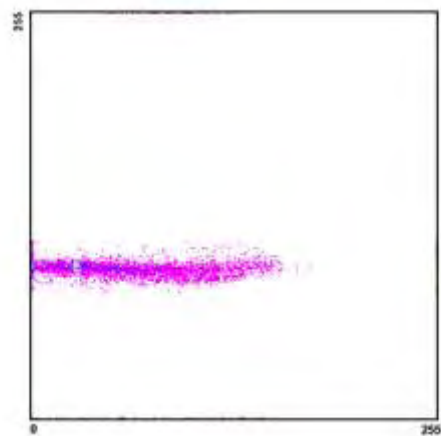
Διάγραμμα διασποράς 2005_11_3



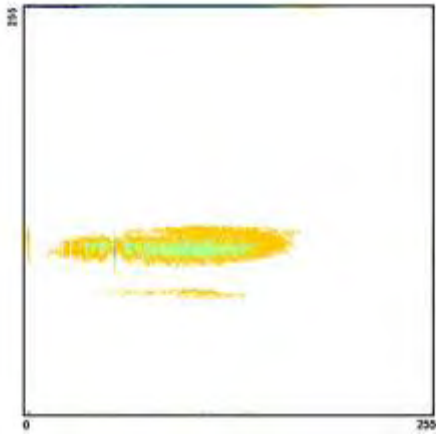
Διάγραμμα διασποράς 2005_11_4



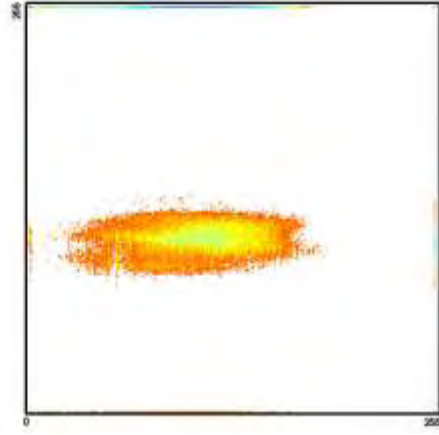
Διάγραμμα διασποράς 2005_12_1



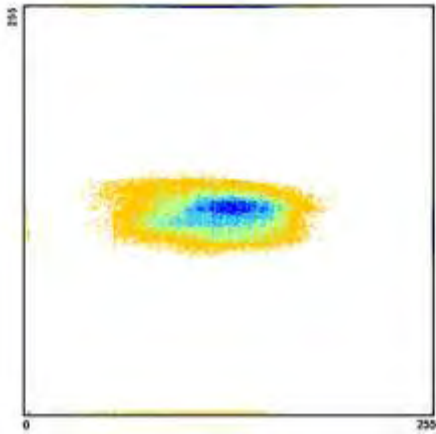
Διάγραμμα διασποράς 2005_12_2



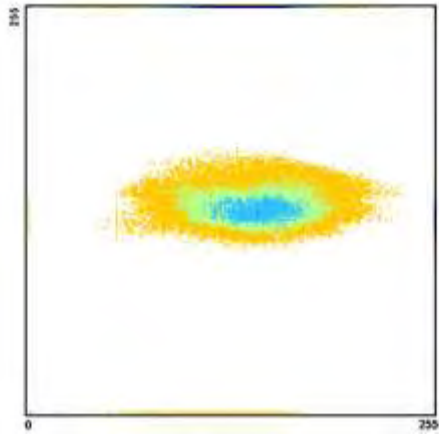
Διάγραμμα διασποράς Ιανουαρίου
2001-2005



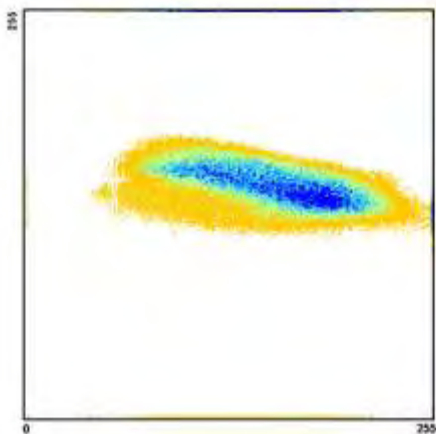
Διάγραμμα διασποράς Φεβρουαρίου
2001-2005



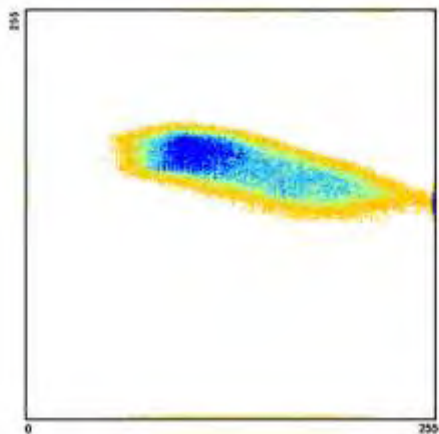
Διάγραμμα διασποράς Μαρτίου
2001-2005



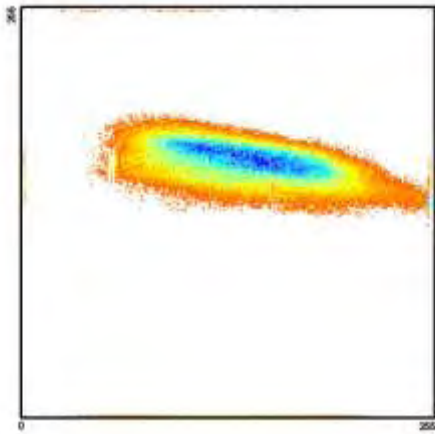
Διάγραμμα διασποράς Απριλίου
2001-2005



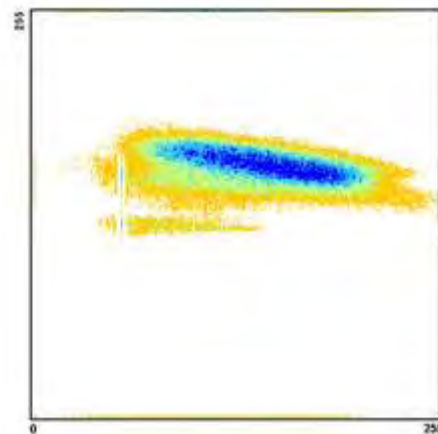
Διάγραμμα διασποράς Μαΐου
2001-2005



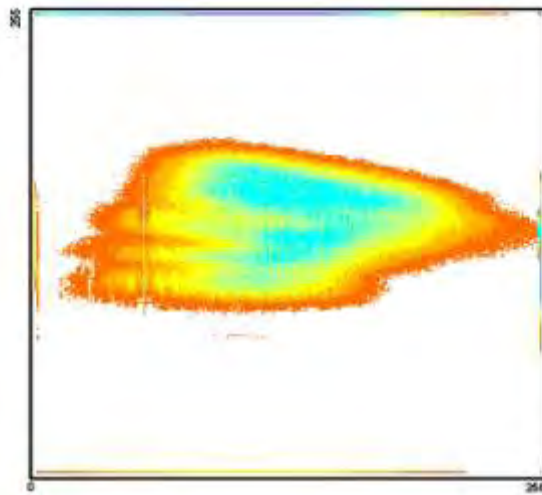
Διάγραμμα διασποράς Ιουνίου
2001-2005



Διάγραμμα διασποράς Ιουλίου
2001-2005



Διάγραμμα διασποράς Αυγούστου
2001-2005



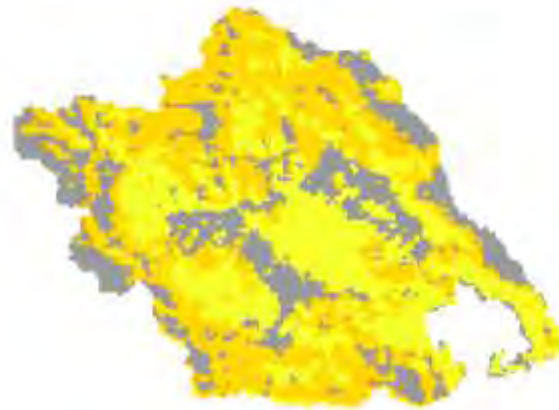
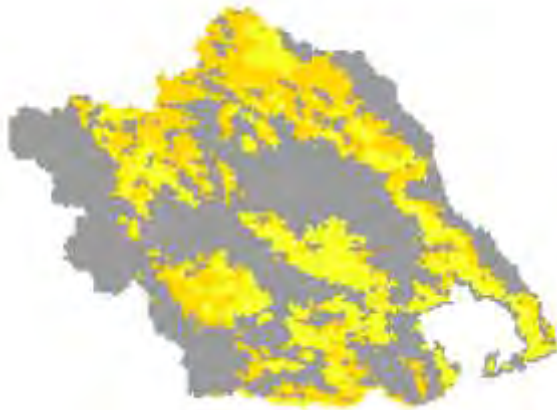
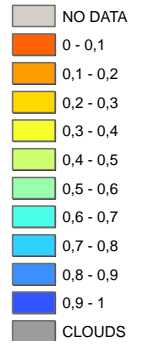
Διάγραμμα διασποράς
2001- 2005

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2⁰

Χάρτες TVDI που δημιουργήθηκαν από την επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων LST και NDVI για την χρονική περίοδο 2001-2005.

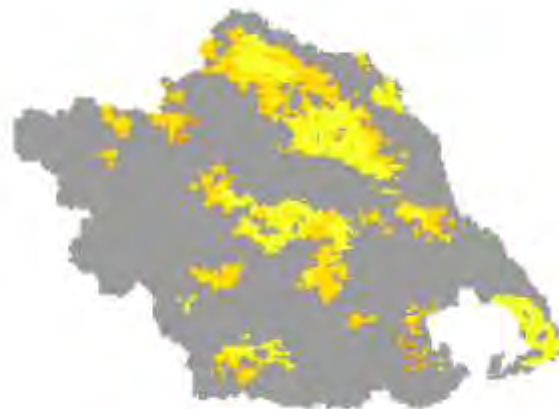
Χάρτης TVDI 2001_1_1

Χάρτης TVDI 2001_1_2

**TVDI VALUES**

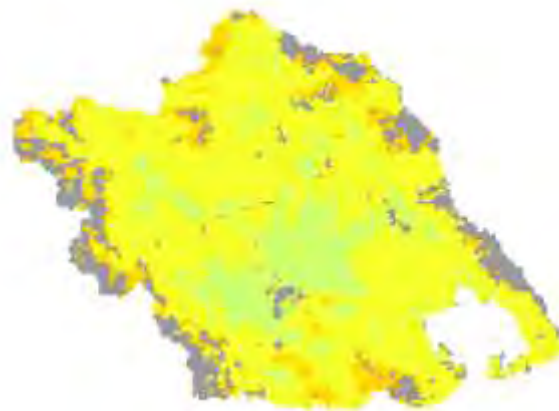
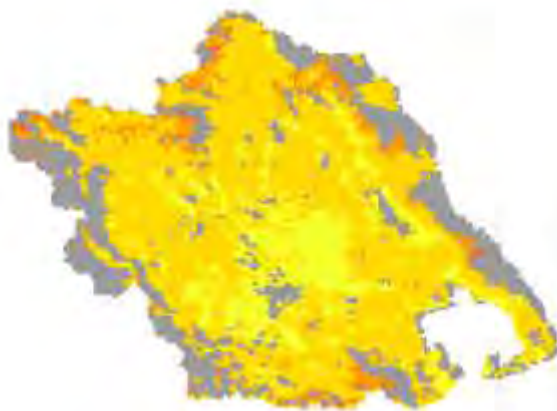
Χάρτης TVDI 2001_1_3

Χάρτης TVDI 2001_1_4

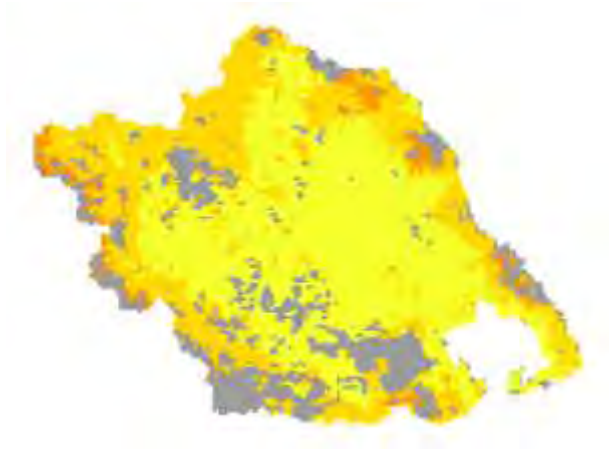


Χάρτης TVDI 2001_1_5

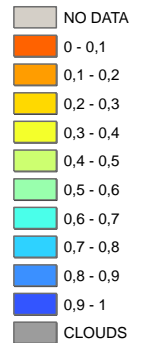
Χάρτης TVDI 2001_2_1



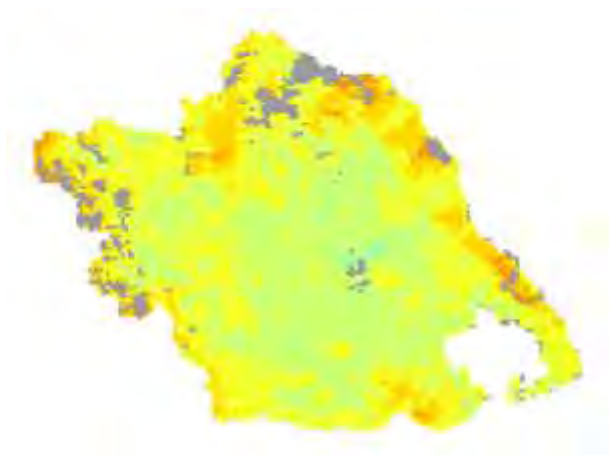
Χάρτης TVDI 2001_2_2



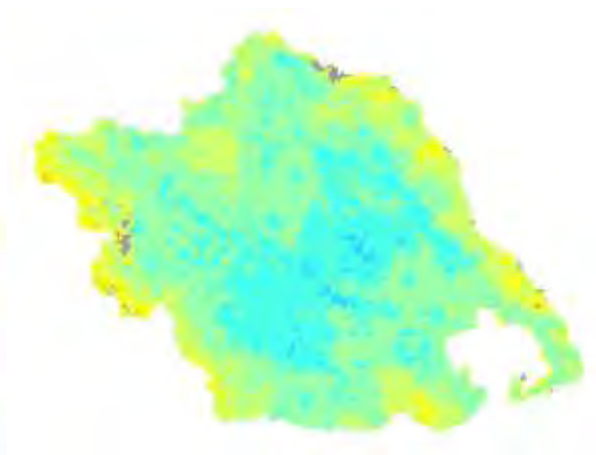
Χάρτης TVDI 2001_2_3

**TVDI VALUES**

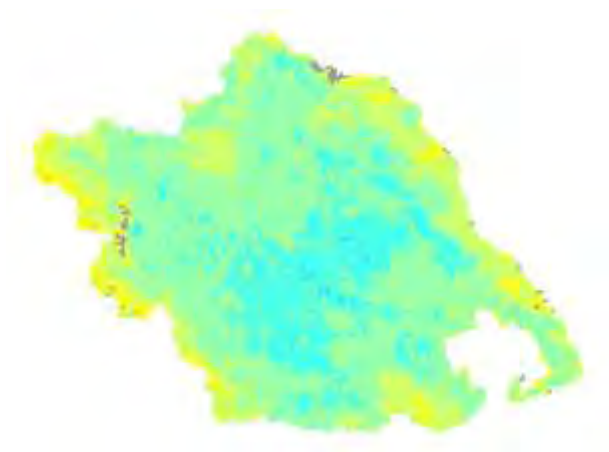
Χάρτης TVDI 2001_3_1



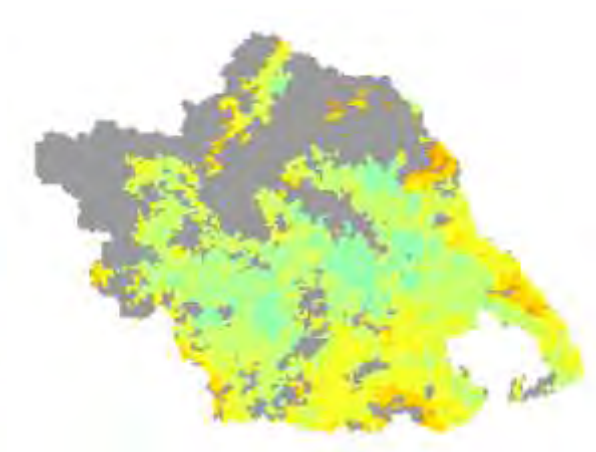
Χάρτης TVDI 2001_3_2



Χάρτης TVDI 2001_3_3

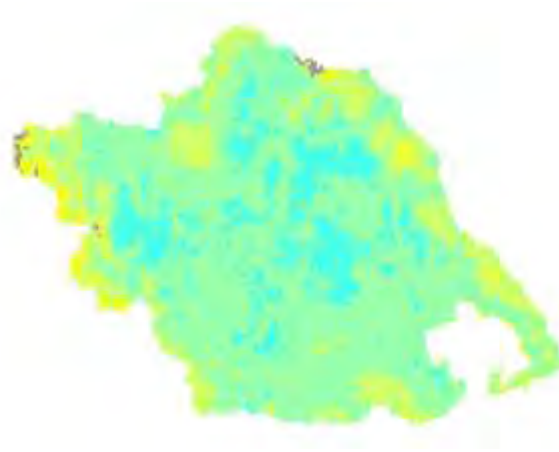
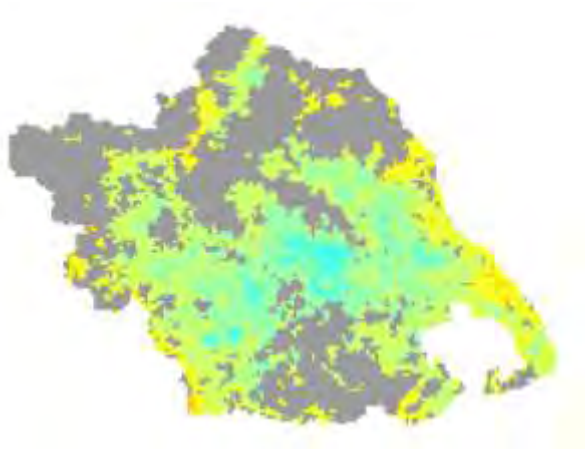
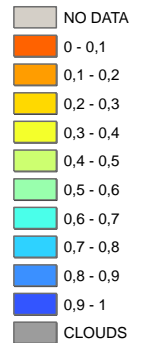


Χάρτης TVDI 2001_4_1



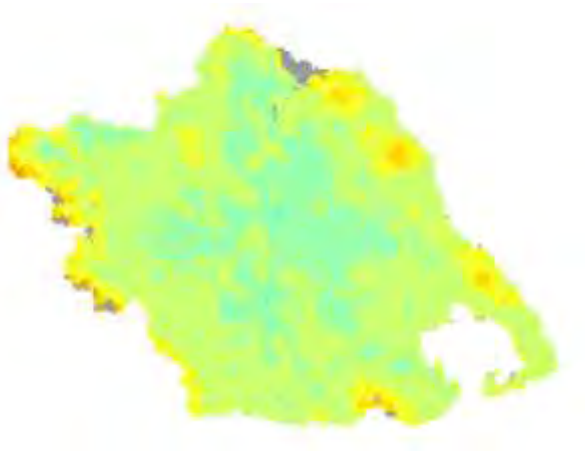
Χάρτης TVDI 2001_4_2

Χάρτης TVDI 2001_4_3

**TVDI VALUES**

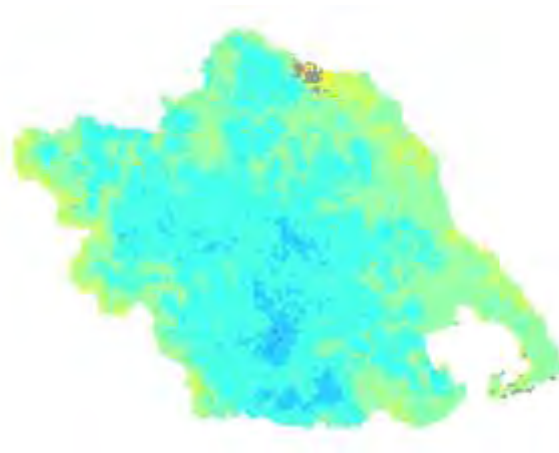
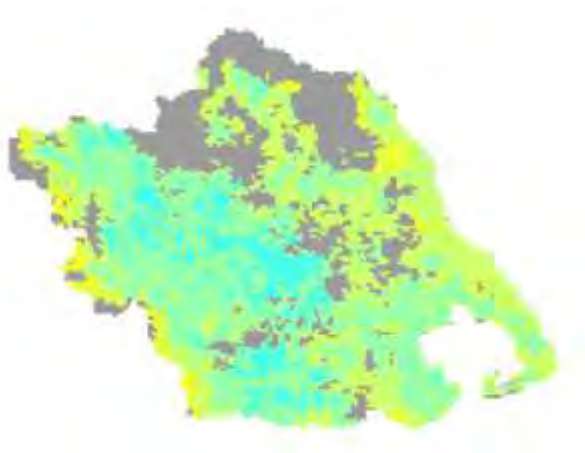
Χάρτης TVDI 2001_4_4

Χάρτης TVDI 2001_4_5



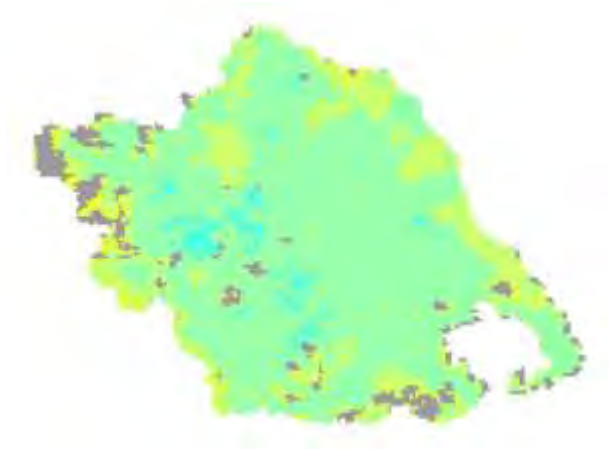
Χάρτης TVDI 2001_5_1

Χάρτης TVDI 2001_5_2

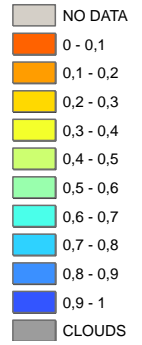


Χάρτης TVDI 2001_5_3

Χάρτης TVDI 2001_5_4

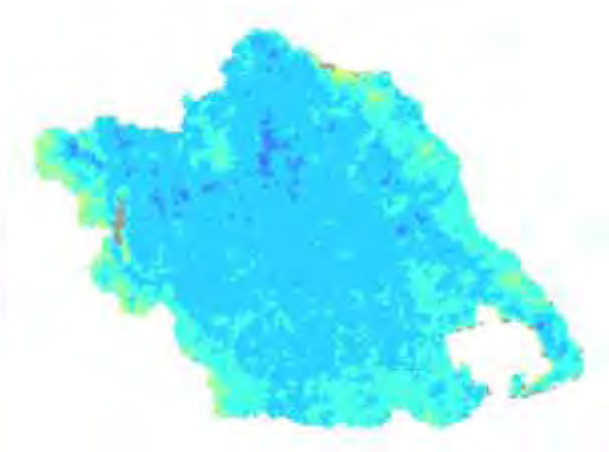
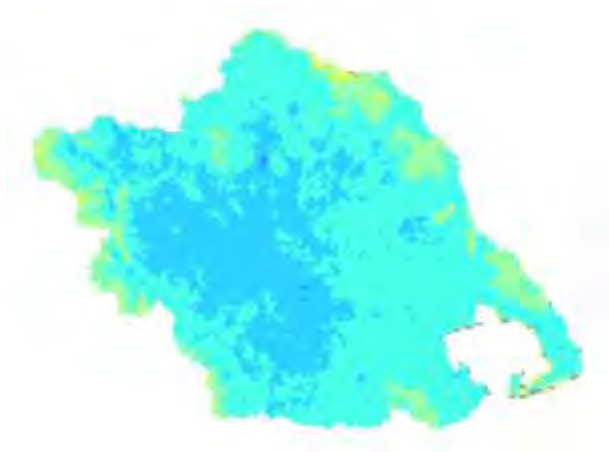


TVDI VALUES



Χάρτης TVDI 2001_6_1

Χάρτης TVDI 2001_6_2



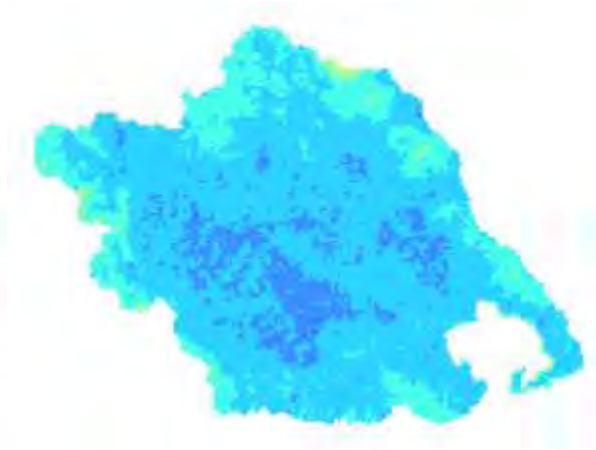
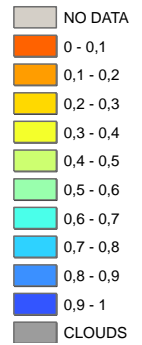
Χάρτης TVDI 2001_6_3

Χάρτης TVDI 2001_6_4



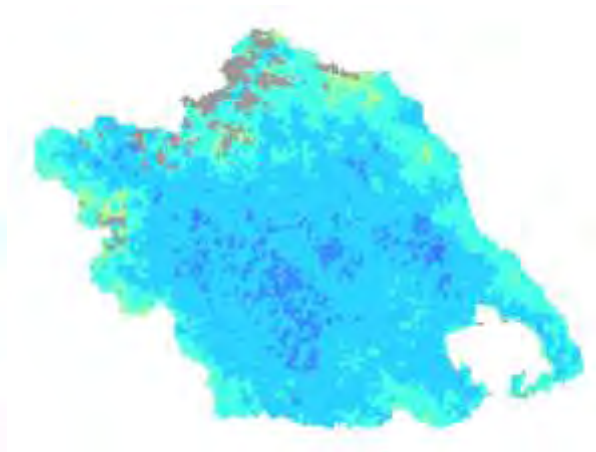
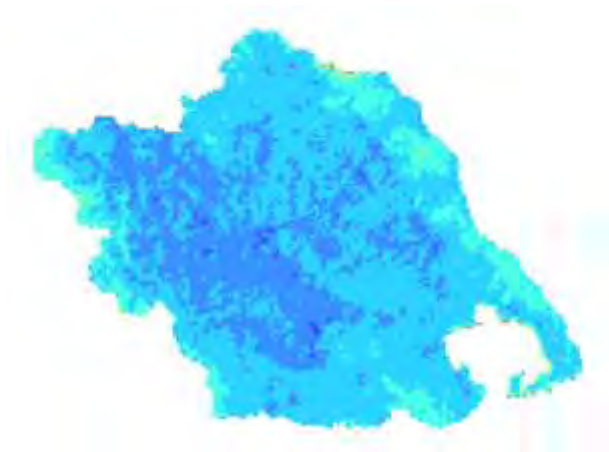
Χάρτης TVDI 2001_7_1

Χάρτης TVDI 2001_7_2

**TVDI VALUES**

Χάρτης TVDI 2001_7_3

Χάρτης TVDI 2001_7_4



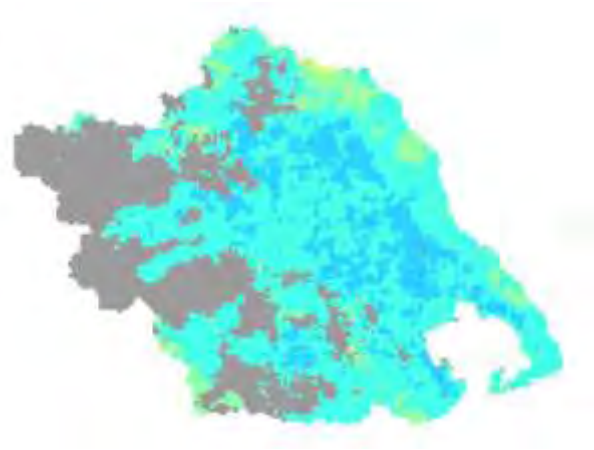
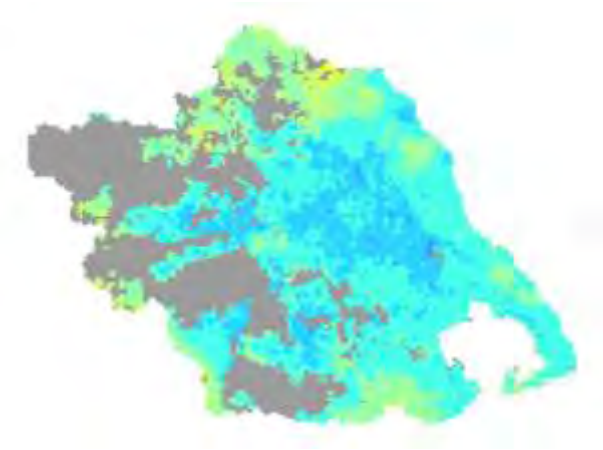
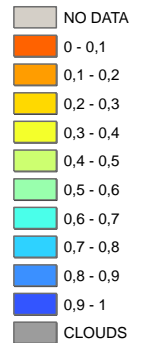
Χάρτης TVDI 2001_7_5

Χάρτης TVDI 2001_8_1



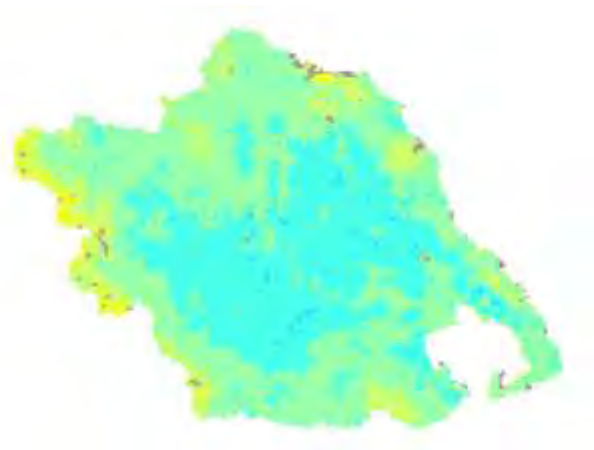
Χάρτης TVDI 2001_8_2

Χάρτης TVDI 2001_8_3

**TVDI VALUES**

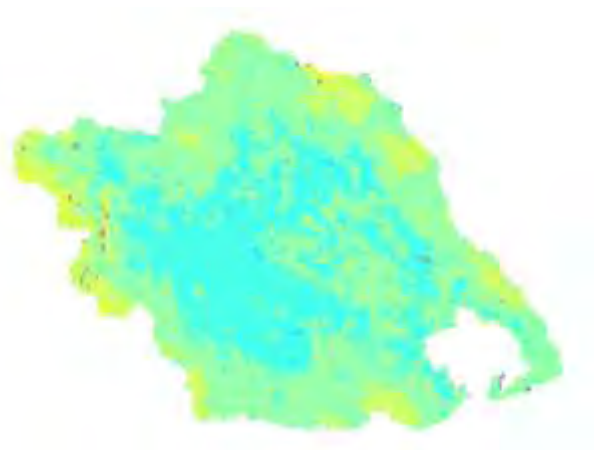
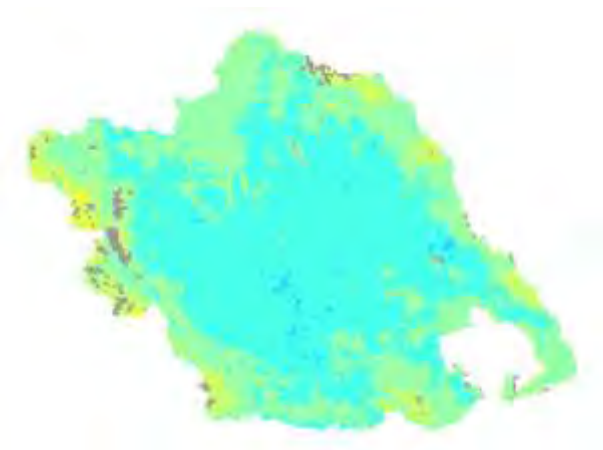
Χάρτης TVDI 2001_8_4

Χάρτης TVDI 2001_9_1

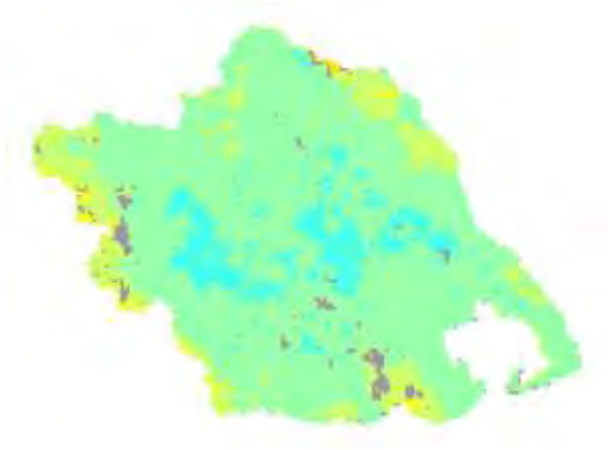


Χάρτης TVDI 2001_9_2

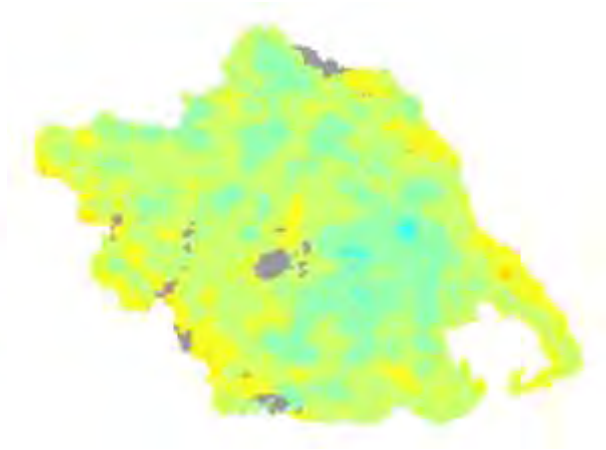
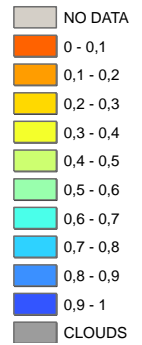
Χάρτης TVDI 2001_9_3



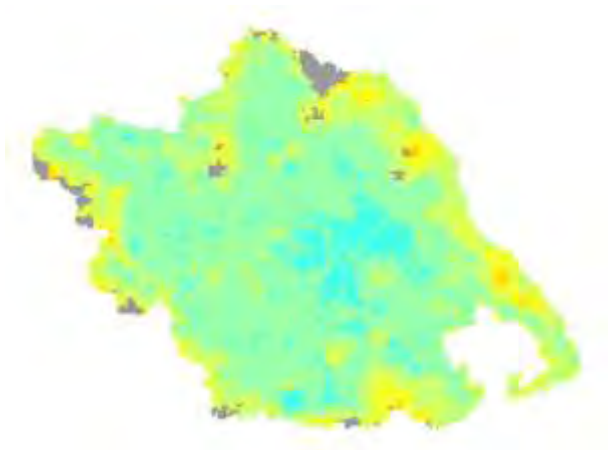
Χάρτης TVDI 2001_9_4



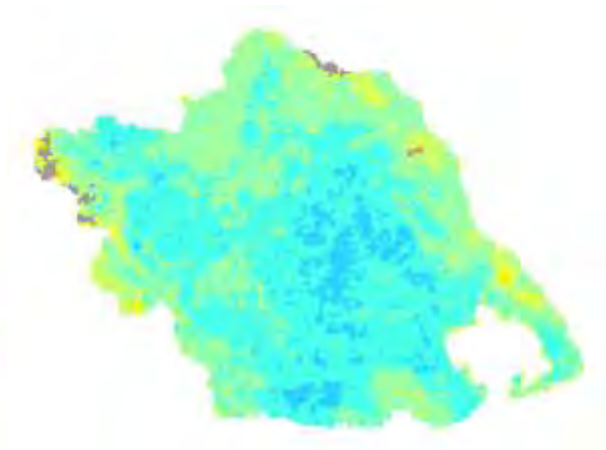
Χάρτης TVDI 2002_3_1

**TVDI VALUES**

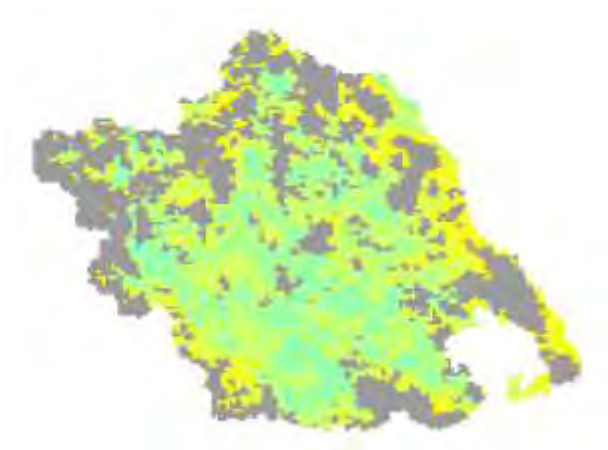
Χάρτης TVDI 2002_3_2



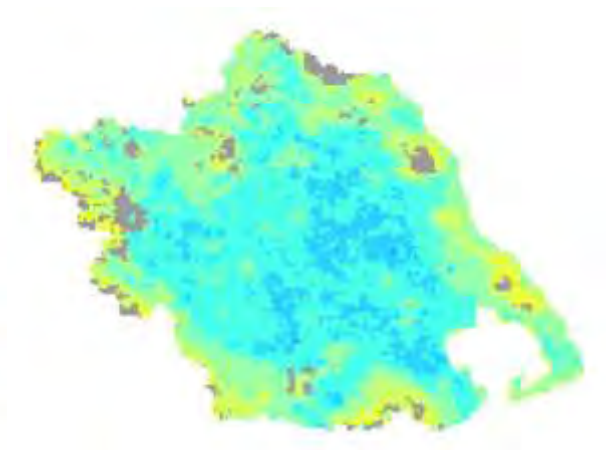
Χάρτης TVDI 2002_3_3



Χάρτης TVDI 2002_3_4

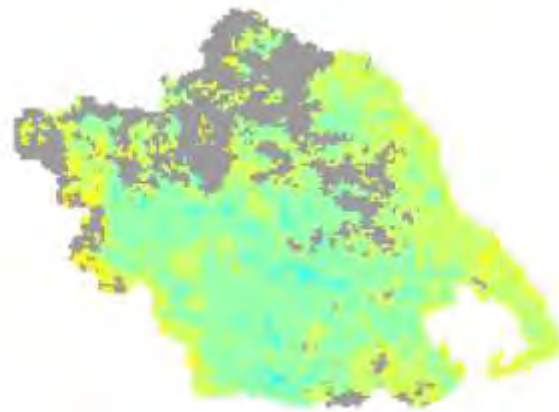
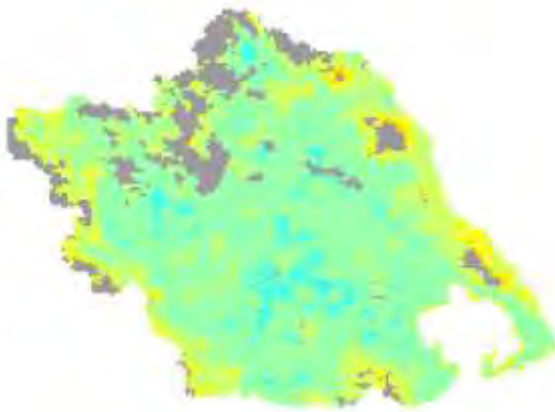
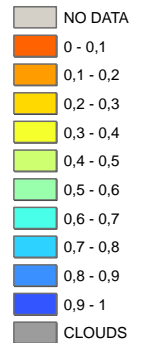


Χάρτης TVDI 2002_4_1



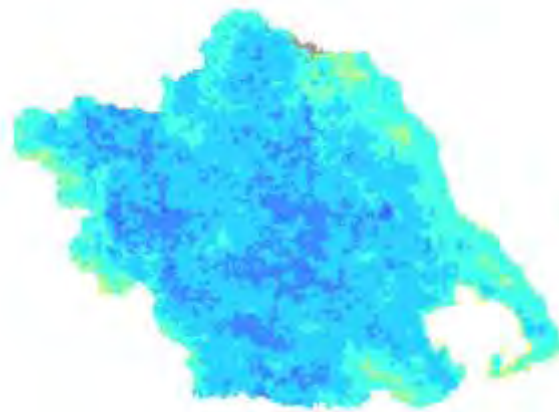
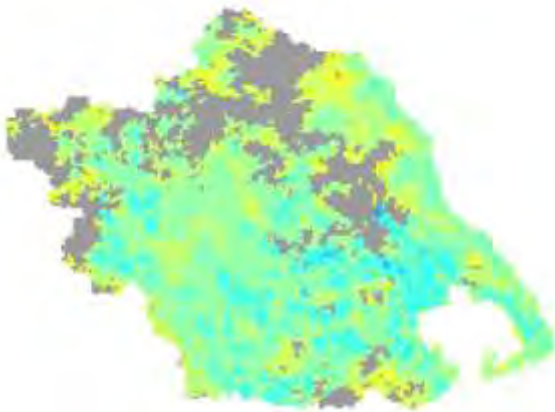
Χάρτης TVDI 2002_4_2

Χάρτης TVDI 2002_4_3

**TVDI VALUES**

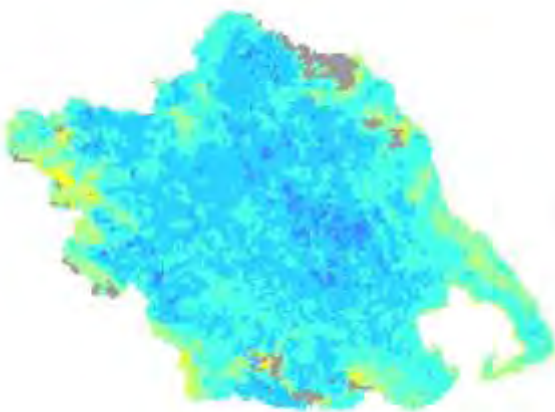
Χάρτης TVDI 2002_4_4

Χάρτης TVDI 2002_4_5



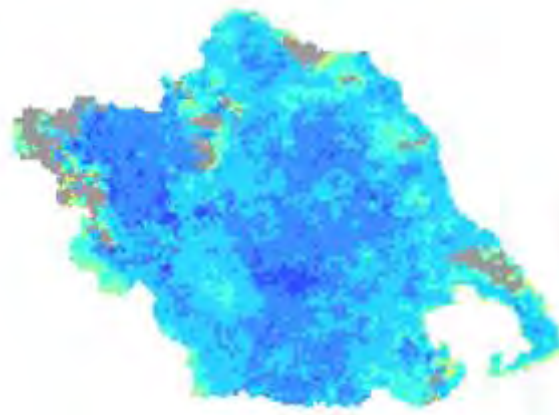
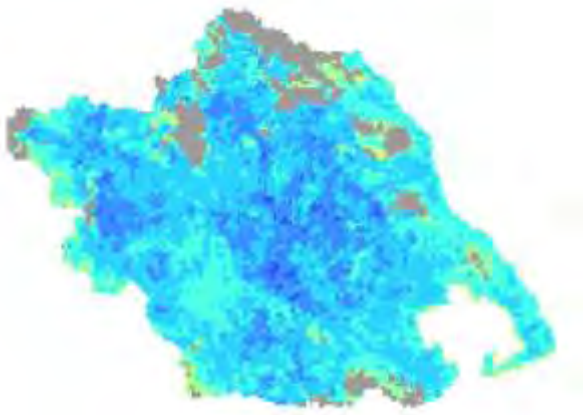
Χάρτης TVDI 2002_5_1

Χάρτης TVDI 2002_5_2



Χάρτης TVDI 2002_5_3

Χάρτης TVDI 2002_5_4

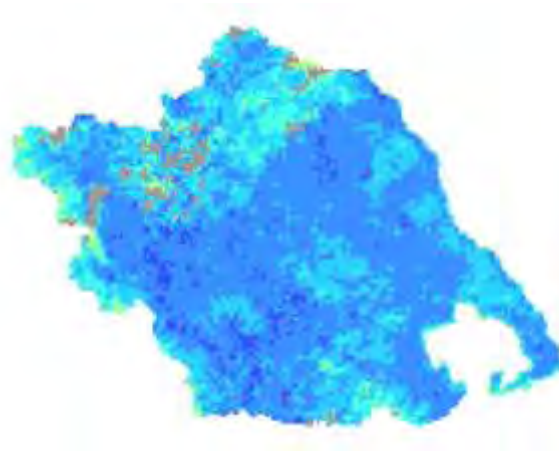


TVDI VALUES

NO DATA
0 - 0,1
0,1 - 0,2
0,2 - 0,3
0,3 - 0,4
0,4 - 0,5
0,5 - 0,6
0,6 - 0,7
0,7 - 0,8
0,8 - 0,9
0,9 - 1
CLOUDS

Χάρτης TVDI 2002_6_1

Χάρτης TVDI 2002_6_2



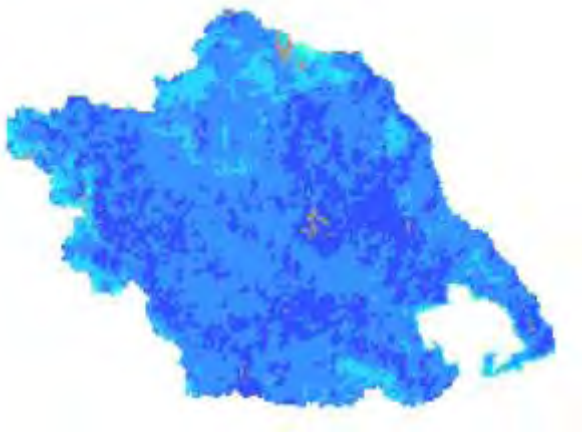
Χάρτης TVDI 2002_6_3

Χάρτης TVDI 2002_6_4

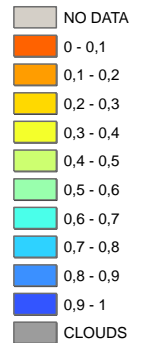


Χάρτης TVDI 2002_7_1

Χάρτης TVDI 2002_7_2

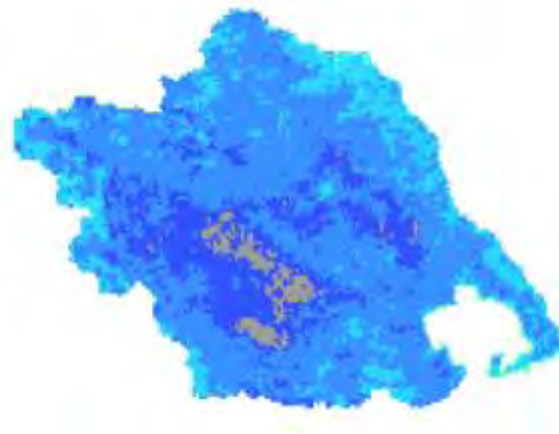


TVDI VALUES



Χάρτης TVDI 2002_7_3

Χάρτης TVDI 2002_7_4



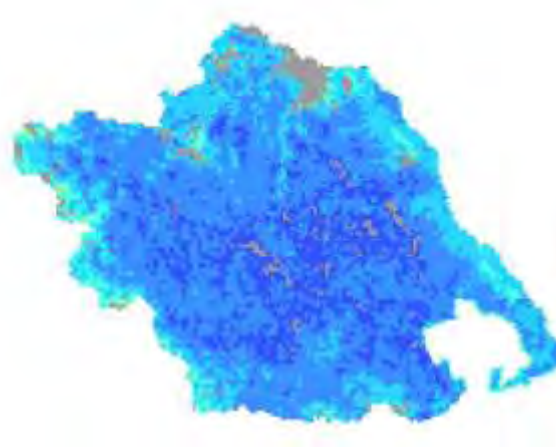
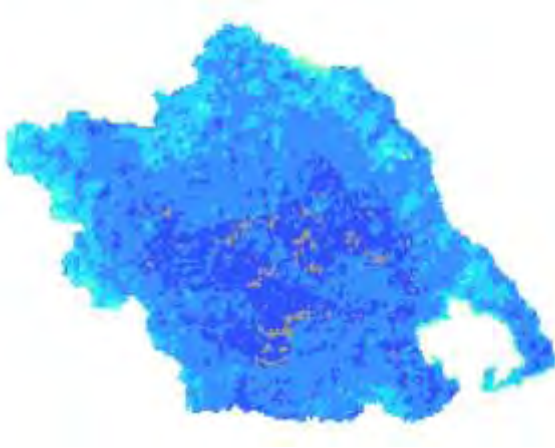
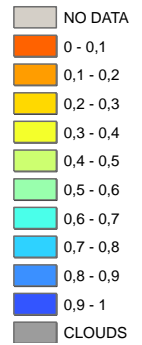
Χάρτης TVDI 2002_7_5

Χάρτης TVDI 2002_8_1



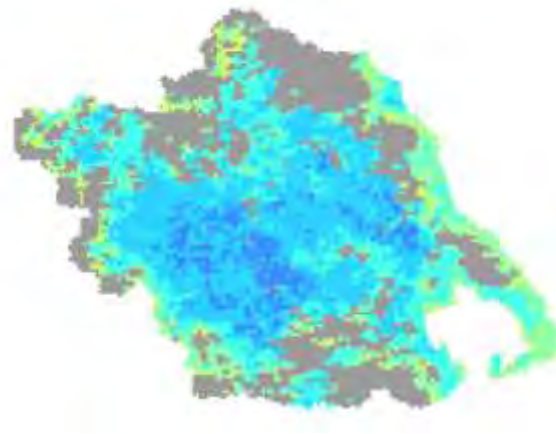
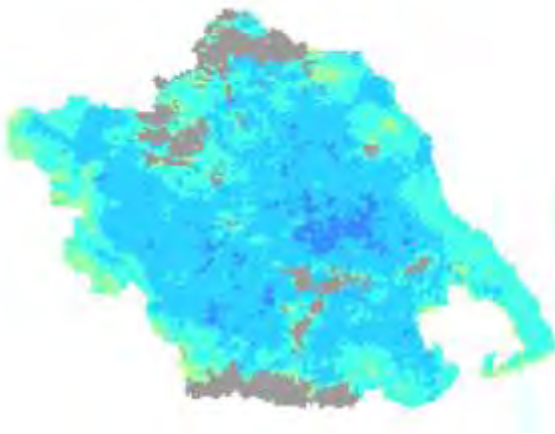
Χάρτης TVDI 2002_8_2

Χάρτης TVDI 2002_8_3

**TVDI VALUES**

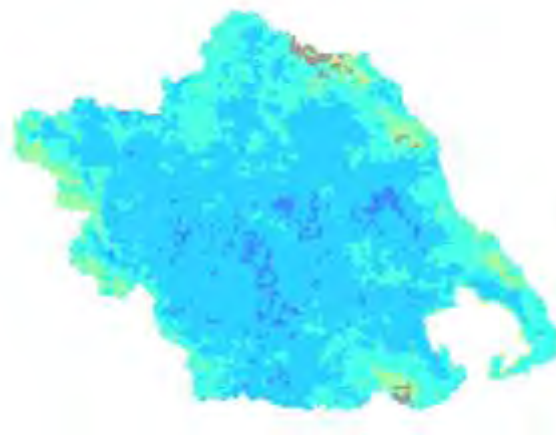
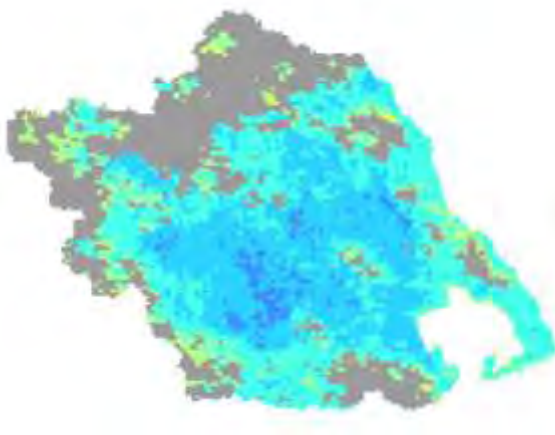
Χάρτης TVDI 2002_8_4

Χάρτης TVDI 2002_9_1



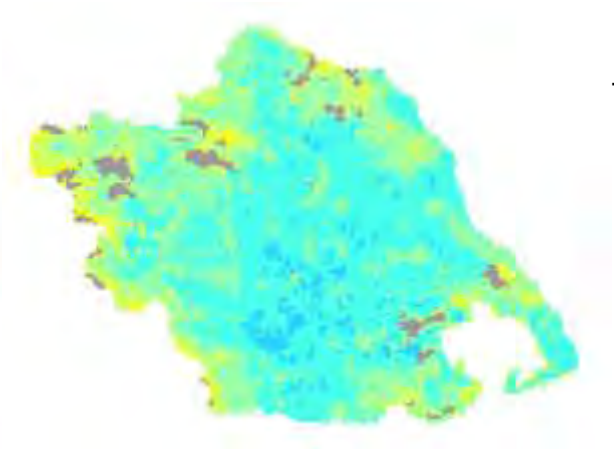
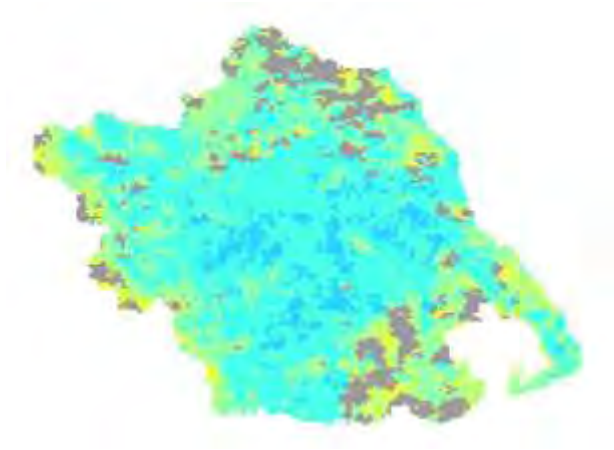
Χάρτης TVDI 2002_9_2

Χάρτης TVDI 2002_9_3

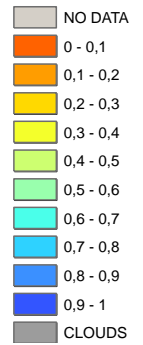


Χάρτης TVDI 2002_9_4

Χάρτης TVDI 2002_10_1

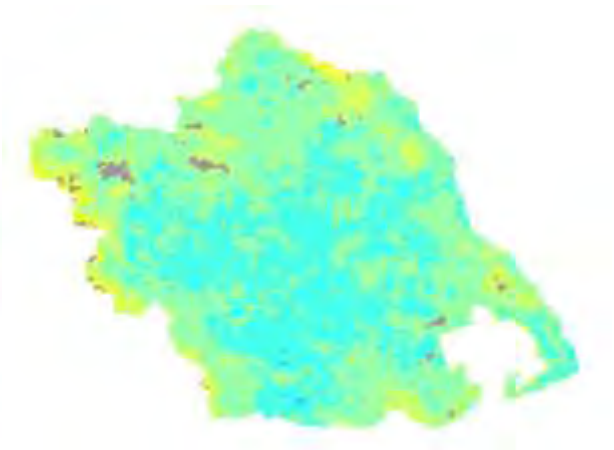


TVDI VALUES



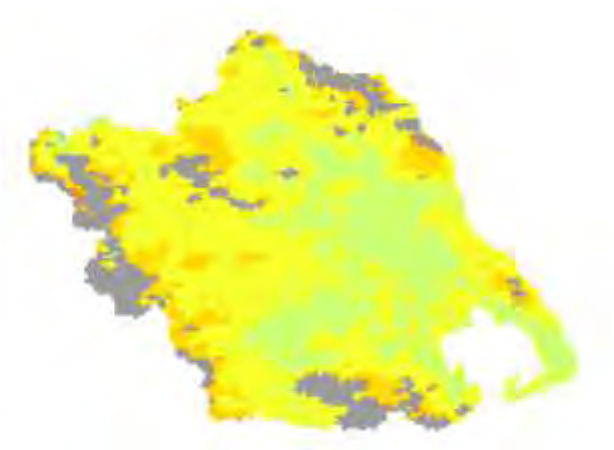
Χάρτης TVDI 2002_10_2

Χάρτης TVDI 2002_10_3



Χάρτης TVDI 2002_10_4

Χάρτης TVDI 2002_11_1

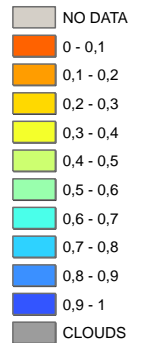


Χάρτης TVDI 2002_11_2

Χάρτης TVDI 2002_11_3

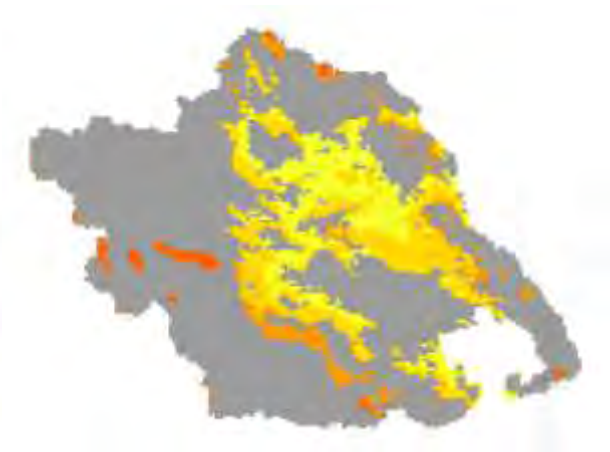
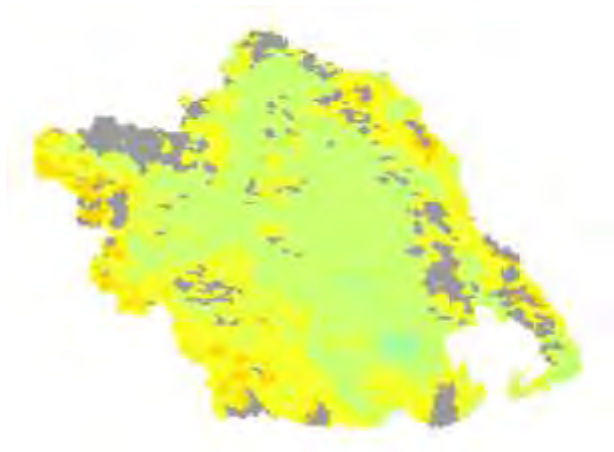


TVDI VALUES



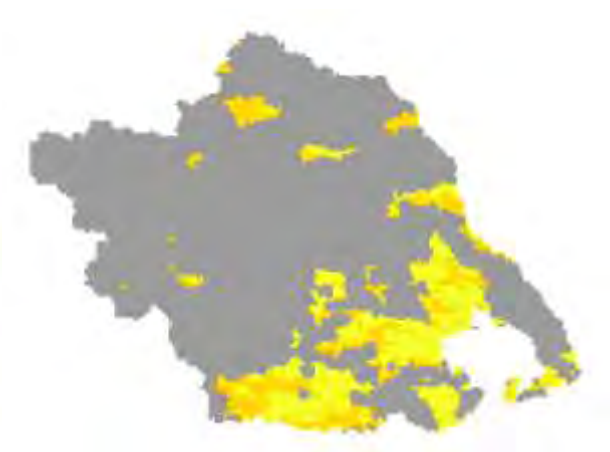
Χάρτης TVDI 2002_11_4

Χάρτης TVDI 2002_12_2



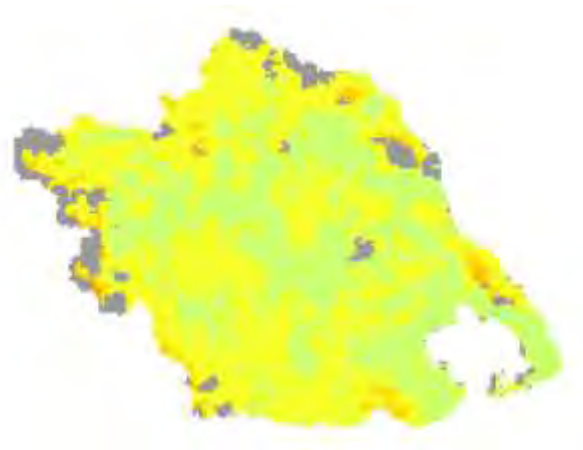
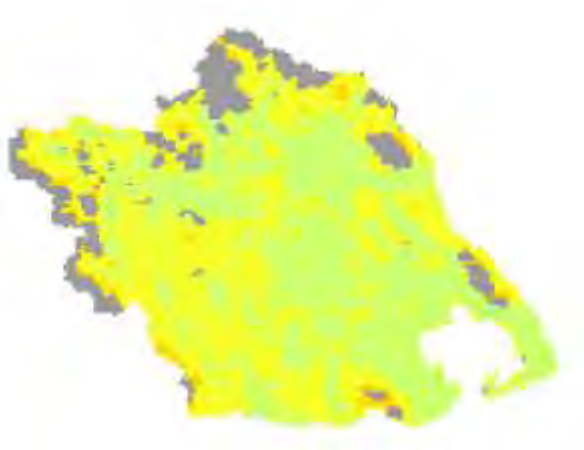
Χάρτης TVDI 2002_12_3

Χάρτης TVDI 2002_12_4

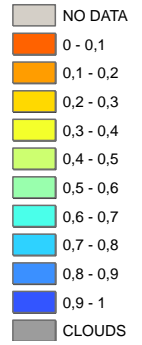


Χάρτης TVDI 2002_12_5

Χάρτης TVDI 2003_1_1

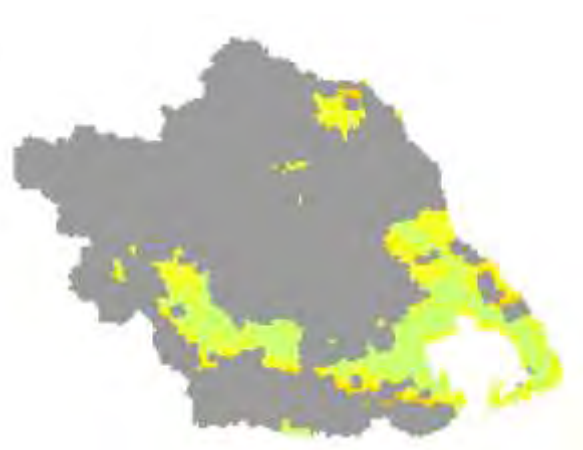
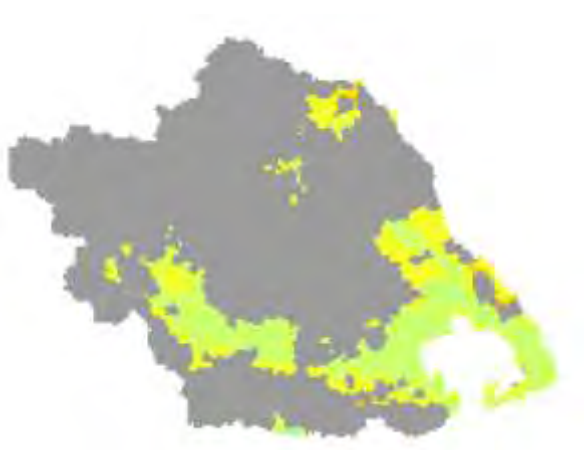


TVDI VALUES



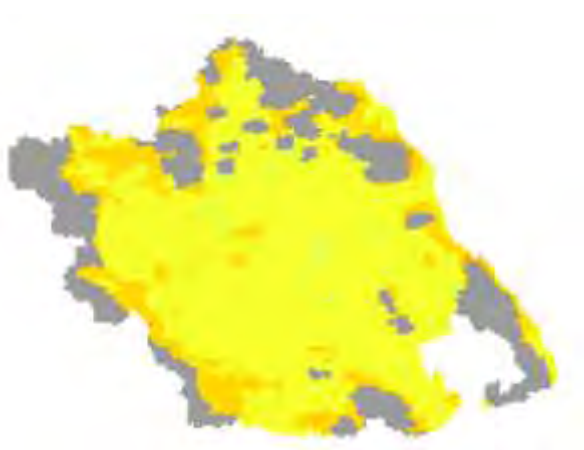
Χάρτης TVDI 2003_1_2

Χάρτης TVDI 2003_1_3



Χάρτης TVDI 2003_1_4

Χάρτης TVDI 2003_2_1

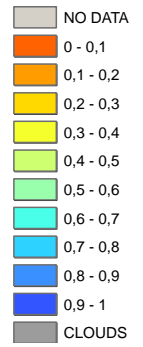


Χάρτης TVDI 2003_2_2

Χάρτης TVDI 2003_2_3

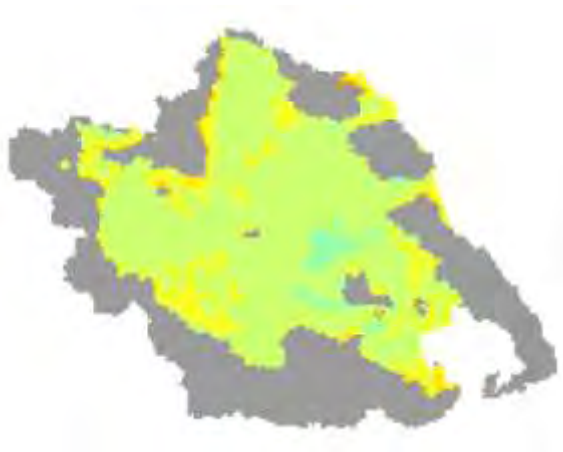


TVDI VALUES



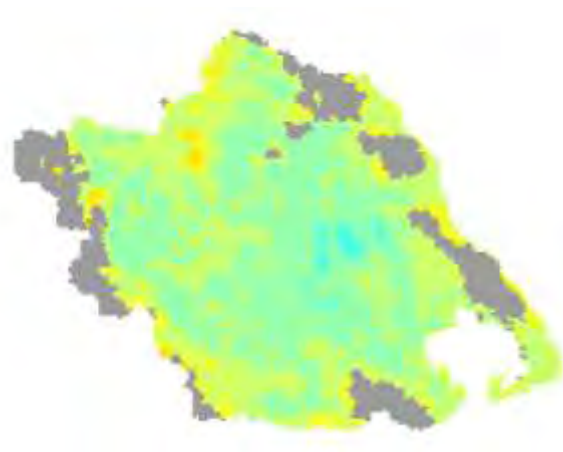
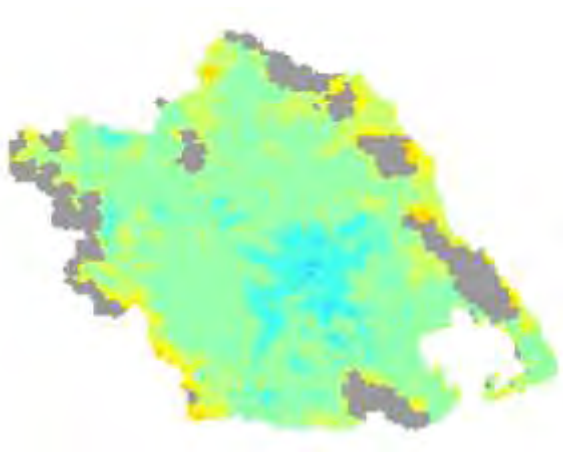
Χάρτης TVDI 2003_2_4

Χάρτης TVDI 2003_3_1



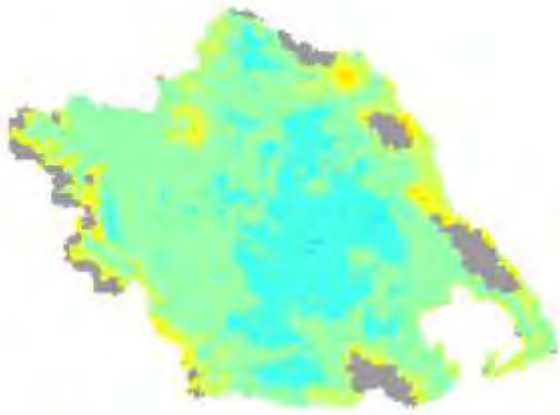
Χάρτης TVDI 2003_3_2

Χάρτης TVDI 2003_3_3

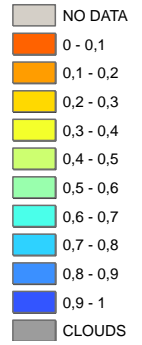


Χάρτης TVDI 2003_3_4

Χάρτης TVDI 2003_3_5

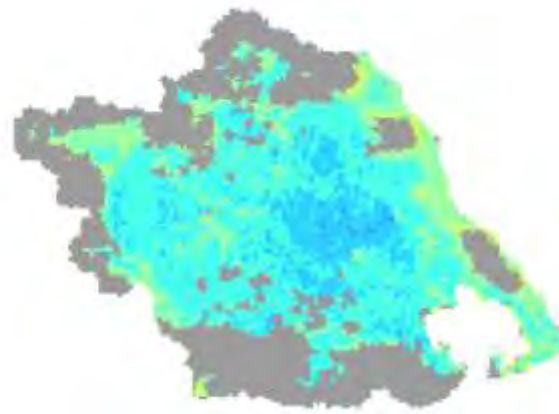


TVDI VALUES



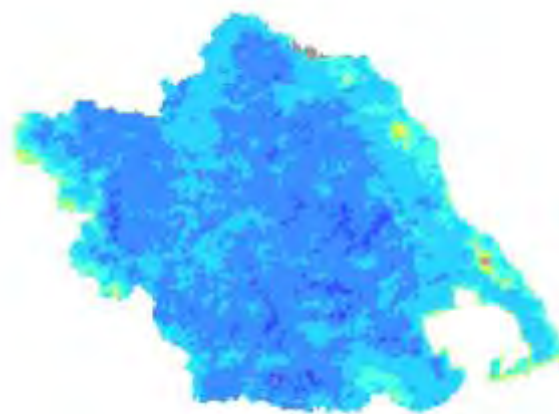
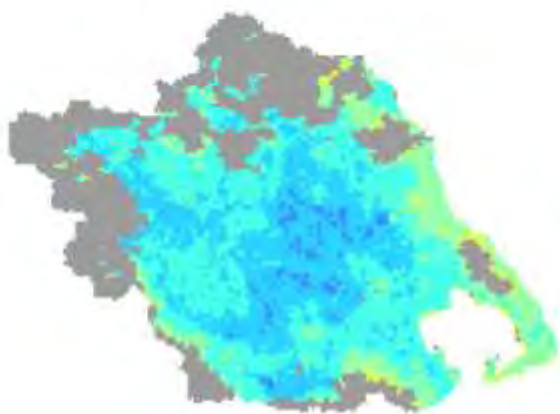
Χάρτης TVDI 2003_4_1

Χάρτης TVDI 2003_4_2

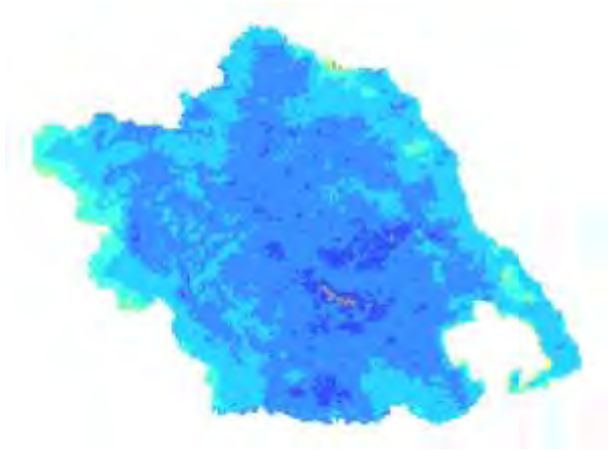


Χάρτης TVDI 2003_4_3

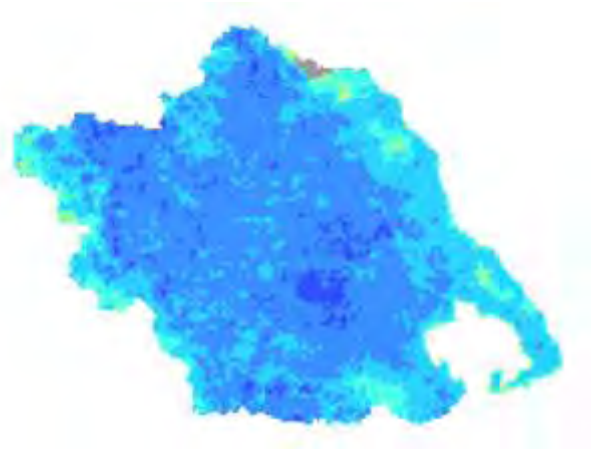
Χάρτης TVDI 2003_4_4



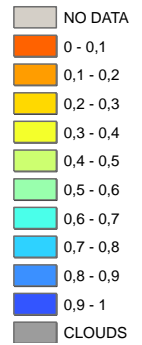
Χάρτης TVDI 2003_5_1



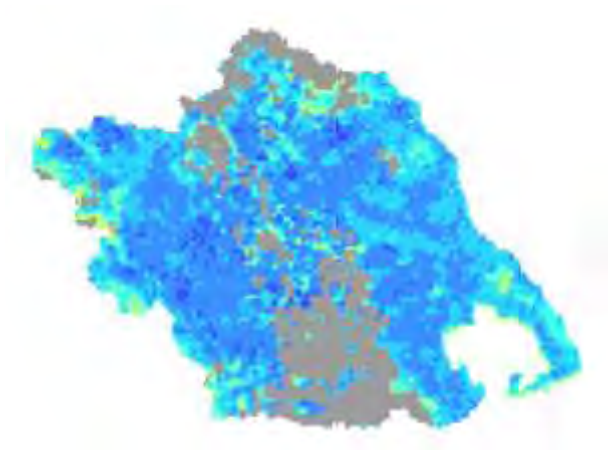
Χάρτης TVDI 2003_5_2



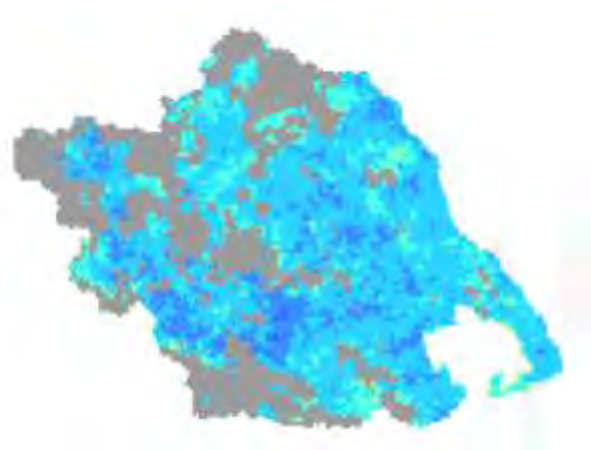
TVDI VALUES



Χάρτης TVDI 2003_5_3



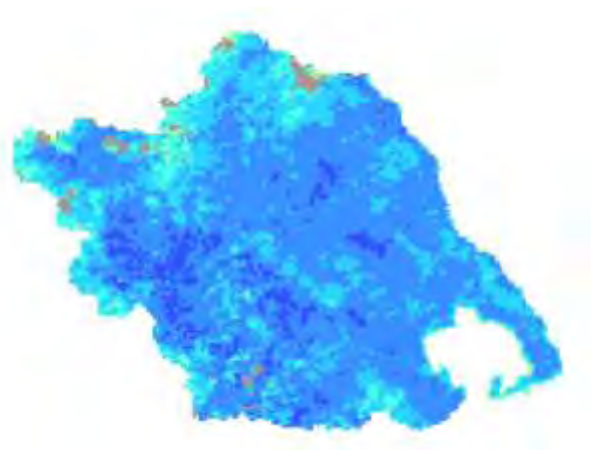
Χάρτης TVDI 2003_5_4



Χάρτης TVDI 2003_6_1

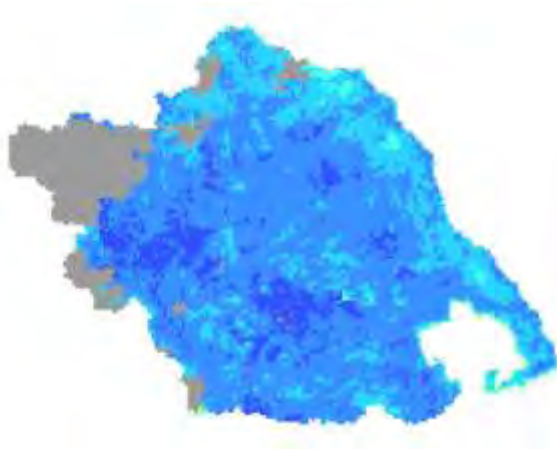


Χάρτης TVDI 2003_6_2

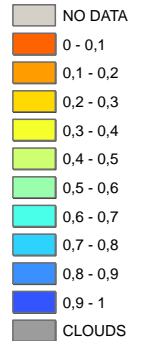


Χάρτης TVDI 2003_6_3

Χάρτης TVDI 2003_6_4



TVDI VALUES



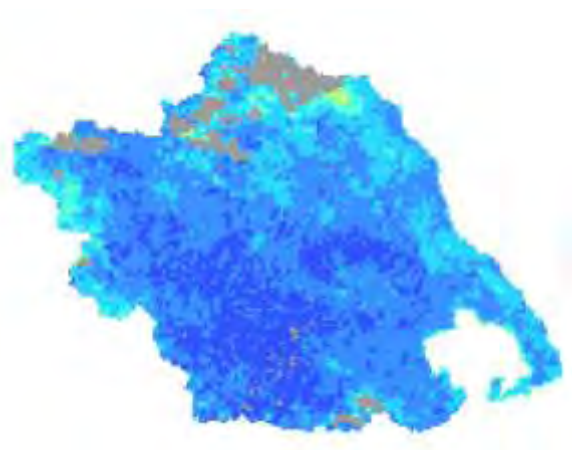
Χάρτης TVDI 2003_7_1

Χάρτης TVDI 2003_7_2



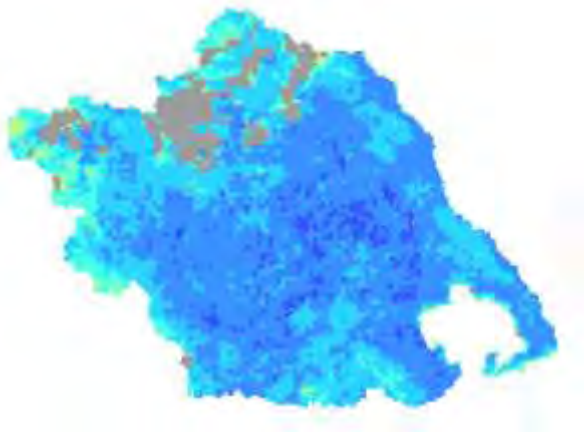
Χάρτης TVDI 2003_7_3

Χάρτης TVDI 2003_7_4

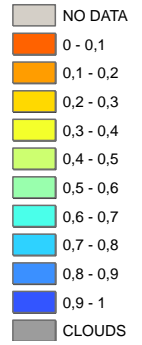


Χάρτης TVDI 2003_8_1

Χάρτης TVDI 2003_8_2

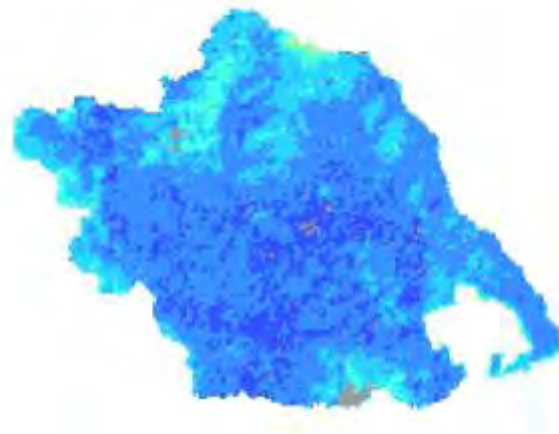


TVDI VALUES



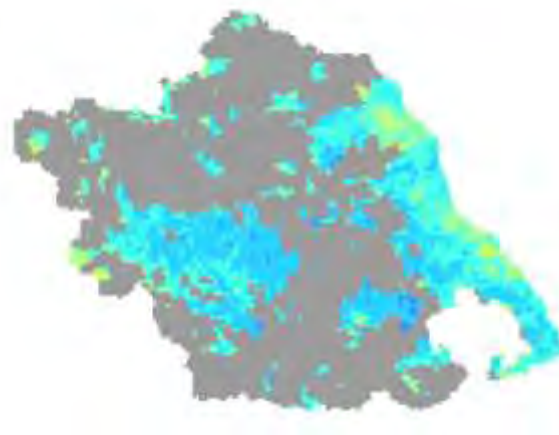
Χάρτης TVDI 2003_8_3

Χάρτης TVDI 2003_8_4



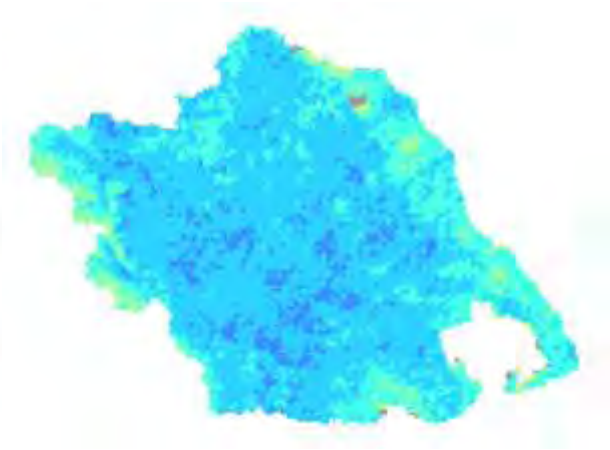
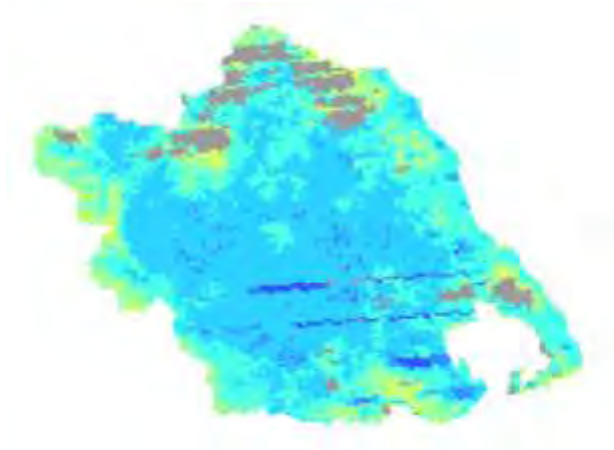
Χάρτης TVDI 2003_9_1

Χάρτης TVDI 2003_9_2

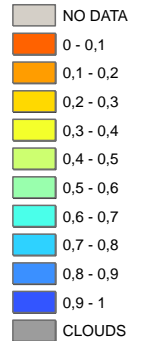


Χάρτης TVDI 2003_9_3

Χάρτης TVDI 2003_9_4

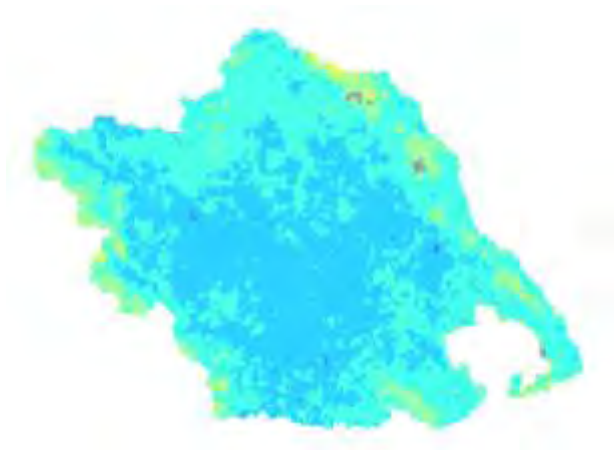


TVDI VALUES



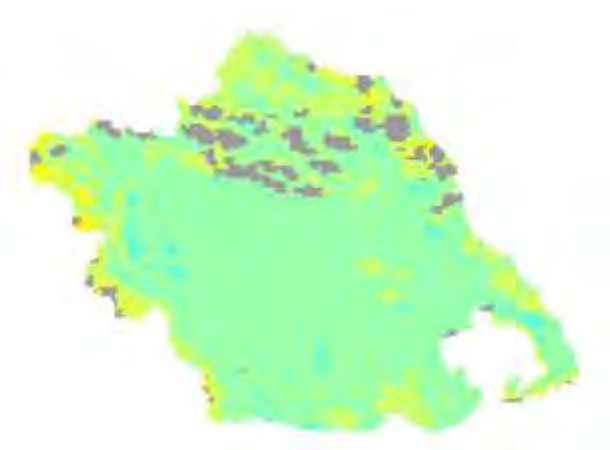
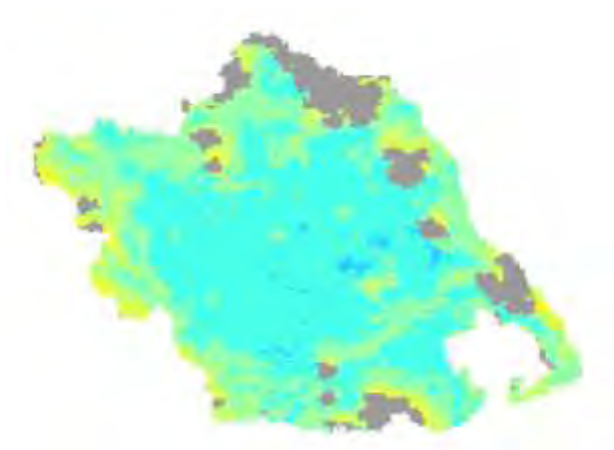
Χάρτης TVDI 2003_9_5

Χάρτης TVDI 2003_10_1



Χάρτης TVDI 2003_10_2

Χάρτης TVDI 2003_10_3



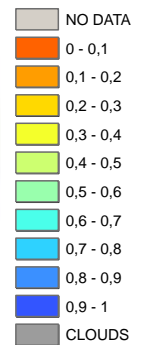
Χάρτης TVDI 2003_10_4



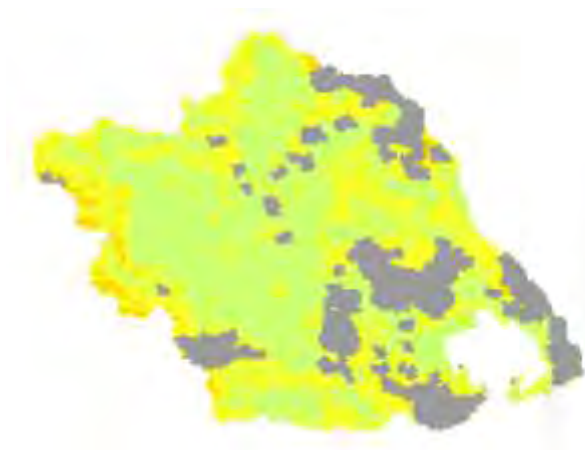
Χάρτης TVDI 2003_11_1



TVDI VALUES



Χάρτης TVDI 2003_11_2



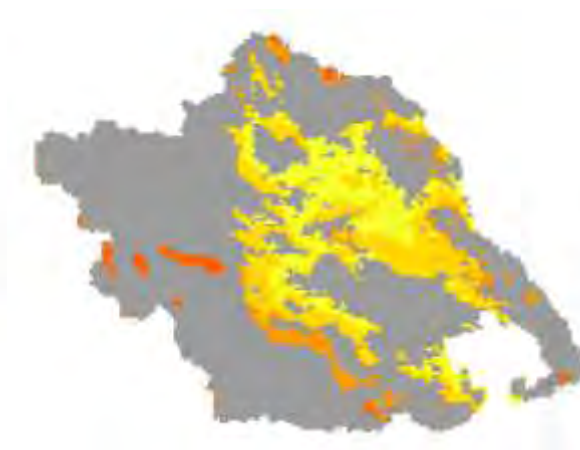
Χάρτης TVDI 2003_11_3



Χάρτης TVDI 2003_11_4



Χάρτης TVDI 2003_12_2

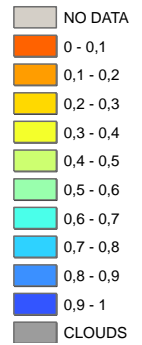


Χάρτης TVDI 2003_12_5

Χάρτης TVDI 2004_1_1

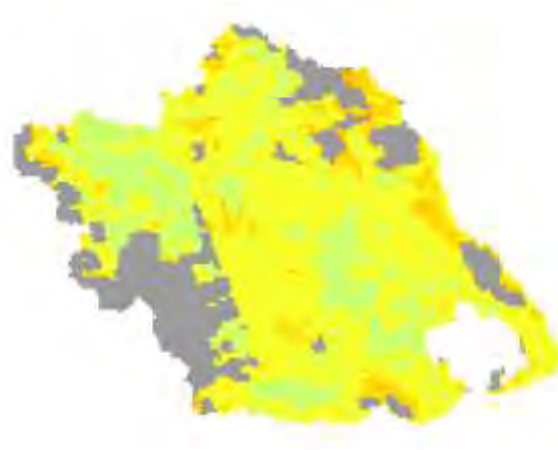


TVDI VALUES



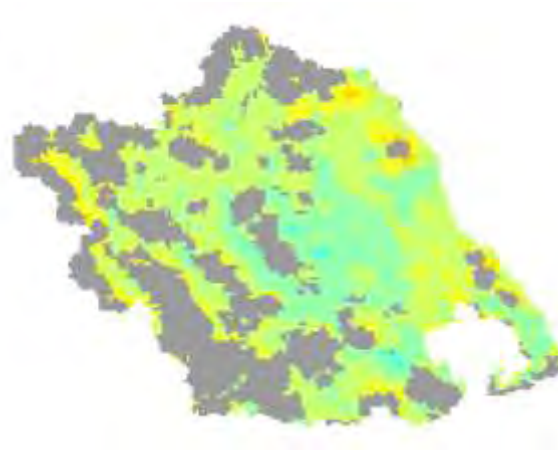
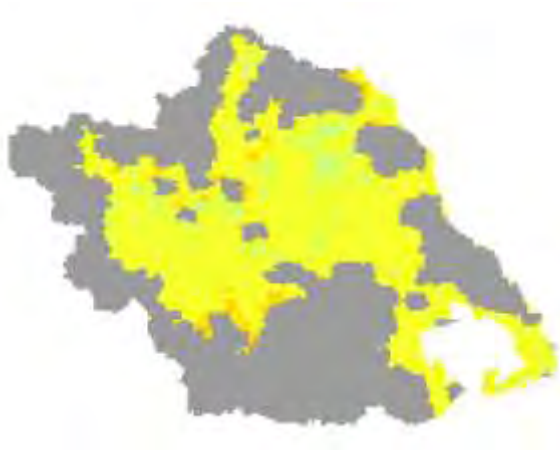
Χάρτης TVDI 2004_2_1

Χάρτης TVDI 2004_2_2



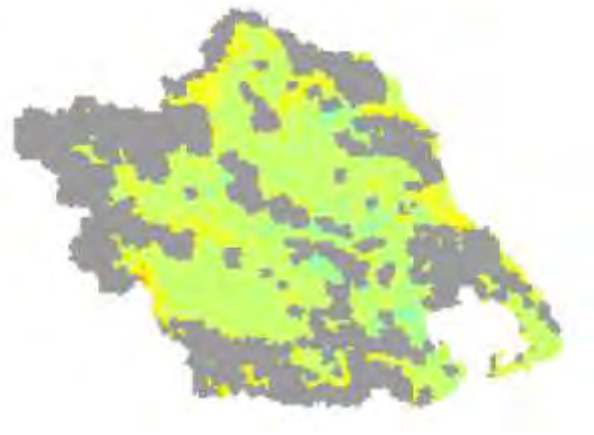
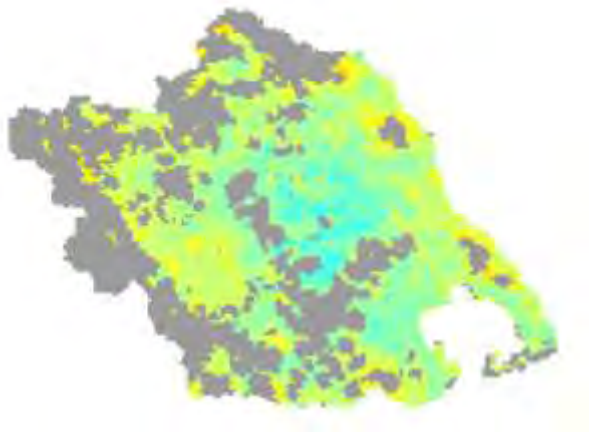
Χάρτης TVDI 2004_2_3

Χάρτης TVDI 2004_2_4

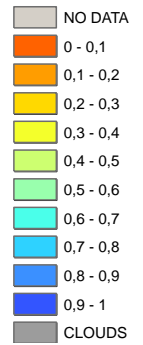


Χάρτης TVDI 2004_3_1

Χάρτης TVDI 2004_3_2

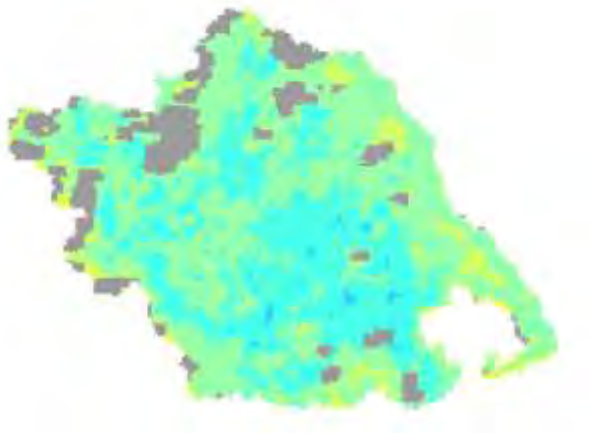


TVDI VALUES



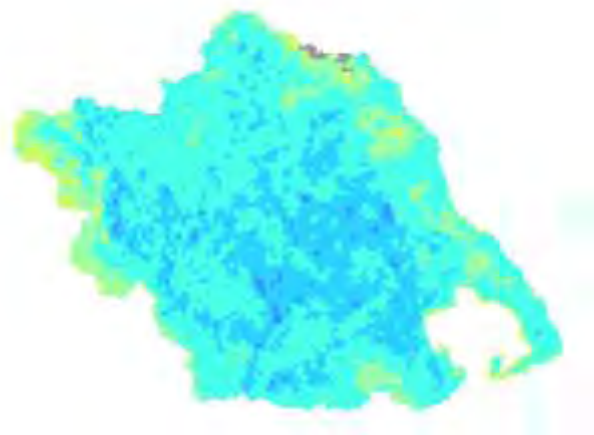
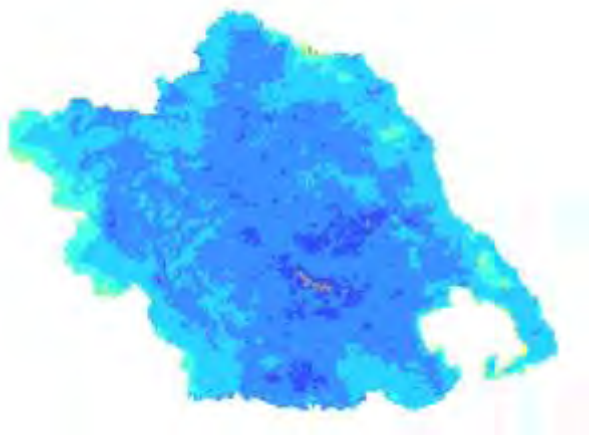
Χάρτης TVDI 2004_4_2

Χάρτης TVDI 2004_4_3



Χάρτης TVDI 2004_5_1

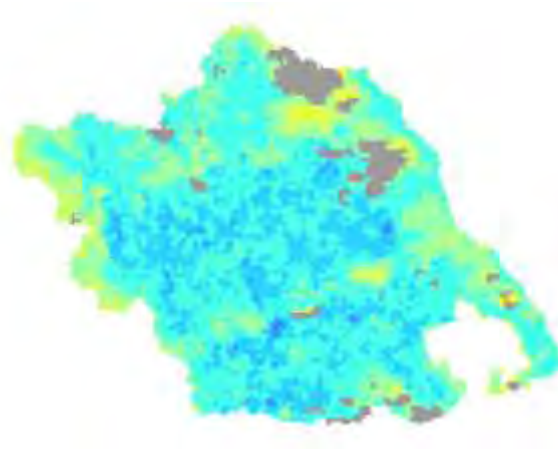
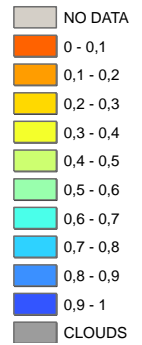
Χάρτης TVDI 2004_5_2



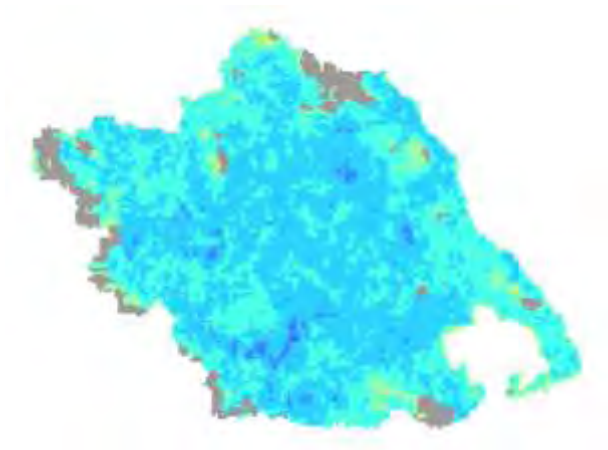
Χάρτης TVDI 2004_5_3



Χάρτης TVDI 2004_5_4

**TVDI VALUES**

Χάρτης TVDI 2004_5_5



Χάρτης TVDI 2004_6_1



Χάρτης TVDI 2004_6_2

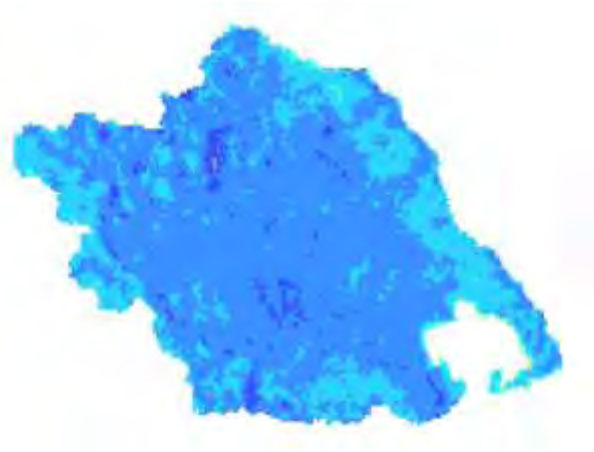
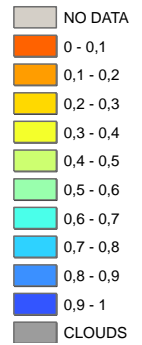


Χάρτης TVDI 2004_6_3



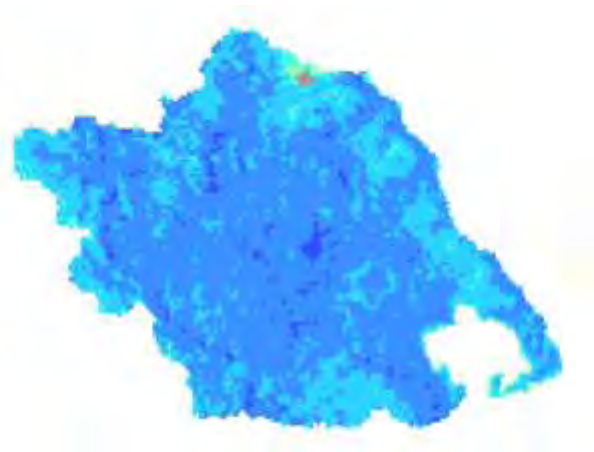
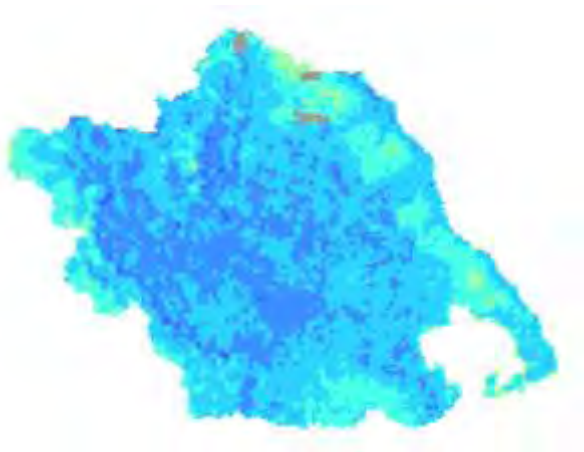
Χάρτης TVDI 2004_6_4

Χάρτης TVDI 2004_7_1

**TVDI VALUES**

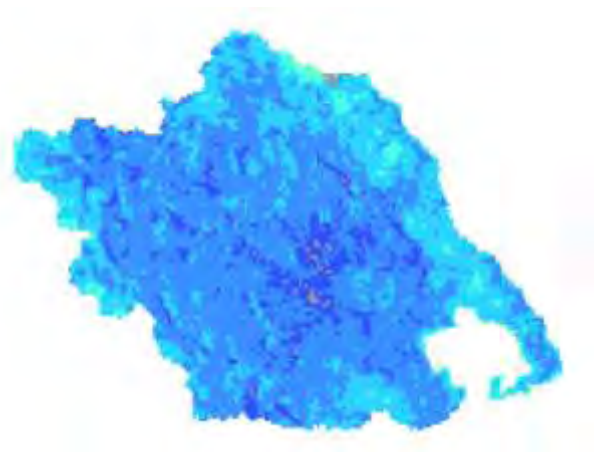
Χάρτης TVDI 2004_7_2

Χάρτης TVDI 2004_7_3



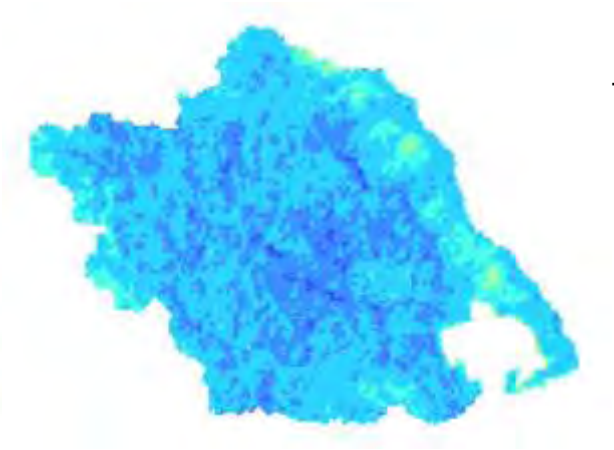
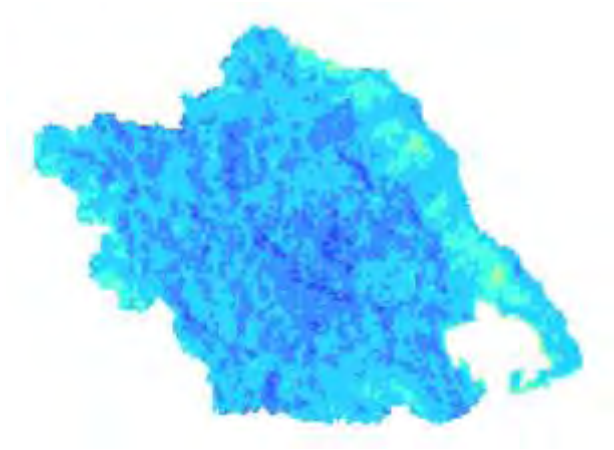
Χάρτης TVDI 2004_8_1

Χάρτης TVDI 2004_8_2

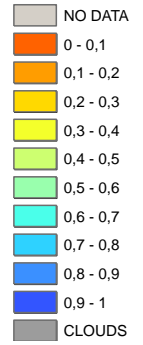


Χάρτης TVDI 2004_8_3

Χάρτης TVDI 2004_8_4

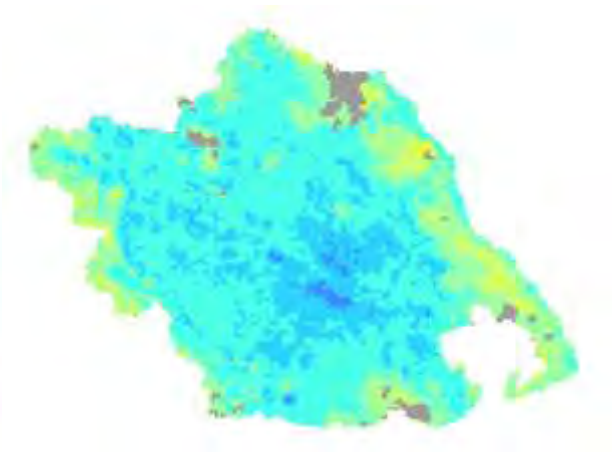
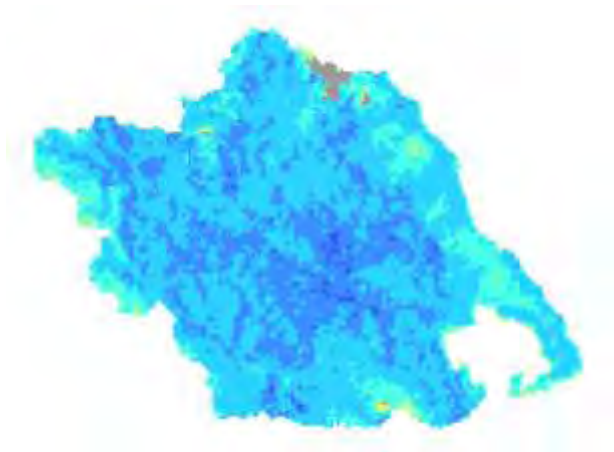


TVDI VALUES



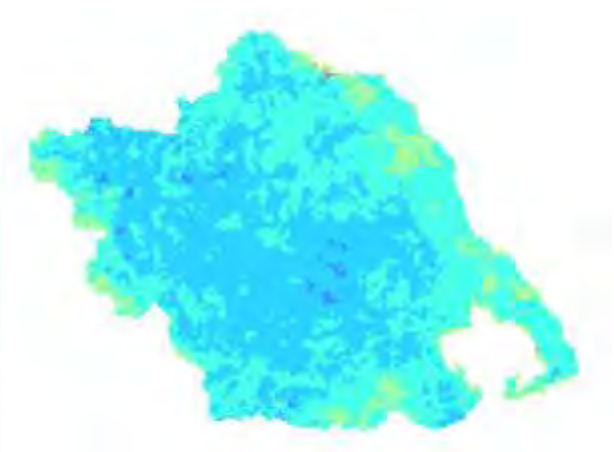
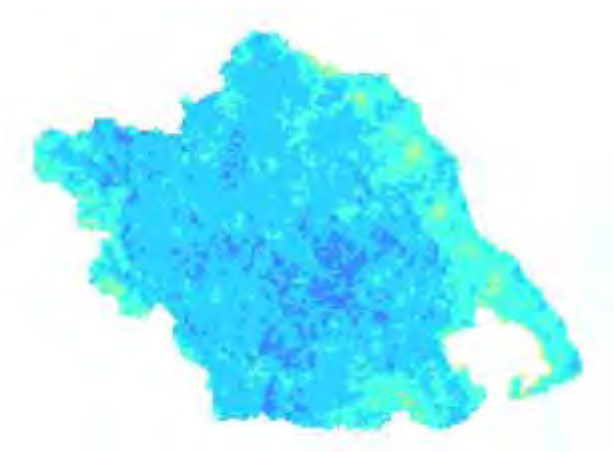
Χάρτης TVDI 2004_8_5

Χάρτης TVDI 2004_9_1

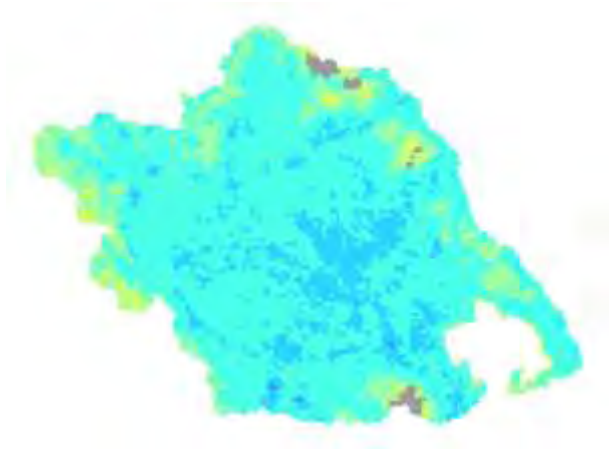


Χάρτης TVDI 2004_9_2

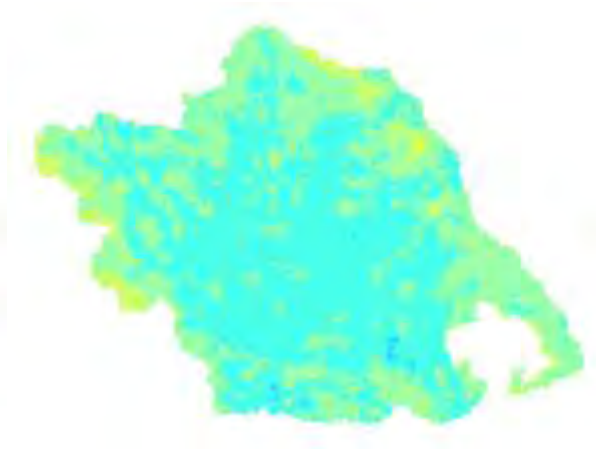
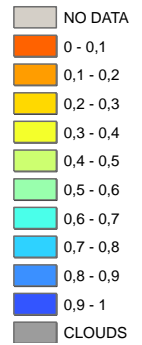
Χάρτης TVDI 2004_9_3



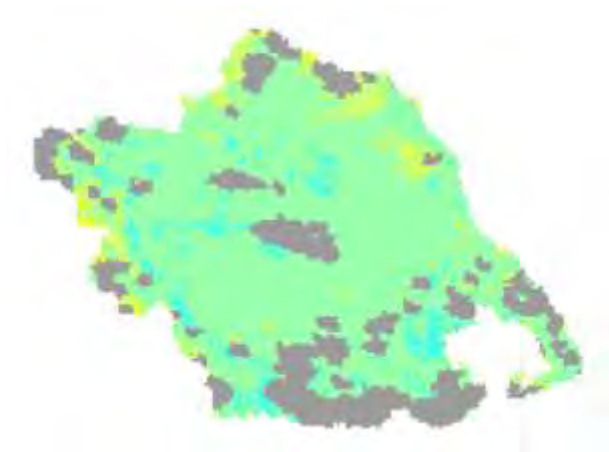
Χάρτης TVDI 2004_9_4



Χάρτης TVDI 2004_10_1

**TVDI VALUES**

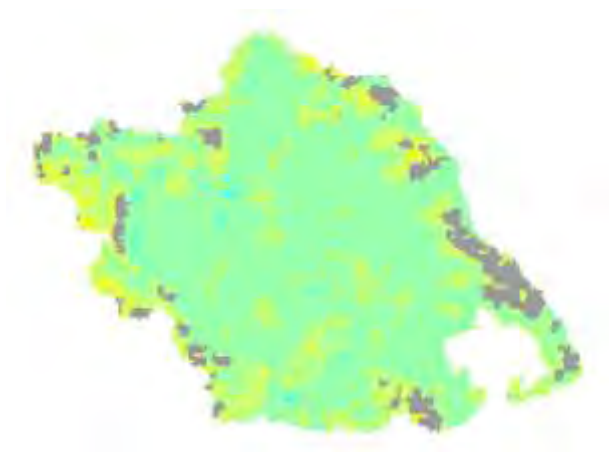
Χάρτης TVDI 2004_10_2



Χάρτης TVDI 2004_10_3



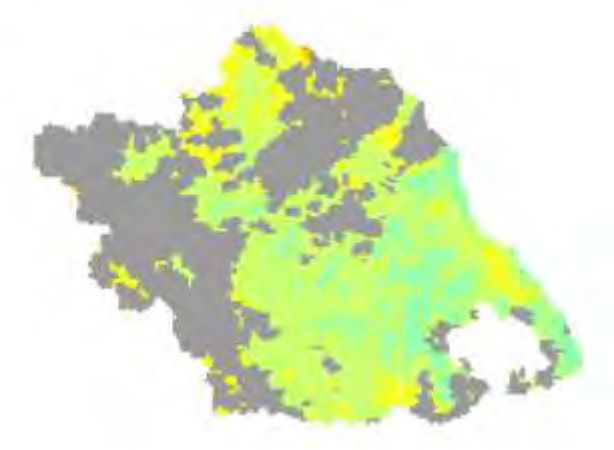
Χάρτης TVDI 2004_10_4



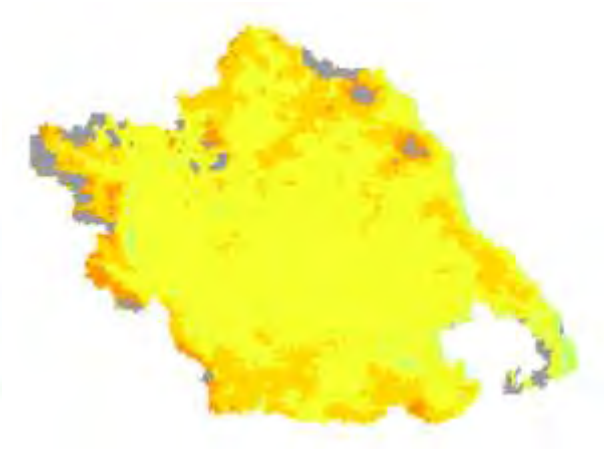
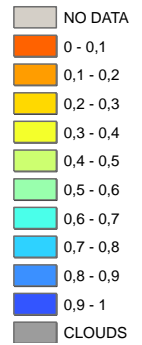
Χάρτης TVDI 2004_11_1



Χάρτης TVDI 2004_11_2



Χάρτης TVDI 2004_11_3

**TVDI VALUES**

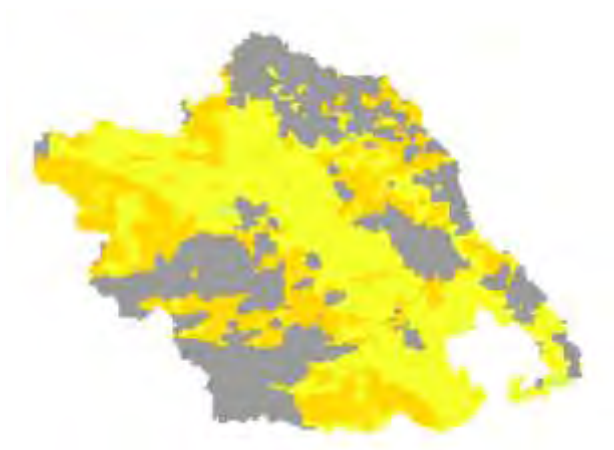
Χάρτης TVDI 2004_11_4



Χάρτης TVDI 2004_11_5



Χάρτης TVDI 2004_12_1



Χάρτης TVDI 2004_12_2

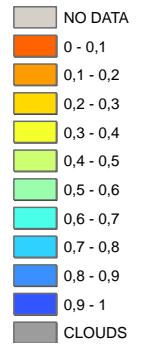


Χάρτης TVDI 2004_12_3

Χάρτης TVDI 2004_12_4

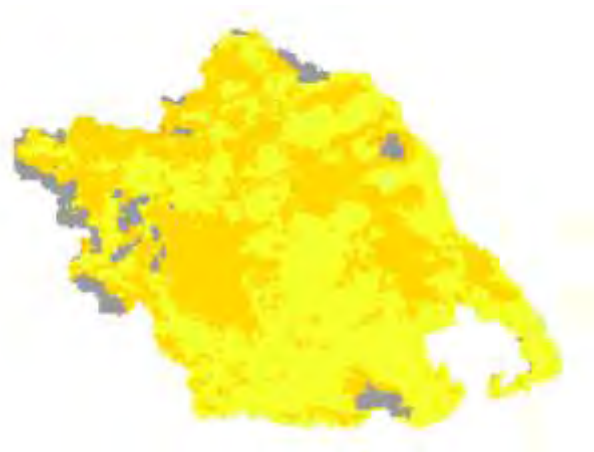


TVDI VALUES



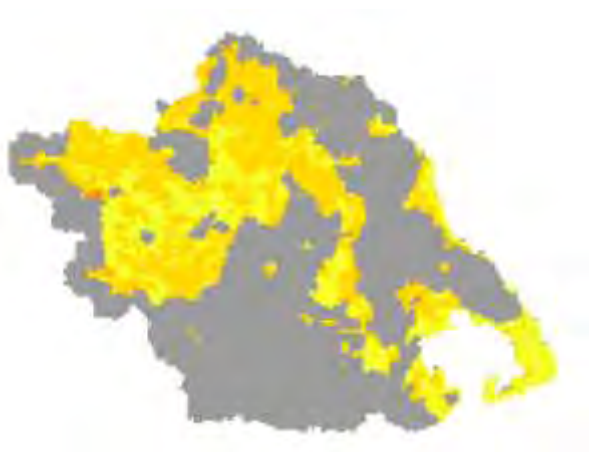
Χάρτης TVDI 2005_1_1

Χάρτης TVDI 2005_1_2



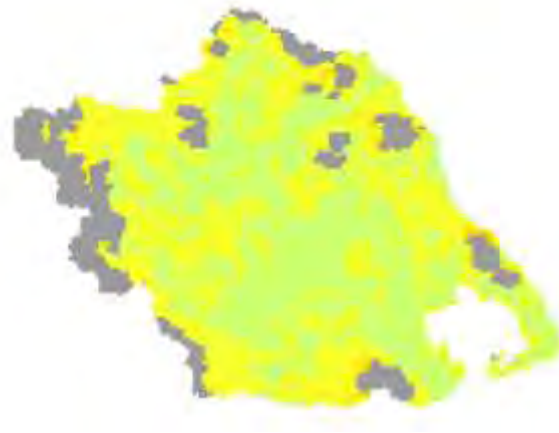
Χάρτης TVDI 2005_1_3

Χάρτης TVDI 2005_2_1

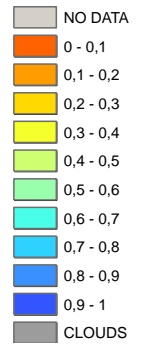


Χάρτης TVDI 2005_2_2

Χάρτης TVDI 2005_2_3



TVDI VALUES



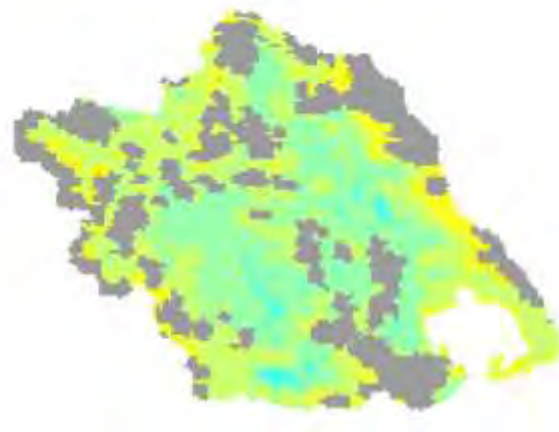
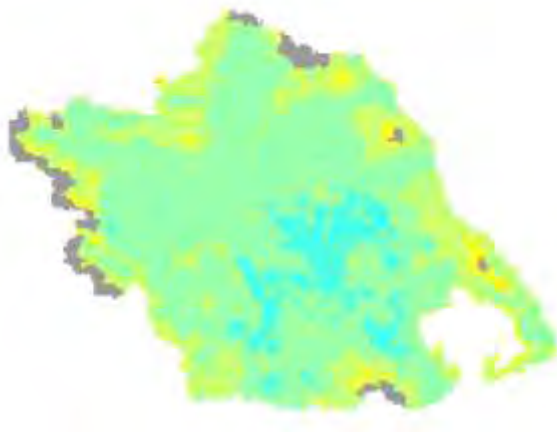
Χάρτης TVDI 2005_2_4

Χάρτης TVDI 2005_3_1



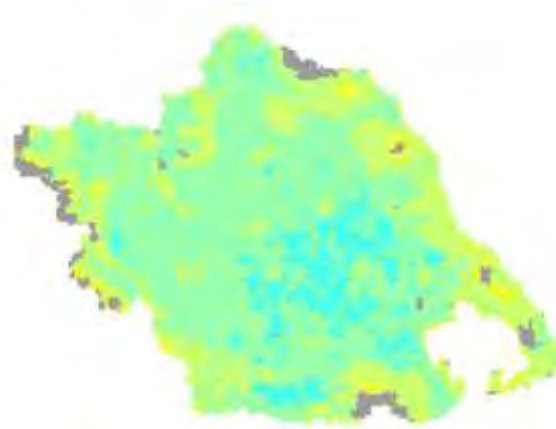
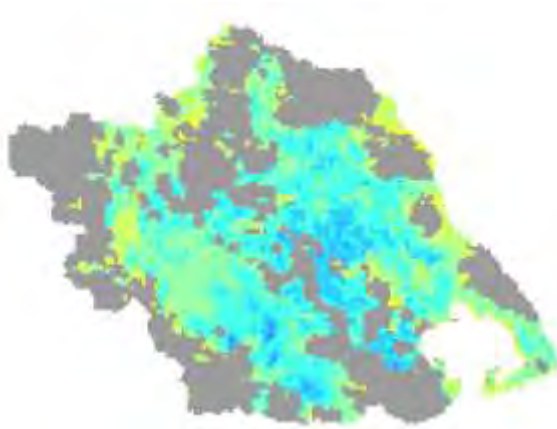
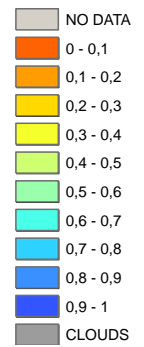
Χάρτης TVDI 2005_3_2

Χάρτης TVDI 2005_3_3



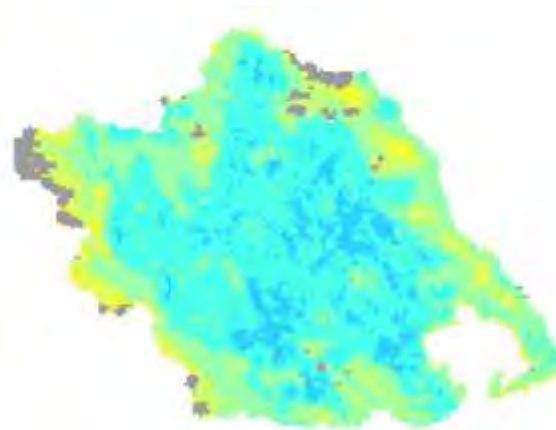
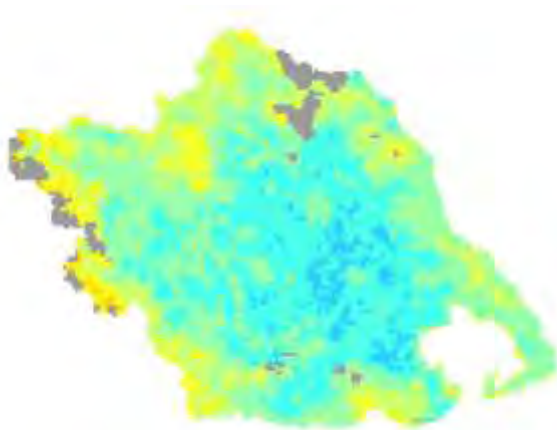
Χάρτης TVDI 2005_3_4

Χάρτης TVDI 2005_4_1

**TVDI VALUES**

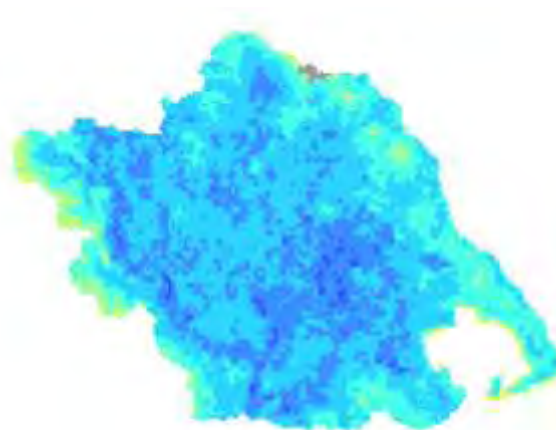
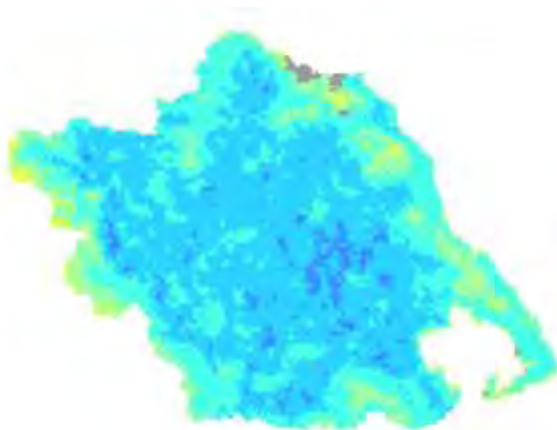
Χάρτης TVDI 2005_4_2

Χάρτης TVDI 2005_4_3

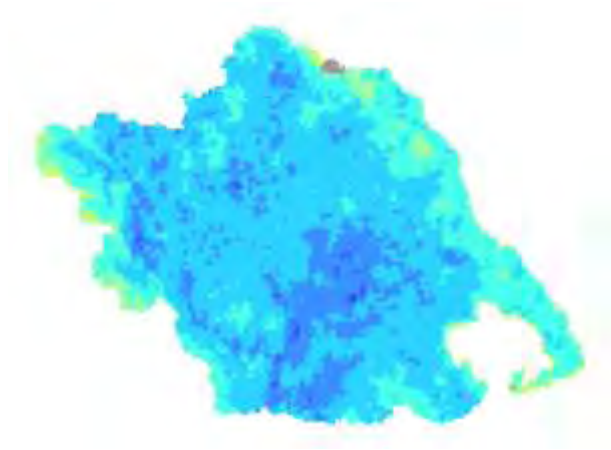


Χάρτης TVDI 2005_4_4

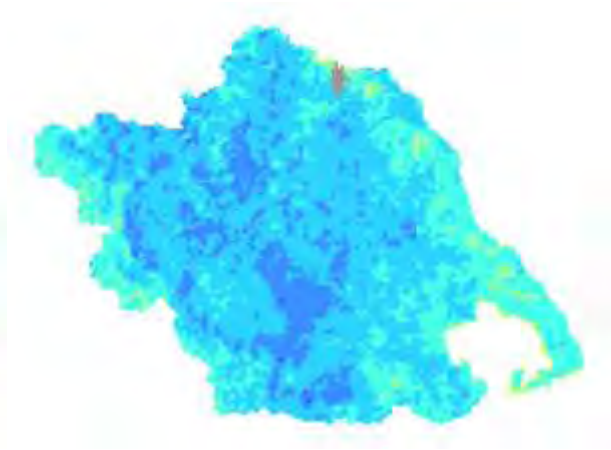
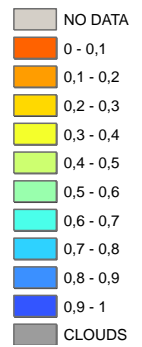
Χάρτης TVDI 2005_5_1



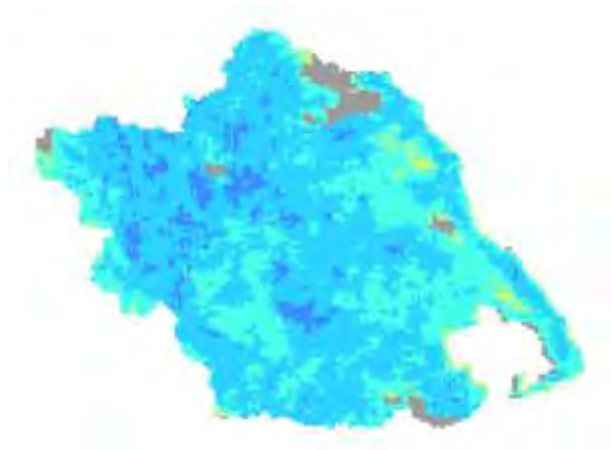
Χάρτης TVDI 2005_5_2



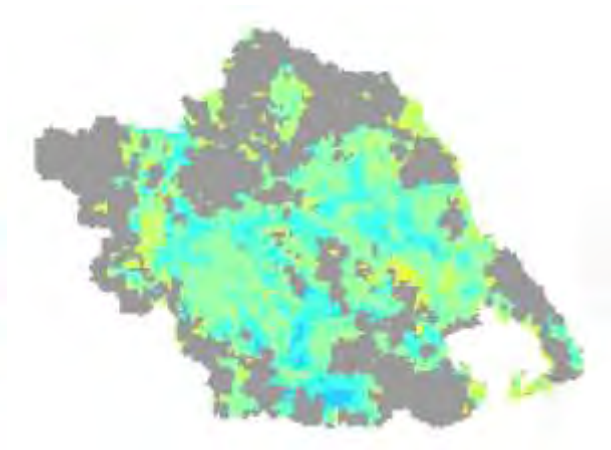
Χάρτης TVDI 2005_5_3

**TVDI VALUES**

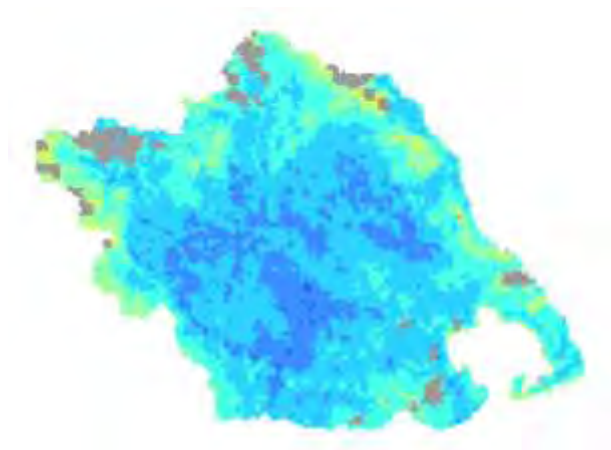
Χάρτης TVDI 2005_5_4



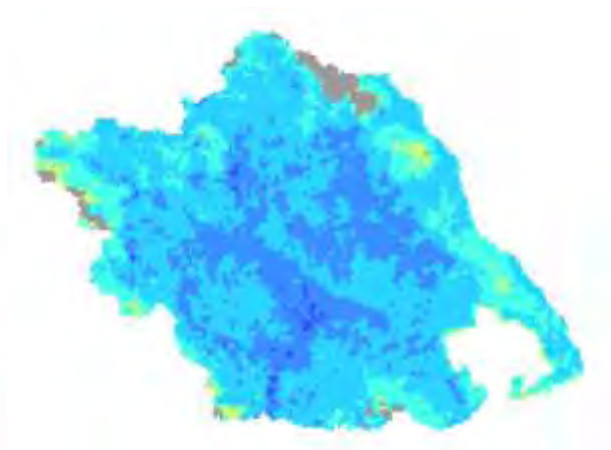
Χάρτης TVDI 2005_5_5



Χάρτης TVDI 2005_6_1

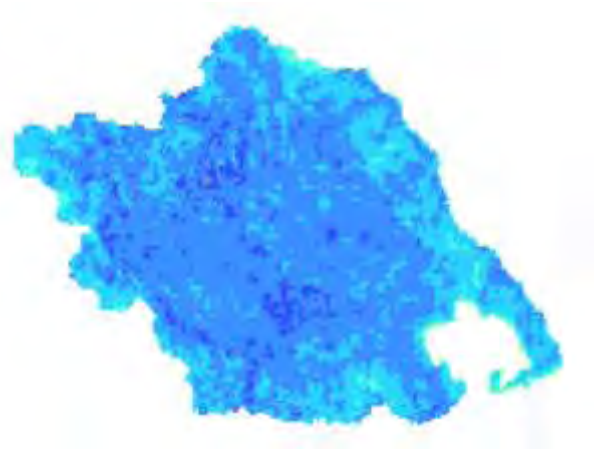
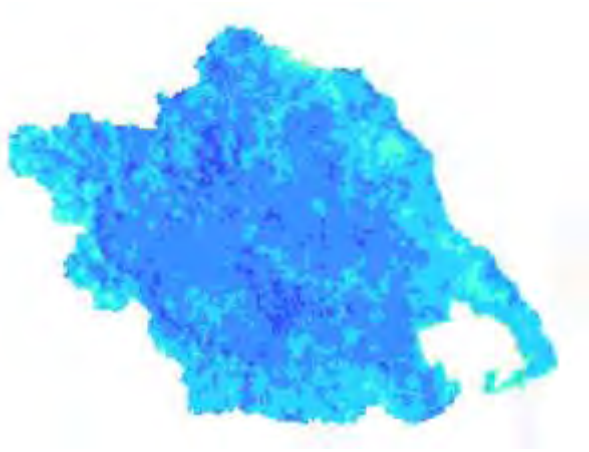


Χάρτης TVDI 2005_6_2

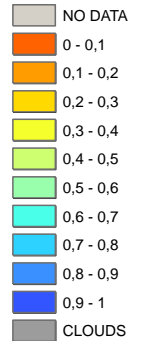


Χάρτης TVDI 2005_6_3

Χάρτης TVDI 2005_6_4



TVDI VALUES



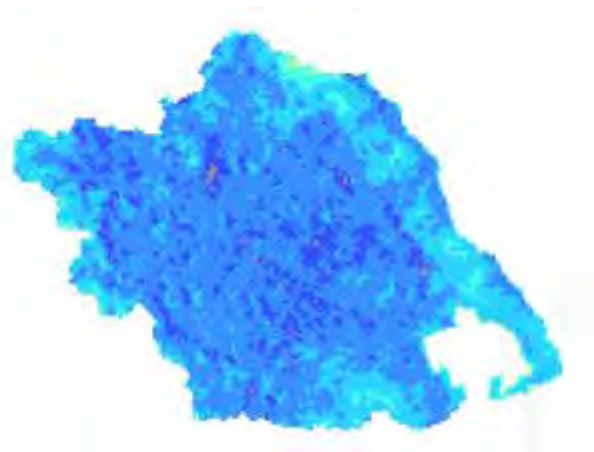
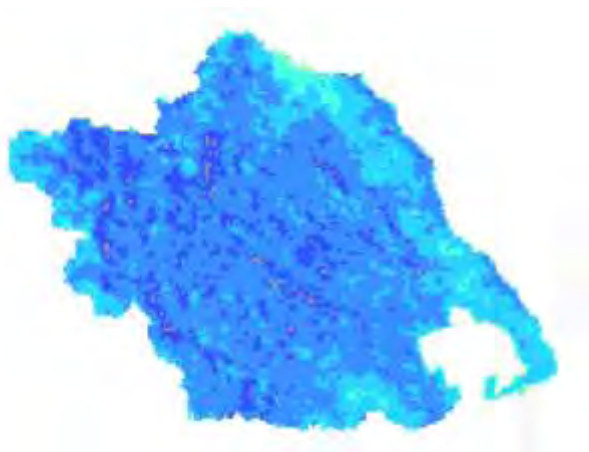
Χάρτης TVDI 2005_7_1

Χάρτης TVDI 2005_7_2



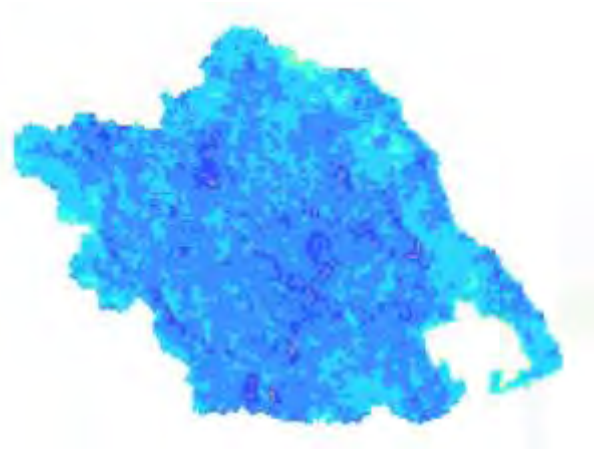
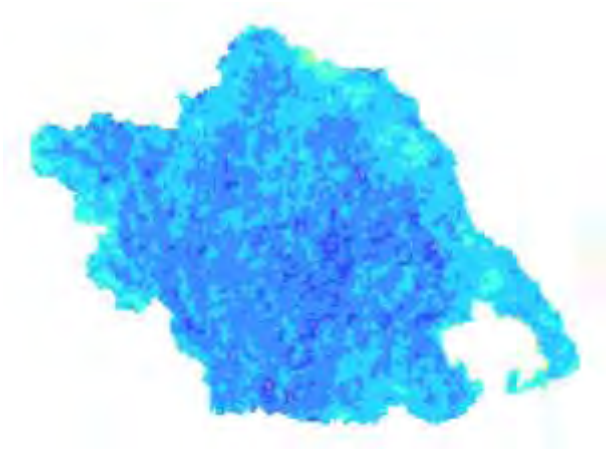
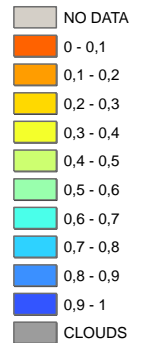
Χάρτης TVDI 2005_7_3

Χάρτης TVDI 2005_7_4



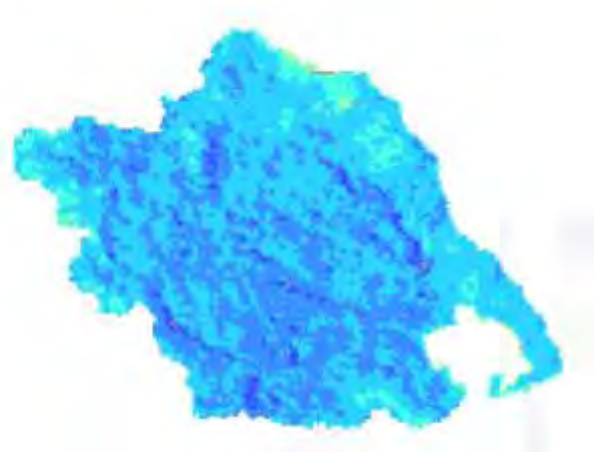
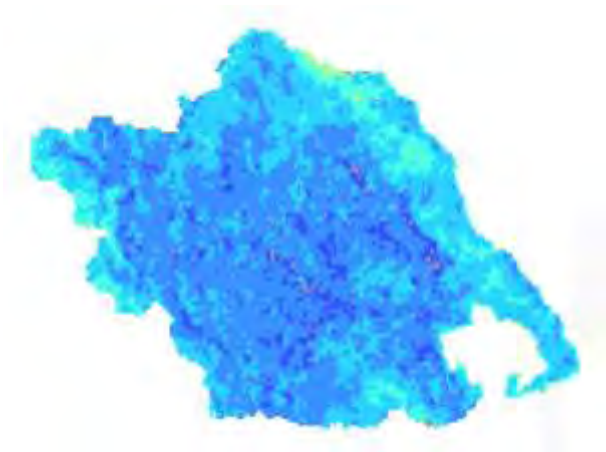
Χάρτης TVDI 2005_8_1

Χάρτης TVDI 2005_8_2

**TVDI VALUES**

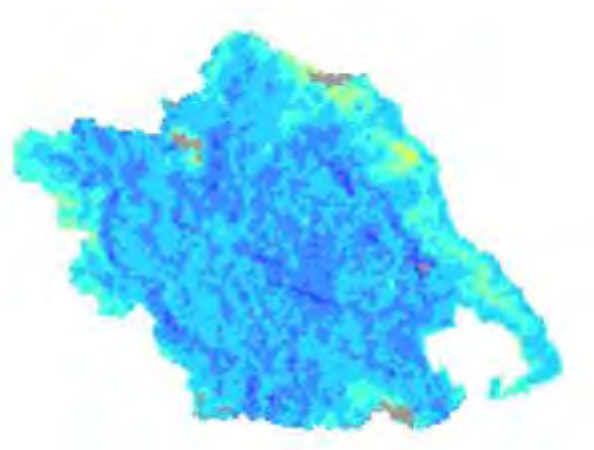
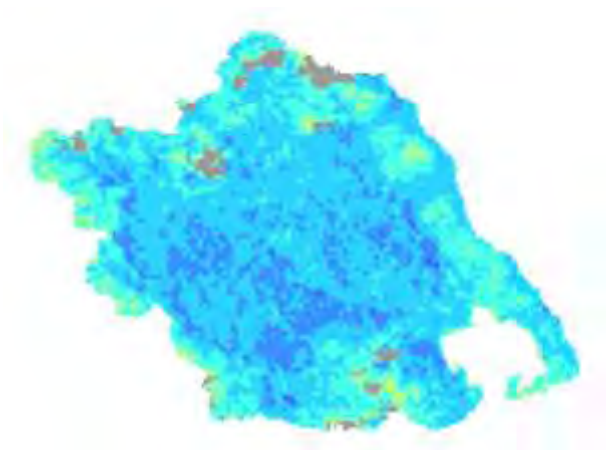
Χάρτης TVDI 2005_8_3

Χάρτης TVDI 2005_8_4



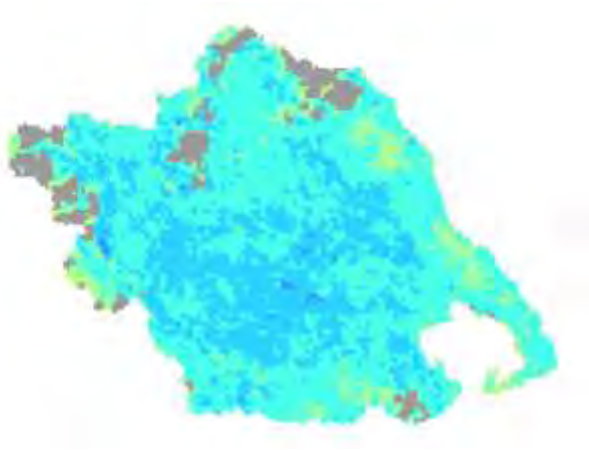
Χάρτης TVDI 2005_8_5

Χάρτης TVDI 2005_9_1

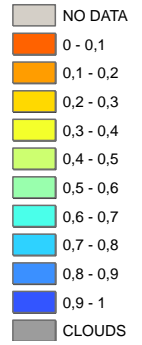


Χάρτης TVDI 2005_9_2

Χάρτης TVDI 2005_9_3

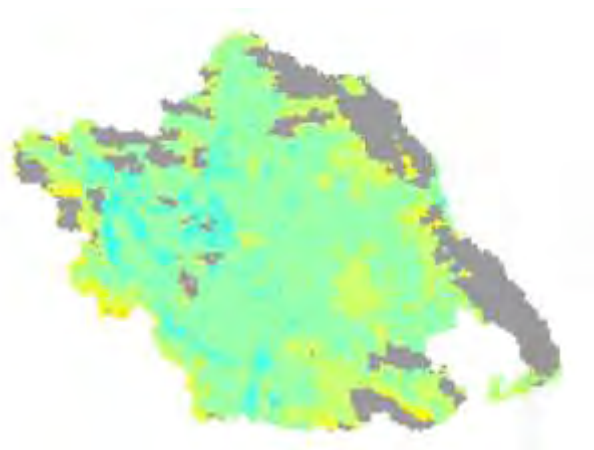
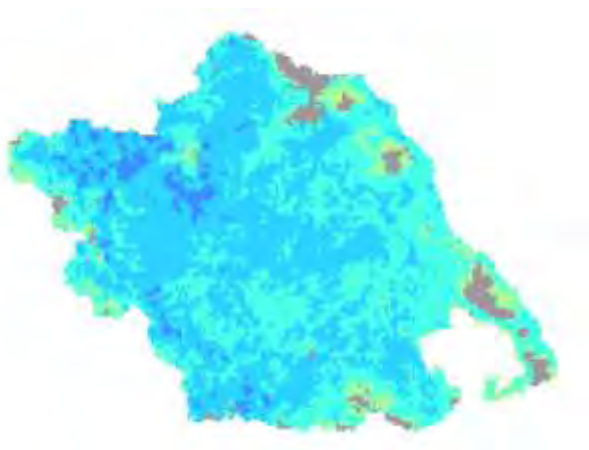


TVDI VALUES



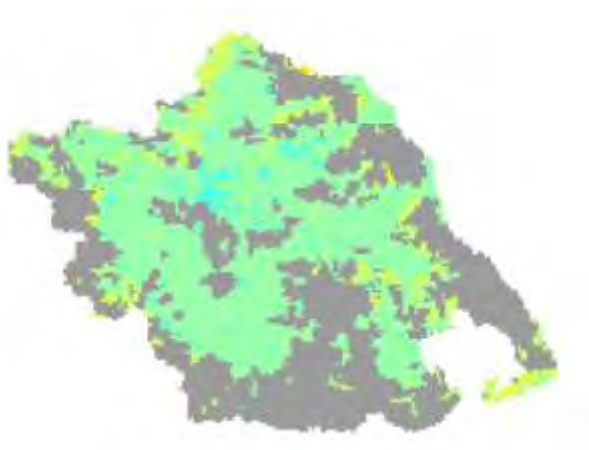
Χάρτης TVDI 2005_9_4

Χάρτης TVDI 2005_10_1



Χάρτης TVDI 2005_10_2

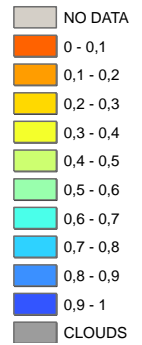
Χάρτης TVDI 2005_10_3



Χάρτης TVDI 2005_10_4



Χάρτης TVDI 2005_10_5

**TVDI VALUES**

Χάρτης TVDI 2005_11_1



Χάρτης TVDI 2005_11_2



Χάρτης TVDI 2005_11_3



Χάρτης TVDI 2005_11_4



Χάρτης TVDI 2005_12_1

Χάρτης TVDI 2005_12_2

