

# ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΟΥΣ ΦΥΣΙΚΟΥΣ  
ΠΟΡΟΥΣ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ  
«ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΜΕΝΩΝ  
ΕΚΤΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ»

**ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ Μ. ΓΙΑΝΝΗΣ**



Επιβλέποντες: Κόλλια Βασιλική & Πετρόπουλος Γεώργιος

ΑΘΗΝΑ  
2011

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ  
ΚΑΜΕΝΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ»

ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ Μ. ΓΙΑΝΝΗΣ

**Επιβλέποντες:** Κόλλια Βασιλική, Καλύβας Διονύσιος, Πετρόπουλος Γεώργιος

**Εξεταστική επιτροπή:** Κόλλια Βασιλική (Καθηγήτρια) , Καλύβας  
Διονύσιος(Επίκουρος Καθηγητής), Βάλμης Σπυρίδων(Καθηγητής)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι πυρκαγιές δασών – οικισμών αποτελούν ένα σημαντικό πρόβλημα των σύγχρονων κοινωνιών, ειδικά σε Μεσογειακές χώρες όπως η Ελλάδα, έχει λάβει τεράστιες διαστάσεις, με αποτέλεσμα να θεωρείται ως ένα θέμα μείζονος σημασίας. Με την βοήθεια σύγχρονων τεχνολογιών, όπως η Τηλεπισκόπηση, Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (Γ.Π.Σ.) και η δορυφορική τεχνολογία οι σημερινές κοινωνίες είναι σε θέση να καταγράφουν, να αναλύουν και να χαρτογραφούν συστηματικά πλέον και σε μεγάλη χωρική κλίμακα τέτοια φαινόμενα. Σε αυτό το πλαίσιο, έχουν αναπτυχθεί και λειτουργούν σήμερα δορυφορικά συστήματα παρακολούθησης και καταγραφής τόσο στην Ευρώπη, όσο και παγκόσμια, τα οποία συστηματικά καταγράφουν και προσφέρουν δεδομένα ανάλυσης πυρκαγιών, συμπεριλαμβανομένου και αναλυτικής χαρτογράφησης των καμένων εκτάσεων. Δύο τέτοια συστήματα αποτελούν το MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) του διαστημικού οργανισμού της NASA, και το EFFIS (European Forest Fires Information System) το οποίο λειτουργεί υπό την αιγίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Στην διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει περιορισμένος αριθμός συγκριτικών αναλύσεων μεταξύ προϊόντων χαρτογράφησης πυρκαγιών που προέρχονται από διαφορετικά δορυφορικά συστήματα. Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα εργασία έχει ως κύριο στόχο να πραγματοποιήσει συγκριτική μελέτη της χαρτογράφησης των καμένων εκτάσεων μεταξύ των δύο παραπάνω διεθνών πηγών παροχής τέτοιων δεδομένων, ειδικά για τις πυρκαγιές στην περιοχή της Ελλάδας. Ειδικότερα έγινε συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων χαρτογράφησης των καμένων εκτάσεων σε σχέση με την γεωγραφική θέση και την συνολική καμένη έκταση των πυρκαγιών μεταξύ των δεδομένων MODIS και EFFIS για όλη την ελληνική επικράτεια για τα έτη 2005, 2006 και 2007. Επιπλέον έγινε διερεύνηση και ανάλυση των διαφοροποιήσεων των δυο προϊόντων για τα συγκεκριμένα έτη σε σχέση με τους παράγοντες τοπογραφίας (υψόμετρο, κλίση, έκθεση και δείκτη υγρασίας των καμένων περιοχών) και επίσης σε σχέση με τον παράγοντα της χρήσης/κάλυψης γης.

Για την εκτέλεση της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τα προϊόντων των καμένων περιοχών από τα δορυφορικά συστήματα EFFIS και MODIS. Επίσης οι τοπογραφικές ιδιότητες οι οποίες προήλθαν από το προϊόν του Ψηφιακού Υψομετρικού Μοντέλο DEM του δορυφόρου ASTER. Τα δεδομένα χρήσεις/κάλυψης γης ελήφθησαν από το ευρωπαϊκό προϊόν CORINE 2000. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε χρησιμοποιώντας τα εξειδικευμένα λογισμικά επεξεργασίας ψηφιακών χωρικών δεδομένων ENVI και ARCGIS. Από την συγκριτική ανάλυση ανεδείχθησαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο προϊόντων σε σχέση με την συνολική έκταση και τις συντεταγμένες των καμένων εκτάσεων. Πρόσθετα σε σχέση με τις χρήσεις γης παρατηρήθηκαν μεγάλες διαφοροποιήσεις και για τα τρία έτη. Ομοίως για την κλίση και το υψόμετρο των καμένων περιοχών υπάρχουν σημαντικές συγκριτικές διαφορές. Σε σχέση με τον δείκτη υγρασίας και την έκθεση των καμένων περιοχών οι διαφορές των δυο προϊόντων είχαν πιο ήπια ένταση.

**Λέξεις κλειδιά:** *Χαρτογράφηση καμένων περιοχών, τηλεπισκόπηση, MODIS, EFFIS, Μεσόγειος,*

*Ελλάδα*

## ABSTRACT

Wildland fires have long been recognized as one of the most threatening sources of disturbance for property, infrastructures as well as ecosystems. Particularly in the Mediterranean region, for millennia fire has been a major ecological factor with a long and important presence. Being able to obtain accurate as well as rapid mapping of burnt areas in particular after fire suppression, is of key importance between other in policy decision making, in the modelling the atmospheric and climatic impacts of biomass burning, as well as in the estimation of the total atmospheric emissions from it.

With the support of modern technologies, such as of remote sensing, today's societies are able to map and analyze wildland fires at large observational scales and at otherwise inaccessible locations in a cost-effective, repetitive and systematic way. Nowadays, a wide variety of remote sensing sensors are employed for this purpose, including also a number of relevant operational products. With regards to burnt area mapping in particular, two of the most widely used operational products consist the MODIS burnt area product and the European Forest Fires Information System "EFFIS", operated by NASA and the European Union respectively.

Despite the wide use of those operational products by the users' community, to our knowledge, very few studies have so far been performed evaluating the agreement in the estimates by those datasets, particularly so in a Mediterranean environment.

The objective of the present work has been to undertake a comparative study of the MODIS and EFFIS burnt area operational products in a Mediterranean setting. For this purpose, the burnt area estimates by those two datasets for Greece are compared for a number of consecutive years for which observations from both operational products were available. In the framework of the analysis conducted, it was also performed an investigation of the main findings observed with respect to parameters such as topography and land use/cover.

The results from the above analysis are presented herein, whereas an interpretation of the findings observed is also attempted bearing in mind the relative differences in the techniques employed for the retrieval of burnt area by each operational product.

**Keywords:** *burnt area mapping, remote sensing, MODIS, EFFIS, Mediterranean, Greece*

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΟΧΟΜΕΝΩΝ

	Σελίδες
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b>	7
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	8
1.1. Σημασία της χαρτογράφησης και ανάλυσης των πυρκαγιών (σε Μεσογειακό και όχι μόνο περιβάλλον) και ο ρόλος της Τηλεπισκόπησης	8
1.2. Στόχοι και συμβολή της παρούσης μεταπτυχιακής εργασίας	10
1.3. Δομή παρουσίασης μεταπτυχιακής εργασίας	12
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ</b>	13
2.1. Εισαγωγή	13
2.2. Τηλεπισκόπηση	13
2.3. Τηλεπισκόπηση στην χαρτογράφηση πυρκαγιών	15
2.3.1. Σύνοψη δεδομένων και μεθόδων που χρησιμοποιούνται για χαρτογράφηση και ανίχνευση πυρκαγιών	16
2.3.2. Σύνοψη διαθέσιμων δεδομένων Τηλεπισκόπησης για καμένες εκτάσεις, με έμφαση σε δεδομένα διαθέσιμα στον ελληνικό χώρο/Μεσόγειο	18
2.3.3. Αναλυτική παρουσίαση προβλήματος καθώς και συμβολής της μελέτης	23
2.4. Σύνοψη περιεχομένων κεφαλαίου και επισήμανση	26
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b>	27
3.1. Εισαγωγή	27
3.2. Περιγραφή περιοχής μελέτης	28
3.3. Περιγραφή δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν	29
3.3.1. Τοπογραφικά δεδομένα	30
3.3.2. Χρήσεις γης	36
3.3.3. Προϊόν καμένων περιοχών του MODIS	38
3.3.4. Προϊόν καμένων περιοχών του EFFIS	38
3.4. Προεπεξεργασία δεδομένων	39
3.5. Κύρια επεξεργασία δεδομένων	41
3.6. Σύνοψη περιεχομένων κεφαλαίου	46

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ</b>	<b>47</b>
4.1. Εισαγωγή	47
4.2. Συγκριτική ανάλυση καμένων εκτάσεων	47
4.2.1. Καμένες εκτάσεις για MODIS και EFFIS	47
4.2.2. Κοινές καμένες εκτάσεις	51
4.2.3. Μη κοινές καμένες εκτάσεις	52
4.2.4. Καμένες εκτάσεις εντοπισμένες μόνο από το MODIS	53
4.2.5. Καμένες εκτάσεις εντοπισμένες μόνο από το EFFIS	55
4.2.6. Συγκριτικά στοιχεία	56
4.3. Ανάλυση με βασικό παράγοντα τις χρήσεις γης	57
4.3.1. Καμένες εκτάσεις για MODIS και EFFIS ξεχωριστά σε σχέση με τις χρήσεις γης	57
4.3.2. Κοινές, μη κοινές, εντοπισμένες μόνο από MODIS, εντοπισμένες μόνο από EFFIS καμένες εκτάσεις σε σχέση με τις χρήσεις γης	61
4.3.3. Συγκριτικά στοιχεία σε σχέση με τις χρήσεις γης	64
4.4. Ανάλυση με βασικούς παράγοντες τις τοπογραφικές ιδιότητες	70
4.4.1. Ανάλυση με βασικό παράγοντα το υψόμετρο	70
4.4.2. Ανάλυση με βασικό παράγοντα την έκθεση	80
4.4.3. Ανάλυση με βασικό παράγοντα την κλίση	84
4.4.4. Ανάλυση με βασικό παράγοντα τον Δείκτη Υγρασίας	91
4.5. Σύνοψη, συμπεράσματα και συζήτηση	93
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ</b>	<b>95</b>
5.1. Εισαγωγή	95
5.2. Συμπεράσματα	95
5.3. Προτάσεις για μελλοντική συνέχιση της εργασίας	97
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>98</b>

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στους καθηγητές Κόλλια Βασιλική και Καλύβα Διονύσιο καθώς και στον Γεώργιο Πετρόπουλο μετά-διδασκτορικού ερευνητή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Σημασία της χαρτογράφησης και ανάλυσης των πυρκαγιών (σε Μεσογειακό και όχι μόνο περιβάλλον) και ο ρόλος της Τηλεπισκόπησης

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν μια σημαντική συνιστώσα διαφόρων τύπων οικοσυστημάτων που εκτείνονται σε διάφορα γεωγραφικά πλάτη και μήκη όπως τα βόρεια οικοσυστήματα, εύκρατα δάση, μεσογειακά οικοσυστήματα, λιβάδια και σαβάνες, οικοσυστήματα σε ξηρά και ημιξηρα κλίματα, τροπικές και εξωτικές φυτείες και άλλα. Οι δασικές πυρκαγιές δρουν κατά μοναδικό τρόπο σε κάθε τύπο οικοσυστήματος και επίσης συνδέονται με διαφορετικές αιτίες και επιδράσεις (Chandler et al., 1983). Συχνά αποτελούν ένα ισχυρό διαχειριστικό εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται μακροπρόθεσμα ή βραχυπρόθεσμα για την τροποποίηση του τοπίου, την αλλαγή των χρήσεων γης και των χλωριδικών συνιστωσών των οικοσυστημάτων (Salvador and Pons, 1995; Pereira and άλλοι, 1997). Στη Μεσογειακή Λειάνη, η οποία μερικώς καλύπτεται από παραγωγικά και μη παραγωγικά δάση, θαμνότοπους και βοσκότοπους και χαμηλής βλάστησης περιοχές, οι δασικές πυρκαγιές παίζουν ένα κυρίαρχο ρόλο. Τα δάση και οι θαμνότοποι, ειδικότερα αυτά τα οποία αναπτύσσονται σε χαμηλές υψομετρικές ζώνες στις οποίες το κλίμα χαρακτηρίζεται ως τυπικό Μεσογειακό, είναι πολύ καλά προσαρμοσμένα σε ακραίες κλιματικές συνθήκες όπως είναι η ξηρασία και άλλα. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του Μεσογειακού τύπου βλάστησης, τα οποία έχουν σχηματιστεί ως το αποτέλεσμα μακρών μηχανισμών προσαρμογής σε τέτοιες συνθήκες σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του Μεσογειακού κλίματος όπως ισχυροί άνεμοι ιδιαίτερα στη πυρική περίοδο, παρατεταμένα ξηρά καλοκαίρια και άλλα ευνοούν την έναρξη και διάδοση των δασικών πυρκαγιών. Στη Μεσογειακή Λειάνη οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν μια κύρια οικολογική διεργασία η οποία ασκεί μια σημαντική επίδραση στο φυσικό κύκλο διαδοχής της βλάστησης καθώς και στη δομή και λειτουργία των οικοσυστημάτων. Ο υψηλός αριθμός των δασικών πυρκαγιών που εκδηλώνονται κάθε χρόνο και συχνά στις ίδιες περιοχές, το οποίο συνεπάγεται εκατοντάδες χιλιάδες στρέμματα καμένων εκτάσεων, αποτελεί μια πραγματική απειλή για τα φυσικά οικοσυστήματα. Οι οικονομικές, κοινωνικές, οικολογικές, ατμοσφαιρικές και κλιματικές συνέπειες που σχετίζονται με την πυρική δραστηριότητα δεν αναδεικνύουν μόνο τη σημαντικότητα του προβλήματος αλλά επιβάλλουν την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου



πληροφοριακού συστήματος και διαχειριστικού σχεδιασμού για την πρόληψη, έγκαιρη επέμβαση και καταστολή. Αυτό το σύστημα το οποίο θα βασίζεται στην εκ των προτέρων γνώση των πιθανών περιοχών εκδήλωσης πυρκαγιών καθώς και στη γνώση της συμπεριφοράς της φωτιάς αποτελεί ένα μεγάλο διαχειριστικό πλεονέκτημα (Chou et al., 1990).

Οι δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα αποτελούν σοβαρό πρόβλημα δεδομένου ότι καταστρέφουν ετησίως μεγάλες και πολύτιμες δασικές εκτάσεις. Προσθέτουμε ότι οι δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα αποτελούν μία από τις σημαντικότερες φυσικές καταστροφές σε ένα κατεξοχήν πυριγενές φυσικό περιβάλλον από άποψη κλίματος και βλάστησης (Kozłowski and Ahlgren, 1974). Η φωτιά αν και αποτελεί αναπόσπαστη διαταραχή στα μεσογειακά οικοσυστήματα (Agee, 1993; Wright and Bailey, 1982) επηρεάζει σημαντικά τις επιμέρους λειτουργίες και πολλαπλές χρήσεις του δάσους και ασκεί καθοριστικές επιδράσεις στο φυσικό κύκλο διαδοχής της βλάστησης, καθώς και στη λειτουργία και δομή των φυσικών οικοσυστημάτων (Κούτσιας και άλλοι, 2001).



**Εικόνα 1:** Αρχαία Ολυμπία στην διάρκεια των καταστροφικών πυρκαγιών του 2007 στην Ελλάδα.

Οι βασικοί παράγοντες που επιδρούν στην έναρξη, εξάπλωση και συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών είναι (α) τα χαρακτηριστικά της καύσιμης ύλης (υφή, μέγεθος, συσσώρευση, κατανομή), (β) η τοπογραφία (έκθεση, κλίση, υψόμετρο, διαμόρφωση εδάφους) και (γ) οι μετεωρολογικές συνθήκες (άνεμος, θερμοκρασία, σχετική υγρασία) (Pyne et al., 1996).

Ένα από τα βασικότερα οικολογικά προβλήματα με σημαντικές συνέπειες στη φύση και τον άνθρωπο είναι οι δασικές πυρκαγιές. Όταν μια πυρκαγιά εκδηλωθεί σε μια απομακρυσμένη περιοχή όπου είναι δύσκολος ή και πολλές φορές αδύνατος ο εντοπισμός της με συμβατικά μέσα, η ανίχνευση της από δορυφόρο μπορεί να αποτελέσει το μοναδικό τρόπο εντοπισμού. Στην περίπτωση πολλαπλών εστιών σε διαφορετικές περιοχές, το κέντρο επιχειρήσεων για την διαχείριση πυρκαγιών μπορεί να έχει μια γενική εικόνα όλων των εστιών σε μια μεγάλη περιοχή η οποία θα βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων για τη διάθεση και διαχείριση των μέσων κατάσβεσης.

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση χρησιμεύει τόσο στην παρακολούθηση της εξέλιξης των δασικών πυρκαγιών όσο και της καταγραφής των ζημιών μετά την κατάσβεση τους. Η μικρή χρονική κλίμακα στην οποία αυτές εξελίσσονται απαιτεί τη χρήση δορυφορικών εικόνων με μεγάλη διακριτική ικανότητα για την παρακολούθηση της εξέλιξης τους, σε βάρος όμως της χωρικής ανάλυσης (Καρτάλης και Φείδας, 2006). Η δορυφορική τεχνολογία και η δορυφορική τηλεπισκόπηση επιπλέον έχουν εφαρμογές στην εκτίμηση του κινδύνου των δασικών πυρκαγιών, την καταγραφή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, την πρόληψη των πυρκαγιών και την αποκατάσταση των καμένων περιοχών. Η δορυφορική τηλεπισκόπηση έχει πολλές εφαρμογές στην σύγχρονη κοινωνία, όπως μέτρηση μεγεθών σχετικά με μετακινήσεις των τεκτονικών πλακών, μέτρηση θερμοκρασίας και υγρασίας του εδάφους, μέτρηση κλίσεων, εμβαδού και τοπογραφίας του εδάφους, καταγραφή είδους υγείας και πυκνότητα της βλάστησης, της βιομάζας των δασών και του φυσικού περιβάλλοντος γενικότερα, της ποσότητας των αερίων του θερμοκηπίου. Επίσης τα τηλεπισκοπικά δεδομένα είναι χρήσιμα για μελέτες που ασχολούνται με την ατμόσφαιρα και τους ωκεανούς της γης (Μιχελάκης, 2010).

## **1.2. Στόχοι και συμβολή της παρούσης μεταπτυχιακής εργασίας**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, έχει ως κύριο στόχο, την σύγκριση δυο διαφορετικών τηλεσκοπικών προϊόντων για τις ίδιες καμένες περιοχές στον Ελλαδικό χώρο και για το ίδιο χρονικό διάστημα. Δυο από τα ποιο γνωστά τηλεσκοπικά συστήματα παρακολούθησης και καταγραφής πυρκαγιών, και όχι μόνο, είναι το Ευρωπαϊκό Σύστημα Πληροφόρησης για τις Δασικές Πυρκαγιές EFFIS και το MODIS της NASA που αποτελεί βασικό εργαλείο των δορυφόρων TERA & AQUA για την καταγραφή πυρκαγιών σε ολόκληρη την γη. Στόχος της εργασίας είναι η αναλυτική και εμπειριστατωμένη σύγκριση των δυο

συστημάτων σε σχέση με τα αποτελέσματα παρακολούθησης των πυρκαγιών στον Ελλαδικό χώρο, για συγκριμένα έτη. Η συγκριτική ανάλυση έγινε για την χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων των ετών 2007, 2006 και 2005. Βασικός στόχος της εργασίας είναι να καταλήξουμε σε τέτοια αποτελέσματα τα οποία θα μας δίνουν λεπτομέρειες για την συμφωνία ή μη των δυο προϊόντων καμένων περιοχών καθώς και για τα σχετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των δυο συστημάτων παρακολούθησης και χαρτογράφησης καμένων περιοχών. Να αναδειχθούν οι περιπτώσεις που το κάθε σύστημα έχει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το άλλο έτσι ώστε να μπορούν οι χρήστες να επιλέγουν το ανάλογο προϊόν για το ανάλογο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν. Η βιβλιογραφική αναζήτηση σε επιστημονικές πηγές έδειξε ότι στο συγκεκριμένο θέμα έχουν γίνει λίγες ερευνητικές προσπάθειες.

Ο απώτερος στόχος της συγκριτικής ανάλυσης είναι να αναδείξει τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα των δυο συστημάτων σε σχέση με τους σταθερούς παράγοντες που έχουμε θέσει έτσι ώστε να καταλήξουμε σε απαντήσεις σε σχέση με την αξιοπιστία των προϊόντων τηλεπισκόπησης στο τομέα των δασικών πυρκαγιών και να εστιάσουμε στα σημεία που υστερεί το ένα σύστημα και υπερτερεί το άλλο και αντίθετα. Επιπλέον στόχος της εργασίας είναι μέσω των προϊόντων που αφορούν την περιοχή της Ελλάδος να βγουν συμπεράσματα γενικά για την χαρτογράφηση των πυρκαγιών των δυο οργανισμών. Μέσω της ανάδειξης των διαφορών των δυο προϊόντων δίνεται η ευκαιρία της ανάδειξης τυχόν προβλημάτων και μειονεκτημάτων κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να δοθεί η κατεύθυνση κατά την οποία πρέπει να κινηθούν η δορυφορική τεχνολογία για την βελτίωση της. Η παρούσα μελέτη έχει ως δευτερεύοντα στόχο να αναδείξει και το σημαντικό πρόβλημα των πυρκαγιών που εντοπίζεται στην περιοχή της Μεσογείου και στην Ελλάδα συγκεκριμένα.

Μια σημαντική εργασία αναφοράς στο πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε με σχετικό θέμα είναι: « A Modis assessment of the summer 2007 extent burned in Greece » (Boschetti, 2008), στην οποία γίνεται μια σύγκριση για την χρονιά 2007 στον ελλαδικό χώρο σε σχέση με την συνολική έκταση των καμένων περιοχών κατά EFFIS και MODIS. Έχοντας ως βάση την συγκεκριμένη μελέτη και τους παράγοντες που έχει λάβει υπόψη στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έγινε χρονική επέκταση της μεθοδολογίας μελέτης σε τρεις πυρικές χρονιές και συγχρόνως έγινε εισαγωγή νέων παραγόντων. Συγκεκριμένα έκτος από την συνολική καμένη έκταση έγινε εισαγωγή των τοπογραφικών παραγόντων καθώς και τις χρήσεις γης. Περιληπτικά γίνεται αναβάθμιση της συγκεκριμένης μελέτης με επιπλέον δεδομένα και παράγοντες σύγκρισης.

### 1.3. Δομή παρουσίασης μεταπτυχιακής εργασίας

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή ακολουθήσαμε συγκεκριμένη δομή, παρατάσσουμε τα δεδομένα και τις αναλύσεις με μια λογική σειρά η οποία θα μας αποφέρει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα ακολουθώντας πιστά τους επιστημονικούς κανόνες. Αρχικά έγινε ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σε βάθος και έκταση απαραίτητη των αναγκών μας, έτσι ώστε να έχουμε σφαιρική και σωστή εικόνα για το θέμα το οποίο μελετούμε. Στην συνέχεια αναφερθήκαμε αναλυτικά στην μεθοδολογία που ακολουθήσαμε για την προεπεξεργασία των δεδομένων και την συγκριτική ανάλυση μεταξύ αυτών. Στο κομμάτι της μεθοδολογίας έχουμε κατά κύριο λόγο δυο βασικά μέρη. Αρχικά την προεπεξεργασία που χρειάστηκε να εφαρμόσουμε στα αρχικά προϊόντα χαρτογράφησης, έτσι ώστε να μετατραπούν στην απαραίτητη μορφή προς επεξεργασία, ανάλυση και σύγκριση. Στο δεύτερο μέρος, το οποίο είναι και το σημαντικότερο, περιλαμβάνεται η μεθοδολογία του τρόπου της συγκριτικής ανάλυσης των δυο προϊόντων των συστημάτων EFFIS & MODIS. Επιπλέον έγινε διερεύνηση και καταγραφή των αποτελεσμάτων και των παρατηρήσεων της ανάλυσης και της σύγκρισης των δυο συστημάτων παρακολούθησης και χαρτογράφησης καμένων περιοχών. Τέλος αναδείχτηκαν τα πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα, συμπεράσματα και οι περαιτέρω προοπτικές της συγκριτικής ανάλυσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ

### 2.1. Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται η αναλυτική παρουσίαση της σχετικής βιβλιογραφίας. Δίνονται γενικές πληροφορίες, θεωρίες και ορισμοί σχετικοί πάντα με το θέμα. Επίσης παρατίθεται αναλυτική περιγραφή σε σχέση με την βιβλιογραφία της τηλεπισκόπησης, καταγραφής και χαρτογράφησης των πυρκαγιών. Επιπλέον λεπτομερής αναφορά στα δυο συστήματα MODIS και EFFIS σε σχέση με τον τρόπο που λειτουργούν, τις προδιαγραφές και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Πρόσθετα δίνονται και στοιχεία για τα δορυφορικά σύστημα που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή και ανίχνευση των πυρκαγιών.

### 2.2. Τηλεπισκόπηση

Η παρατήρηση της γης από το διάστημα αποτελεί, τις τελευταίες δεκαετίες, σημαντικό εργαλείο για την μελέτη του περιβάλλοντος, την κατανόηση του παγκοσμίου κλίματος, καθώς και το σχεδιασμό και την υποστήριξη αναπτυξιακών και παραγωγικών δραστηριοτήτων σε μια περιοχή.

Ο όρος **τηλεπισκόπηση** ή τηλεανίχνευση (**remote sensing**) χρησιμοποιείται για την περιγραφή της διαδικασίας λήψης πληροφοριών για ένα αντικείμενο, μια περιοχή ή φαινόμενο, με τη χρήση ανιχνευτικών συσκευών που δεν βρίσκονται σε επαφή με το αντικείμενο παρατήρησης. Οι αεροφωτογραφίες, οι δορυφορικές εικόνες και οι εικόνες από ραντάρ είναι διάφορες μορφές καταγραφής δεδομένων από απόσταση. Πιο χαρακτηριστικά και διαδεδομένα είναι αυτά που προέρχονται από ανιχνευτές οι οποίοι φέρονται από δορυφόρους (δορυφορική τηλεπισκόπηση) (Καρτάλης και Φείδας, 2006).

Ένας ακόμα ορισμός αναφέρεται στο γεγονός, ότι, η λέξη τηλεπισκόπηση συντίθεται από το αρχαίο επίρρημα “τήλε” (=μακρόθεν, από μακριά), ως το πρώτο συνθετικό της, και το ρήμα “επισκοπέω – ώ”, που σημαίνει εξετάζω, βλέπω από ψηλά, επιθεωρώ. Τηλεπισκόπηση, επομένως, σημαίνει αντίληψη αντικειμένων ή φαινομένων από απόσταση. Ορίζεται ως η επιστήμη της συλλογής, ανάλυσης και ερμηνείας της πληροφορίας γύρω από έναν στόχο για την αναγνώριση και μέτρηση των ιδιοτήτων του, εξετάζοντας τις αλληλεπιδράσεις του με την

ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, χωρίς στην πραγματικότητα να έρθουμε σε απευθείας επαφή με αυτόν (Μέρτικας, 2006).

Η τηλεπισκόπηση έχει τριπλή διάσταση, που περιλαμβάνει τις ακόλουθες τρεις παραμέτρους: 1) Τους στόχους, δηλαδή τα υπό μελέτη αντικείμενα ή τα φαινόμενα μιας περιοχής. 2) Την τεχνική συλλογής δεδομένων με τη βοήθεια οργάνων που βρίσκονται σε απόσταση από τους στόχους. 3) Την ανάλυση και την ερμηνεία δεδομένων.

Ιδιαίτερη άνθηση εμφάνισε τις δυο τελευταίες δεκαετίες η **δορυφορική τηλεπισκόπηση (satellite remote sensing)**, δηλαδή η καταγραφή δεδομένων από ανιχνευτές οι οποίοι φέρονται από δορυφόρους. Οι αισθητήρες των δορυφορικών συστημάτων ανιχνεύουν και καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που είτε ανακλάται ή εκπέμπεται από κάποια επιφάνεια σε διάφορες φασματικές περιοχές. Η ακτινοβολία που καταγράφουν οι δορυφορικοί αισθητήρες έχει διαμορφωθεί από την αλληλεπίδραση της με την επιφάνεια και την ατμόσφαιρα της γης και συνεπώς μεταφέρει πληροφορίες για τις χημικές και φυσικές ιδιότητες της επιφάνειας και της ατμόσφαιρας.

Τα συστήματα τηλεπισκόπησης, δηλαδή το σύνολο των συσκευών και τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες. α) Τα παθητικά συστήματα τηλεπισκόπησης: εκείνα τα συστήματα που εντοπίζουν και καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία φυσικά. β) Τα ενεργητικά συστήματα τηλεπισκόπησης: εκείνα τα συστήματα που εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και αναλύουν αυτήν που επιστρέφει πίσω σε αυτά (Rees, 2001).

Τα δεδομένα που επεξεργαζόμαστε κατά την διαδικασία της ανάλυσης συνήθως έχουν τη μορφή μιας εικόνας καννάβου (raster image). Κάθε εικονοστοιχείο (pixel) πάνω στο raster έχει μια τιμή η οποία και αποτελεί κατά κάποιο τρόπο τη μέτρηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλούν τα αντικείμενα που μας ενδιαφέρουν. Τα χαρακτηριστικά των δεδομένων που παράγονται από τα συστήματα τηλεπισκόπησης είναι αυτά που διαμορφώνουν της ποιότητα τους και είναι τα παρακάτω: **Χωρική διακριτική ικανότητα (spatial resolution)**: Το μέγεθος του εικονοστοιχείου (pixel), συνήθως οι τιμές είναι από 15x15m έως 1000x1000m. **Φασματική διακριτική ικανότητα (spectral resolution)**: Το φάσμα του μήκους κύματος που μπορούν να καταγράψουν οι αισθητήρες (Καρτέρης, 2004). **Ραδιομετρική διακριτική ικανότητα (radiometric resolution)**: Ο αριθμός των διαφορετικών εντάσεων της ακτινοβολίας που μπορεί να διαχωρίσει ο καταγραφέας του συστήματος τηλεπισκόπησης. Η ραδιομετρική διακριτική ικανότητα εκφράζεται σε bits και συνήθως το εύρος αυτών των τιμών κυμαίνεται από

8 – 14 bits. Για παράδειγμα αν ένας δορυφόρος έχει 8bit ραδιομετρική διακριτική ικανότητα τότε τα δεδομένα που θα πάρουμε θα εκφράζονται σε 256 επίπεδα διαβάθμισης. **Χρονική Διακριτική Ικανότητα (Temporal resolution):** Αναφέρεται στη συχνότητα κάλυψης και συλλογής δεδομένων από ένα συγκεκριμένο τμήμα της γήινης επιφάνειας ή αλλιώς το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να περάσει ο δορυφόρος και να συλλέξει δεδομένα πάνω από το ίδιο σημείο της γης (Μιχελάκης, 2010).

### 2.3. Τηλεπισκόπηση στην χαρτογράφηση πυρκαγιών

Οι δορυφορικές – διαστημικές επιστήμες τα τελευταία χρόνια εξελίσσονται με γοργούς ρυθμούς και έχουν όλο και περισσότερες εφαρμογές σε διάφορους κλάδους της ζωής μας. Μια σημαντική εφαρμογή της δορυφορικής τεχνολογίας έχουμε στα μεγάλα καταστροφικά συμβάντα όπως είναι και οι δασικές πυρκαγιές. Με την βοήθεια της σύγχρονης τηλεσκοπικής τεχνολογίας έχουμε τεράστια βοήθεια στον εντοπισμό της εστίας της πυρκαγιάς, στην καταγραφή όλης της πυρκαγιάς, στη καταμέτρηση του μεγέθους της, στον προσδιορισμό της χρονικής έναρξης και χρονικής διάρκειας, στην μέτρηση του συνολικού μεγέθους της πυρκαγιάς και στην εκτίμηση κινδύνου.

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση χρησιμεύει τόσο στην παρακολούθηση της εξέλιξης των δασικών πυρκαγιών όσο και της καταγραφής των ζημιών μετά την κατάσβεση τους. Η μικρή χρονική κλίμακα στην οποία αυτές εξελίσσονται απαιτεί τη χρήση δορυφορικών εικόνων με μεγάλη χρονική διακριτή ικανότητα για την παρακολούθηση της εξέλιξης τους, σε βάρος όμως της χωρικής ανάλυσης (Καρτάλης και Φείδας, 2006).

Η τεχνολογία της δορυφορικής τηλεπισκόπησης έχει κάνει πολύ μεγάλα βήματα εξέλιξης τα τελευταία χρόνια. Η βιομηχανία της διαστημικής τεχνολογίας έχει μπει στην ζωή μας ενεργά και συνεπώς στην επιστήμη. Οι τεχνολογίες αυτές παίζουν σημαντικό ρόλο σε όλα τα επίπεδα των καταστροφικών φαινομένων των πυρκαγιών.

Ξεκινώντας από την πρόληψη των πυρκαγιών που είναι ένα σημαντικό κομμάτι της δορυφορικής τεχνολογίας με την οποία μπορούμε και καθορίζουμε διαβαθμισμένες ζώνες επικινδυνότητας τις οποίες και χαρτογραφούμε και με αυτόν τον τρόπο έχουμε πολύ υψηλό επίπεδο πρόληψης των πυρκαγιών. Μέσω της σύγχρονης τεχνολογίας επομένως, δημιουργούμε γεωγραφικές βάσεις δεδομένων για ολόκληρες περιοχές επικίνδυνες για εκδηλώσεις πυρκαγιών, που είναι ένα σημαντικό εργαλείο για τις σύγχρονες κοινωνίες.

Η τηλεπισκόπηση των δασικών καμένων περιοχών πέρα από το παραπάνω αρχικό επίπεδο εντοπίζει και εκτιμά την έκταση των περιοχών αυτών. Επιπλέον μπορεί να εκτιμήσει τις ζημιές που υπέστησαν οι δασικές περιοχές. Ακόμα η τηλεπισκόπηση ελέγχει την ικανότητα του οικοσυστήματος να ανακάμψει μετά από την πυρκαγιά. Και υποστηρίζει τον προγραμματισμό των παρεμβάσεων για την αποκατάσταση της ζημίας. Συγχρόνως έχει την δυνατότητα να εκτιμήσει τη δυναμική (και την ταχύτητα) της φυσικής ανάκαμψης και να ελέγξει το αποτέλεσμα της πιθανής επέμβασης αποκατάστασης των πληγέντων περιοχών (Chirici, 2005). Είναι αντιληπτό και σαφές ότι δορυφορικές τεχνολογίες συμβάλουν σε ολόκληρο τον κύκλο μιας πυρκαγιάς με τις χρήσιμες εφαρμογές τους. Στην παρούσα εργασία θα επικεντρωθούμε στο επίπεδο της ανίχνευσης και χαρτογράφησης της πυρκαγιάς.

### **2.3.1. Σύνοψη δεδομένων και μεθόδων που χρησιμοποιούνται για χαρτογράφηση και ανίχνευση πυρκαγιών**

Η τηλεανίχνευση και χαρτογράφηση των δασικών πυρκαγιών ακολουθεί διάφορους τύπους μεθοδολογίας. Αρχικά έχουμε την παρακολούθηση του πλουμίου του καπνού, οι δασικές πυρκαγιές εκλύουν καπνό ο οποίος μπορεί να διανύσει εκατοντάδες χιλιόμετρα και να διασπαρθεί πάνω από πυκνοκατοικημένες περιοχές προκαλώντας διάφορα προβλήματα. Επιπλέον, το πλούμιο του καπνού βοηθά στον εντοπισμό της θέσης της εστίας της πυρκαγιάς που το προκαλεί. Για τους λόγους αυτούς ο εντοπισμός και η παρακολούθηση του πλουμίου στις δορυφορικές εικόνες αποτελούν σημαντικό μέρος της τηλεπισκόπησης. Ιδανική φασματική περιοχή για τον εντοπισμό του πλουμίου του καπνού είναι η περιοχή του ορατού καθώς σε αυτή την περιοχή η σκέδαση της ακτινοβολίας από τα σωματίδια του καπνού είναι η μέγιστη. Άλλη μια μεθοδολογία που έχει να κάνει με τον εντοπισμό της φωτιάς μπορεί να έχουμε σε πολλές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος εκτός του ορατού, σε αυτή την περίπτωση ακόμη και αν η έκταση της φωτιάς είναι αρκετά μικρότερη της χωρικής διακριτικής ικανότητας του δορυφόρου μπορούμε και την εντοπίζουμε. Στο ορατό και εγγύς υπέρυθρο, οι επιφάνειες παρουσιάζουν μειωμένη ανελαστικότητα, στην περίπτωση αυτή, η θέση της εστίας φωτιάς μπορεί να εντοπιστεί μόνο έμμεσα μέσω του καπνού που αυτή παράγει και εξαρτάται από την δυνατότητα εντοπισμού του πλουμίου. Στο θερμικό υπέρυθρο η φωτιά μπορεί να εντοπιστεί χρησιμοποιώντας τα εικονοστοιχεία της φωτιάς που έχουν υψηλότερη μέση θερμοκρασία από τον περιβάλλοντα χώρο. Η περιοχή του μέσου υπέρυθρου έχει το πλεονέκτημα ότι παρουσιάζει



μεγαλύτερη ευαισθησία στις υψηλές θερμοκρασίες από αυτή του θερμικού. Μια ακόμα μεθοδολογία έχει να κάνει με την εκτίμηση της έκτασης των καμένων περιοχών. Μετά την κατάσβεση μιας πυρκαγιάς η καταγραφή της επιφάνειας της γης από δορυφόρους βοηθά σημαντικά στην άμεση χαρτογράφηση των περιοχών που επλήγησαν. Η μεθοδολογία βασίζεται στη διαφορά που παρουσιάζουν οι τιμές ενός δείκτη βλάστησης, όπως είναι ο NDVI, πριν την εκδήλωση της πυρκαγιάς και μετά την κατάσβεση της (Καρτάλης και Φείδας, 2006).



**Εικόνα 2:** Πυρκαγιές του έτος 2007 στη νότια Ελλάδα.

Οι μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί προσφάτως για την ανίχνευση των πυρκαγιών από δορυφορικά συστήματα έχουν κάποια κοινά σημεία αναφοράς. Ένα κοινό χαρακτηριστικό όλων των αλγόριθμων ανίχνευσης πυρκαγιών περιλαμβάνει το γεγονός ότι αυτά έχουν σχεδιαστεί με σκοπό το διαχωρισμό των pixels που περιέχουν ενεργές πυρκαγιές από αυτά που δεν έχουν. Η ανίχνευση των ενεργών πυρκαγιών με τηλεπισκόπηση βασίζεται στο γεγονός ότι η φωτιά παράγει μια τοπική ανύψωση της θερμοκρασίας (που ονομάζεται hot spot), η οποία είναι πάνω από τη κανονική θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η ιδιότητα αυτή είναι δυνατό να ανιχνευθεί από διαστημικά όργανα τηλεπισκόπησης που λειτουργούν σε διαφορετικά φασματικά μήκη κύματος. Διάφορες ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος προβλέπουν τον διαχωρισμό μεταξύ του hot-spot από το γύρω κρύο φόντο.

Συγχρόνως με την ανίχνευση των πυρκαγιών έχουμε και την χαρτογράφηση τους από τα δορυφορικά συστήματα. Για την χαρτογράφηση των καμένων περιοχών έχουμε ως βάση των πιο πρόσφατων μεθοδολογιών τις αλλαγές των φασματικών υπογραφών των αντικειμένων μετά την πυρόσβεση, δηλαδή η έντονη αντίθεση των πυρόπληκτων περιοχών σε σχέση με τον γύρω περιβάλλοντα χώρο και τη φασματική τους διαφοροποίηση. Μετά την πυρκαγιά, στις καμένες περιοχές επικρατεί μια σειρά φασματικών μεταβολών που εμφανίζεται ως αποτέλεσμα μετατροπής της βλάστησης σε κάρβουνο ή τη μείωση της χλωροφύλλης της βλάστησης, δηλαδή στις περιπτώσεις αυτές έχουμε διαφοροποίηση στην ανάκλαση του φωτός από το καμένο ή μη υλικό. Η αύξηση τις καμένης μάζας και η μείωση της υγρασίας της βλάστησης και η αλλαγή της θερμοκρασίας της επιφάνειας των περιοχών μας δίνουν την φασματική διαφοροποίηση που εκμεταλλεύονται τα δορυφορικά συστήματα (White, 1996; Trigg and Flasse, 2000; Stroppiana et al., 2002). Ακριβώς αυτή η αλλαγή του συντελεστή ανάκλασης στις διάφορες περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, έχει πράγματι αξιοποιηθεί για την ανάπτυξη αλγορίθμων με στόχο την χαρτογράφηση των περιοχών που κάηκαν από δορυφορικά συστήματα. Γενικά οι διάφορες μεθοδολογίες για την χαρτογράφηση των καμένων περιοχών με τηλεπισκόπηση διαφέρουν σε σχέση με δύο παραμέτρους: 1). Τον αριθμό των δορυφορικών σκηνών που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση της ανάλυσης και, 2). Το είδος της επεξεργασίας που γίνεται στα δορυφορικά δεδομένα. Στην παράμετρο (1) έχουμε δυο μεθόδους, την «Uni-temporal» η οποία στηρίζεται σε μια εικόνα μετά την πυρκαγιά και την «bi-temporal» που στηρίζεται στις φασματικές αλλαγές από εικόνες πριν και μετά την φωτιά (Koutsias et al., 1999). Σε σχέση με την παράμετρο (2) έχουμε μεθόδους που διαφέρουν από την χρήση ραδιομετρικών δεικτών ή και πιο σύνθετων προσεγγίσεων όπως η ταξινόμηση εικόνων. Παραδείγματα δεικτών: NDVI (Rouse et al. 1974), δείκτης GEMI (Barbosa et al. 1999), δείκτης BAI (Chuvieco et al. 2002).

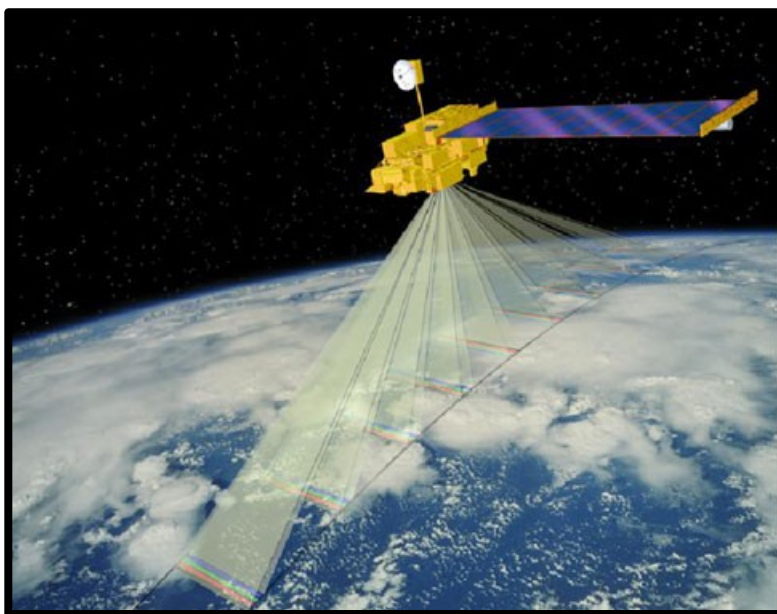
### **2.3.2. Σύνοψη διαθέσιμων δεδομένων Τηλεπισκόπησης για καμένες εκτάσεις, με έμφαση σε δεδομένα διαθέσιμα στον ελλαδικό χώρο/Μεσόγειο**

Σε παγκόσμια κλίμακα δυο από τις σημαντικότερες υπηρεσίες καταγραφής καμένων εκτάσεων και συλλογής των δεδομένων αυτών είναι τα MODIS & EFFIS. Είναι και οι δυο οργανισμοί παγκοσμίως αναγνωρισμένοι στην επιστημονική κοινότητα και όχι μόνο. Και στις δυο περιπτώσεις χρησιμοποιούν δορυφορικά συστήματα καταγραφής δεδομένων και

εφαρμόζουν την επιστήμη της δορυφορικής τηλεπισκόπησης για την καταγραφή και επεξεργασία των δεδομένων.

### **MODIS**

Το MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) αποτελεί βασικό εργαλείο των δορυφόρων TERRA και AQUA. Ο δορυφόρος TERRA είναι σε τροχιά γύρω από τη Γη και είναι προγραμματισμένος να διέρχεται από τον ισημερινό με κατεύθυνση από τον βορρά προς νότο το πρωί, ενώ ο AQUA περνάει τον ισημερινό με κατεύθυνση από τον νότο προς τον βορρά το απόγευμα. Τα TERRA MODIS και AQUA MODIS σαρώνουν την συνολική επιφάνεια της γης κάθε 1 έως 2 ημέρες, και τα δεδομένα συγκεντρώνονται σε 36 φασματικές ζώνες ή ομάδες των μηκών κύματος.



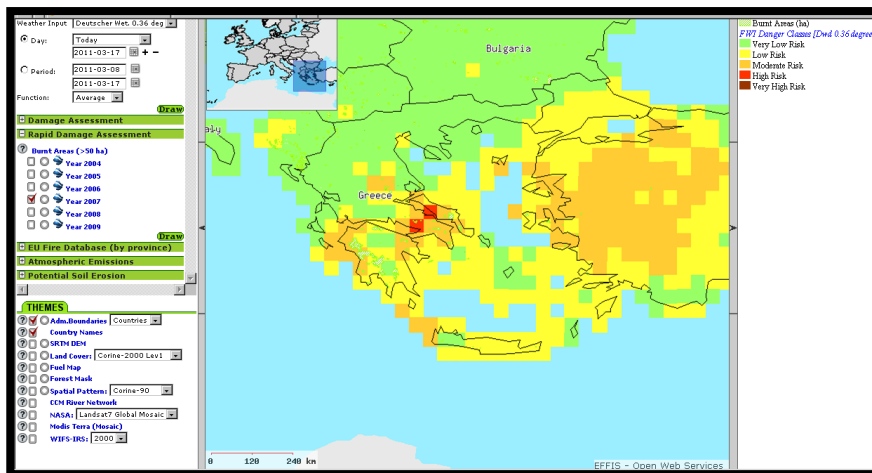
Εικόνα 3: Ο δορυφόρος TERRA σε τροχιά γύρω από την γη.

Τα στοιχεία αυτά μας δίνουν πληροφορίες για την παγκόσμια δυναμική και τις διεργασίες που συμβαίνουν στη γη, στους ωκεανούς, καθώς και στα χαμηλότερα επίπεδα της ατμόσφαιρας. Το MODIS είναι σε θέση να προβλέψει με ακρίβεια τις δυναμικές πλανητικές αλλαγές σε τέτοιο επίπεδο που βοηθά τους υπεύθυνους στην χάραξη πολιτικής και στη λήψη κατάλληλων αποφάσεων σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος (WWW1). Η αποστολή του MODIS land, στο οποίο ανήκει ο τομέας των πυρκαγιών, είναι η παγκόσμια παρακολούθηση των αλλαγών που συμβαίνουν στην κάλυψη της γης. Η παρακολούθηση της κάλυψης και των χρήσεων γης αποτελεί σημαντικό τομέα εργασίας της NASA Earth Science Enterprise. Με την

τηλεπισκόπηση παρέχεται η δυνατότητα παρακολούθησης των χαρακτηριστικών της επιφάνειας της γης, όπως είναι η κάλυψη της γης το είδος και την έκταση, το χιόνι που καλύπτει τυχόν εκτάσεις, η επιφανειακή θερμοκρασία, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας και η εμφάνιση πυρκαγιών. Η παρακολούθηση των θερμικών αλλαγών, η πυρανίχνευση δηλαδή βασίζεται σε απόλυτη ανίχνευση της φωτιάς όταν η ισχύς πυρός είναι αρκετή για να ενεργοποιήσει τον αισθητήρα. Το προϊόν που λαμβάνουμε περιέχει την εκδήλωση της πυρκαγιάς, την θέση της πυρκαγιάς, τα λογικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την επιλογή της φωτιάς και το βαθμό εμπιστοσύνης ανίχνευσης πυρκαγιάς. Το προϊόν κάνει διάκριση ανάμεσα στη φωτιά και την μη φωτιά και δεν σχολιάζει τα αποτελέσματα (WWW2). Επιπλέον ένα πολύ σημαντικό γεγονός είναι ότι τα προϊόντα του MODIS έχουν χωρική ανάλυση εικονοστοιχείων 250 ή 500 ή 1000 μέτρα. Συγκεκριμένα το προϊόν «MCD45» το οποίο χρησιμοποιούμε στην μελέτη είναι 500μ ανάλυσης (Boschetti et al., 2008 ) (Boschetti et al., 2009 ).

### **EFFIS**

Το EFFIS (European Forest Fire Information System) έχει δημιουργηθεί από το Joint Research Centre (JRC) και το Directorate General for Environment (DG ENV) με σκοπό να υποστηρίξει τις υπηρεσίες που είναι επιφορτισμένες με την προστασία των δασών από τις πυρκαγιές στις χώρες της ΕΕ και όχι μόνο. Επίσης να παρέχει στις υπηρεσίες της ΕΕ και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο πληροφορίες σχετικά με τις δασικές πυρκαγιές στην Ευρώπη. Το EFFIS με περιεκτικό τρόπο παρέχει εκτιμήσεις για την ΕΕ σε επίπεδο πριν την φωτιά και μετά την φωτιά, ενισχύοντας με αυτό τον τρόπο την πρόληψη των πυρκαγιών, και παρέχοντας βοήθεια στην ετοιμότητα της πυρόσβεσης και την αξιολόγηση μετά την πυρκαγιά. Κατά την διάρκεια της πυρικής περιόδου (Ιούνιος - Σεπτέμβριος), οι χάρτες των προβλέψεων κινδύνου πυρκαγιάς παρέχονται μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου καθημερινά στις δασικές υπηρεσίες και την πολιτική προστασία της ΕΕ. Οι στατιστικές των πυρκαγιών ανακοινώνονται σε τριμηνιαία βάση με ενημερωτικά δελτία (WWW3).



Εικόνα 4: European Forest Fire Information System από την ιστοσελίδα του EFFIS.

Το EFFIS άρχισε να λειτουργεί το 2000 ύστερα από κοινή προσπάθεια όλων των χωρών της ΕΕ και είναι ανοιχτό σε όλες τις ευρωπαϊκές χώρες. Το 2003, δημιουργήθηκε η ταχεία εκτίμηση ζημιών που εξασφάλιζε σχεδόν σε πραγματικό χρόνο χάρτες των καμένων περιοχών της Νότιας Ευρώπης. Το 2004 δημιουργείται βάση δεδομένων των πυρκαγιών για την ΕΕ και από τότε ο αριθμός των χωρών που συμμετέχουν συνεχώς αυξάνεται. Το 2005, δημιουργείται ορατός χάρτης (Εικόνα 4) στο διαδίκτυο που έχει συνεχή ανανέωση και ενσωμάτωση νέων λειτουργιών και εργαλείων. Το 2008 εμφανίζονται νέα προϊόντα στους χάρτες κινδύνου πυρκαγιάς και γίνεται κατάταξη με βάση το δείκτη κινδύνου πυρκαγιάς. Η καταγραφή του προϊόντος των πυρκαγιών γίνεται με τα λεγόμενα «καυτά σημεία» του MODIS και τους αισθητήρες, των δορυφόρων TERRA και AQUA, τα οποία εντοπίζουν της περιοχές με σαφώς υψηλότερη θερμοκρασία από το υπόλοιπο περιβάλλον τους. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των περιοχών που έχουν ενεργό καύση σε σχέση με τις γειτονικές περιοχές επιτρέπει την ταυτοποίηση και χαρτογράφηση των ενεργών πυρκαγιών. Η παραπάνω διεργασία εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 2007, ως μέσο για την παρακολούθηση από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για τον συντονισμό της δασοπυρόσβεσης μεταξύ των κρατών μελών. Η χαρτογράφηση των πυρκαγιών παρέχει μια συνοπτική άποψη των πυρκαγιών στην Ευρώπη και βοηθά τη μεταγενέστερη χαρτογράφηση της καμένης περιμέτρου των πυρκαγιών. Πληροφορίες σχετικά με τις ενεργές πυρκαγιές συνήθως δίνονται καθημερινά, και όταν χρειάζεται, είναι διαθέσιμες από το EFFIS εντός 2-3 ωρών από την απόκτηση των εικόνων από το MODIS. Οι δορυφόροι ανιχνεύουν και άλλες πηγές θερμότητας (δεν είναι όλα τα hotspots πυρκαγιές). Για να ελαχιστοποιηθούν οι ψευδείς συναγερμοί και να φιλτράρονται οι πυρκαγιές που δεν είναι δασικές

πυρκαγιές, το σύστημα εμφανίζει μόνο ένα επιλεγμένο υποσύνολο των hotspots που εντοπίστηκαν από το MODIS Rapid Response System. Για το σκοπό αυτό ο αλγόριθμος που εφαρμόζεται λαμβάνει υπόψη την έκταση των γύρω χρήσεων γης, την απόσταση από αστικές περιοχές και τεχνητές επιφάνειες και το επίπεδο εμπιστοσύνης του hotspot. Ακόμα το σύστημα αυτό μας δίνει πληροφορίες όπως γεωγραφικές συντεταγμένες, διοικητική περιφέρεια (δήμος και επαρχία), καθώς και την χρήση γης (WWW4). Το EFFIS εφαρμόζει το σύστημα Rapid Damage Assessment (RDA) από το 2003, είναι ένα σύστημα ταχείας αξιολόγησης της ζημίας μιας πυρκαγιάς. Το σύστημα αυτό έχει χωρική ανάλυση 250 μέτρα. Δίνει καθημερινή ενημέρωση καμένων περιοχών για περιπτώσεις τουλάχιστον 40 εκταρίων και πάνω, υπάρχουν όμως και περιπτώσεις χαρτογράφησης καμένων περιοχών μικρότερων από 40 εκτάρια. Το τελικό προϊόν του RDA ενημερώνεται δυο φορές την μέρα οπότε δυο διαφορετικές ενημερώσεις συγχωνεύονται σε μια για καλύτερα αποτελέσματα. Το προϊόν του RDA αποσκοπεί στην παροχή εκτιμήσεων των καμένων περιοχών σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Προτείνεται το προϊόν του RDA να συγκρίνεται με αλλά παρόμοια που ακολουθούν διαφορετικές μεθοδολογίες. Το ποσοστό των πυρκαγιών που χαρτογραφείται είναι 75-80% στο σύνολο των πυρκαγιών που έγιναν στην ΕΕ. Η μοντελοποίηση ιστορικών στοιχείων με κατάλληλες εξισώσεις για κάθε χώρα έτσι ώστε να παρέχεται πολύ καλή πρόβλεψη για το σύνολο των καμένων περιοχών. Η χαρτογράφηση των καμένων περιοχών του RDA βασίζεται στην ταυτοποίηση των μεγάλων πυρκαγιών του MODIS, στην επέκταση των καμένων περιοχών βάση αλγορίθμου των καλλιεργήσιμων περιοχών καθώς και στη διόρθωση της τελικής περιμέτρου της φωτιάς μέσα από οπτική ερμηνεία των εικόνων. Η παραπάνω διαδικασία ενισχύεται από συνεχή συλλογή πληροφοριών από όλα τα μέσα ενημέρωσης (WWW5). Μια σημαντική παράμετρος είναι ότι η περίμετρος των καμένων εκτάσεων κατά RDA αντιπροσωπεύει περιοχές που καίγονται από τις πυρκαγιές, όπως ανιχνεύονται από δορυφορικές εικόνες των TERRA & AQUA, ως εκ τούτου, δεν γίνεται καμία διάκριση μεταξύ των δασικών πυρκαγιών και του περιβάλλοντος. Το προϊόν RDA αποσκοπεί στην παροχή εκτιμήσεων των καμένων περιοχών σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Από το 2007 η εκτίμηση της ζημίας που προκαλούν οι φωτιές έχει βελτιωθεί αισθητά, δηλαδή δορυφορικές εικόνες λαμβάνονται από τον δορυφόρο WiFS με χωρική ανάλυση 180 μέτρα. Ενώ οι τρέχουσες εικόνες λαμβάνονται από τους αισθητήρες Advanced Wide Field (AWiFS) από τον Ινδικό δορυφόρο (IRS) με χωρική ανάλυση 56 μέτρα ή τον δορυφόρο (DMC) Monitoring Constellation satellites με χωρική ανάλυση 32 μέτρα. Η φασματική και χωρική πληροφορία που έχουμε από αυτούς τους δορυφόρους μας δίνουν την δυνατότητα να

χαρτογραφούμε πυρκαγιές της τάξης των 5-10 εκτάριων. Με αυτό το τρόπο η χαρτογράφηση φτάνει σε ποσοστά 90% επί του συνόλου των πυρκαγιών που συνέβησαν σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Συγκεντρωτικά και περιληπτικά το MODIS & EFFIS έχουν διαφορετική μεθοδολογία και αλγόριθμο χαρτογράφησης καμένων περιοχών, παρότι κάνουν χρήση τα ίδια δορυφορικά μέσα.

**Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός – βοηθητικός πίνακας χαρακτηριστικών MODIS & EFFIS.**

	Υπό την αιγίδα	Έργο	Τεχνικά Μέσα μέχρι το 2007 (δορυφόροι)	Τεχνικά Μέσα από το 2007 (δορυφόροι)	Διαφορές μεταξύ MODIS & EFFIS
<b>MODIS (MCD45)</b>	NASA	Ανίχνευση και χαρτογράφηση πυρκαγιων, κ.α.	TERRA, AQUA (500μ.)	TERRA, AQUA (500μ.)	Μεθοδολογία και αλγόριθμο χαρτογράφησης καμένων περιοχών
<b>EFFIS</b>	Ευρωπαϊκή Ένωση & Ευρωπαϊκή Επιτροπή	Ανίχνευση και χαρτογράφηση πυρκαγιων αποκλειστικά	TERRA, AQUA (250μ.)	TERRA AQUA(250μ.), WIFS(180μ.), IRSD(56μ.),DMC(32μ.)	

### 2.3.3. Αναλυτική παρουσίαση προβλήματος καθώς και συμβολής της μελέτης

Στην παρούσα εργασία γίνεται μια ολοκληρωμένη επιστημονικά προσπάθεια για την ανάλυση, μελέτη και σύγκριση προϊόντων τηλεσκοπικής χαρτογράφησης πυρκαγιών. Η εργασία επικεντρώνεται στην περιοχή όλης της Ελλάδας. Μια χώρα με μεγάλη ποικιλία σε τοπογραφικό επίπεδο καθώς υπάρχουν μεγάλες εναλλαγές από περιοχή σε περιοχή στο ανάγλυφο της, αφού έχουμε περιοχές ορεινές, ημιορεινές, επίπεδες, με απότομες κλίσεις, με μικρές κλίσεις και σε καμία περίπτωση δεν χαρακτηρίζεται από ομοιομορφία τοπογραφικά όπως κάποιες άλλες χώρες στον ευρωπαϊκό χώρο. Ακόμα η Ελλάδα είναι μια περιοχή που δοκιμάζεται από τις δασικές πυρκαγιές σε μεγάλη κλίμακα σχεδόν κάθε χρόνο καθώς και όλες οι χώρες που ανήκουν στην Μεσογειακή ζώνη. Το κλίμα της Ελλάδας χαρακτηρίζεται από τον μεσογειακό τύπο του εύκρατου κλίματος και έχει ήπιους υγρούς χειμώνες και ζεστά ξηρά καλοκαίρια. Είναι γνωστό ότι ο Ελληνικός χώρος αντιμετωπίζει τις φωτιές ως πρόβλημα σχεδόν κάθε χρόνο σε μεγάλο βαθμό, οπότε η επιλογή σαν περιοχή ανάλυσης στην παρούσα εργασία μας διευκολύνει επιστημονικά σε επίπεδο στατιστικής-δειγματοληψίας. Πέρα από την επιλογή της περιοχής ανάλυσης θα επικεντρωθούμε σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο μελέτης για τα προϊόντα πυρκαγιών των συστημάτων τηλεπισκόπησης. Η μελέτη θα επικεντρωθεί στις φωτιές του ελλαδικού χώρου για τα έτη 2007, 2006 και 2005 και για την πυρική περίοδο Απριλίου-Οκτωβρίου.

Το JRC (Joint Reserch Center) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής κάθε χρόνο δημοσιεύει ετήσια έκθεση σε σχέση με τις πυρκαγιές στο σύνολο της Ευρώπης, βασιζόμενη στις δασικές υπηρεσίες, στο πυροσβεστικό σώμα κάθε χώρας και στο EFFIS. Στις αντίστοιχες εκθέσεις για τα έτη 2005, 2006 και 2007 λαμβάνονται τα στοιχεία για τον Ελλαδικό χώρο (European Communities, 2006, 2007, 2008). Για το έτος 2005, για τον Ελλαδικό χώρο σύμφωνα με την ετήσια έκθεση το συνολικό μέγεθος σε εκτάρια των καμένων περιοχών εντοπισμένων από τον EFFIS είναι 4.517 εκτάρια, σε αντίθεση με τα 9.014,9 εκτάρια που υπολόγισαν οι ελληνικές αρχές και συγκεκριμένα η δασική υπηρεσία μαζί με την πυροσβεστική. Η ετήσια έκθεση του έτους 2006 για τον Ελλαδικό χώρο μας δίνει συνολικές χαρτογραφημένες καμένες εκτάσεις σύμφωνα με τον EFFIS 16.331 εκτάρια σε αντίθεση με τα 22.988,7 υπολογισμένα από τις ελληνικές αρχές. Τέλος για το έτος 2007, με τις μεγαλύτερες καταστροφές, εντοπισμένα από τον EFFIS έχουμε 271.516,38 εκτάρια σε αντίθεση με τα 313.825,9 υπολογισμένα από τις αρχές.

Ο στόχος της εργασίας επικεντρώνεται στην αναλυτική σύγκριση δυο διαφορετικών προϊόντων τηλεπισκόπησης-χαρτογράφησης δασικών πυρκαγιών την συγκεκριμένη περίοδο και για την συγκεκριμένη περιοχή. Τα πιο αναγνωρισμένα και γνωστά στην επιστημονική κοινότητα συστήματα παρακολούθησης και καταγραφής δασικών πυρκαγιών, το MODIS & EFFIS, από τα οποία θα λάβουμε τα προϊόντα χαρτογράφησης για τις συγκεκριμένες φωτιές και με την βοήθεια λογισμικού Γ.Π.Σ. (Γεωγραφικά Πληροφορικά Συστήματα) θα συγκρίνουμε αναλυτικά τα δυο αυτά προϊόντα. Για τις τρεις χρονιές 2007, 2006 και 2005 για τον ελλαδικό χώρο στα προϊόντα χαρτογράφησης των δασικών πυρκαγιών από το MODIS & EFFIS, γίνεται προεπεξεργασία όπου είναι απαραίτητη, με λογισμικό τηλεπισκόπησης, στην συνέχεια, με κατάλληλο πακέτο Γ.Π.Σ. αναλύονται και συγκρίνονται τα δυο διαφορετικά προϊόντα. Τα δυο συστήματα χαρτογράφησης πυρκαγιών είναι δυο διαφορετικές υπηρεσίες - οργανισμοί οι οποίοι λειτουργούν με συγκεκριμένο τρόπο και μεθοδολογία, παρότι κάνουν χρήση των ίδιων δορυφορικών μέσων τουλάχιστον μέχρι το έτος 2007. Έχουν την δική τους μεθοδολογία και τον δικό τους αλγόριθμο με τον οποίο κρίνουν σε κάθε περίπτωση την σωστή, για τον καθένα, χαρτογράφηση και καταγραφή των δασικών πυρκαγιών. Για να επιτευχτεί η σύγκριση των δυο διαφορετικών συστημάτων γίνεται χρήση κάποιων σταθερών παραγόντων οι οποίοι είναι κομβικής σημασίας για την χαρτογράφηση των πυρκαγιών αλλά και για τις ίδιες τις πυρκαγιές. Οι παράγοντες που εισάγονται στην ανάλυση είναι τοπογραφικοί, δηλαδή, κλίση εδάφους, υψόμετρο εδάφους, έκθεση εδάφους και δείκτης εδαφικής υγρασίας. Επιπλέον παράγοντας θα είναι και οι χρήσεις γης των καμένων περιοχών δηλαδή η κάλυψη γης των καμένων εκτάσεων.



Όπως παρατηρούμε και από τις τρεις εκθέσεις για τις χρονιές 2005, 2006 και 2007, υπάρχει διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων του EFFIS σε σχέση με τις δασικές – πυροσβεστικές υπηρεσίες και γενικότερα από την βιβλιογραφία. Έχουμε καταγραφή κατά 70-85% των πραγματικά καμένων περιοχών. Το ποσοστό από το 2007 και μετά έχει αυξηθεί κατά πολύ και η κάλυψη της πραγματικότητας από τον EFFIS και τον MODIS συνεχώς βελτιώνεται. Βέβαια δεν έχουμε φτάσει σε απόλυτο επίπεδο επιτυχίας από πλευράς χαρτογράφησης και ανίχνευσης για αυτό και αυτή η εργασία προσπαθεί να βάλει μια επιπλέον ανάλυση μέσω τις οποίας θα δοθεί η δυνατότητα να γίνουν και επιπλέον διορθώσεις των τυχόν σφαλμάτων. Όσο η τεχνολογία εξελίσσεται παγκοσμίως και η δορυφορική τεχνολογία είναι σχετικά νέος τομέας στο θέμα των πυρκαγιών θα δίνεται η δυνατότητα για τέτοιου είδους έρευνες.

Εκτελώντας τις αναλύσεις και τις συγκρίσεις των δυο προϊόντων για τον Ελλαδικό χώρο αναδεικνύεται, εμμέσως και το πολύ σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει η χώρα μας σε σχέση με τις πυρκαγιές των δασών, καθώς και την απώλεια σε ανθρώπινες ζωές την περίοδο του 2007. Επιπλέον μέσα από την σύγκριση μπορούμε να εκμαιεύσουμε σημαντικά στοιχεία για τα χαρακτηριστικά του Ελλαδικού χώρου σε επίπεδο τοπογραφίας και χρήσεων γης αλλά και σημαντικά στοιχεία για τις πυρκαγιές σε σχέση με το που εκδηλώνονται και τι χαρακτηριστικά διαθέτουν. Επιπλέον εισάγουμε την έννοια της ανίχνευσης πυρκαγιών μέσω διαστημικής τεχνολογίας για των ελλαδικό χώρο αναλύονται τα αποτελέσματα των προϊόντων αυτών ελέγχοντας κατά πόσο μας δίνουν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Η εργασία δίνει την δυνατότητα να συγκρίνουμε και να αναλύσουμε τα δυο προϊόντα χαρτογράφησης και να κρίνουμε την αξιοπιστία τους στον ελληνικό χώρο.

Η ανάλυση σε τοπικό επίπεδο των δυο προϊόντων EFFIS & MODIS, τα οποία μας παρέχουν αποτελέσματα χαρτογράφησης σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι ένα πολύ καλό στατιστικό δείγμα σε σχέση με το υπόλοιπο συνολικό προϊόν. Τα αποτελέσματα έχουν ευρύτερη σημασία και μπορεί να γίνει αναγωγή στο συνολικό παγκόσμιο προϊόν και να βγουν συμπεράσματα για ολόκληρο το εύρος της πυρανίχνευσης σε παγκόσμια κλίμακα. Δηλαδή η συμβολή της εργασίας είναι ότι μέσω των προϊόντων που αφορούν την περιοχή της Ελλάδος να βγουν συμπεράσματα γενικά για την χαρτογράφηση των πυρκαγιών των δυο οργανισμών.

#### **2.4. Σύνοψη περιεχομένων κεφαλαίου και επισήμανση της συμβολής της παρούσης μελέτης**

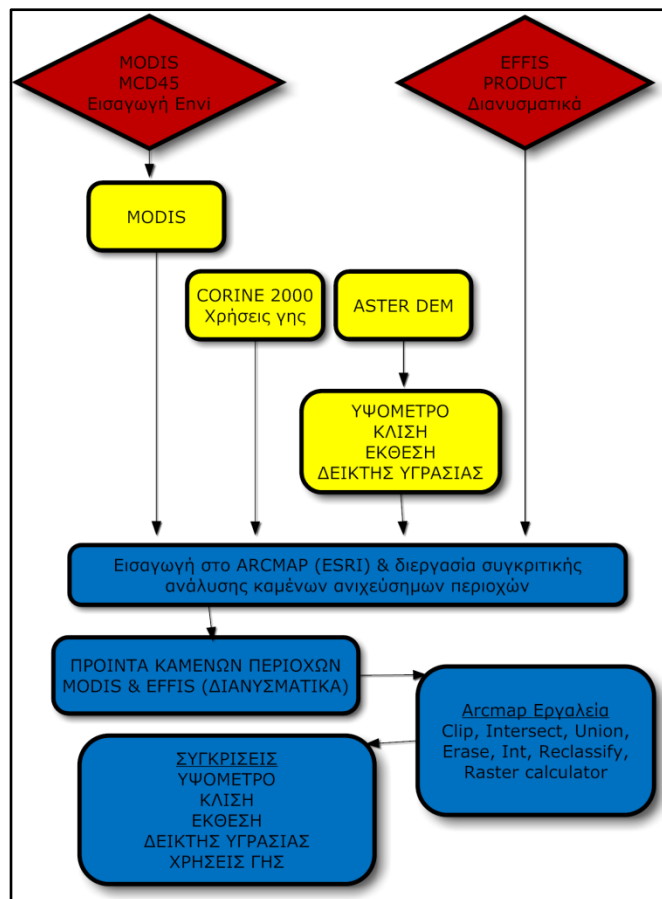
Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο έγινε αναφορά στον ορισμό της τηλεπισκόπησης και συγκεκριμένα της δορυφορικής τηλεπισκόπησης. Στην συνέχεια αναφερθήκαμε στην χαρτογράφηση και καταγραφή πυρκαγιών και καμένων περιοχών γενικά αλλά και ειδικά με τις δυο υπηρεσίες MODIS & EFFIS. Επιπλέον έγινε αναφορά αναλυτικά στον τρόπο εργασίας, μεθοδολογίας και οργάνωσης των δυο συστημάτων MODIS & EFFIS και δίνουμε σημαντικές πληροφορίες στο τρόπο λειτουργίας τους σε σχέση με την δορυφορική τηλεπισκόπηση, ανίχνευση και χαρτογράφηση δασικών πυρκαγιών. Συμπερασματικά έγινε αναφορά στην ανάλυση και στο πρόβλημα το οποίο θα αντιμετωπιστεί στην εργασία.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### 3.1. Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση της συνολικής διεργασίας με την οποία προσεγγίζονται οι στόχοι της εργασίας, δηλαδή η όλη διαδικασία που ακολουθήθηκε από την συλλογή των δεδομένων έως την επεξεργασία και συγκριτική ανάλυση τους με τα λογισμικά πακέτα τηλεπισκόπησης και Γ.Π.Σ.. Παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα βήματα των διαδικασιών που ακολουθήθηκαν για να εξαχθούν τα αποτελέσματα της σύγκρισης των δυο διαφορετικών προϊόντων καταγραφής καμένων περιοχών. Επιπλέον δίνονται με λεπτομέρεια όλες οι πηγές από τις οποίες λάβαμε τα δεδομένα ανάλυσης για τις καμένες περιοχές αλλά και οι σταθεροί παράγοντες πάνω στους οποίους στηρίχτηκε η ανάλυση.

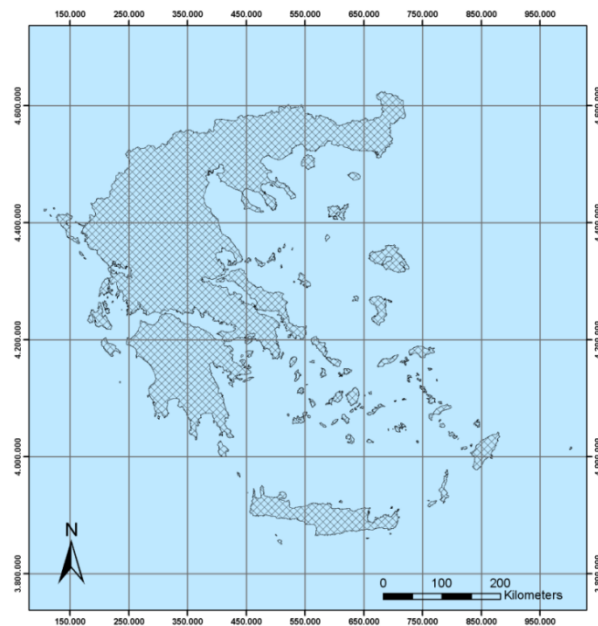
Στο διάγραμμα ροής (Εικόνα 5) φαίνονται περιληπτικά ο τρόπος και τα βοηθήματα που χρησιμοποιήσαμε για να καταλήξουμε στο τελικό προϊόν. Δίνονται επίσης εικονικά η πορεία ολόκληρης της διεργασίας που ακολουθήθηκε για να καταλήξουμε στα επιθυμητά αποτελέσματα. Έχουμε μια περιληπτική εικόνα με τα βήματα και την μεθοδολογία που αναλύθηκε στο παρόν κεφάλαιο.



Εικόνα 5: Διάγραμμα ροής της συνολικής μεθοδολογίας της εργασίας.

### 3.2. Περιγραφή περιοχής μελέτης

Καθώς έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια η εργασία θα ασχοληθεί και θα επικεντρωθεί στον ελλαδικό χώρο στη ηπειρωτική αλλά και νησιώτικη περιοχή των συνόρων της Ελλάδας.



Εικόνα 6: Χάρτης της Ελλάδος (χαρτογραφικού συστήματος προβολής ΕΓΣΑ 87).

Όπως παρατηρούμε και από τον χάρτη το χαρτογραφικό σύστημα προβολής είναι το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς. Όποια δεδομένα είναι σε άλλο σύστημα έγινε μετατροπή σε αυτή την χαρτογραφική προβολή (ΕΓΣΑ 87) (Φωτίου και Λιβιεράτος, 2000). Και όπως φαίνεται από τον παραπάνω χάρτη οι συντεταγμένες  $\chi$ ,  $\psi$  εκφράζονται σε μέτρα όπως ορίζει το χαρτογραφικό σύστημα. Ο ελλαδικός χώρος αποτελεί χαρακτηριστική περίπτωση από τοπογραφικής, κλιματολογικής και γεωγραφικής άποψης. Το κλίμα της χώρας είναι μεσογειακού τύπου εύκρατου κλίματος και έχει ήπιους χειμώνες με ξερά καλοκαίρια. Έχει δηλαδή χαρακτηριστικά των ζεστών μεσογειακών τύπων στις νότιες και νησιώτικες περιοχές αλλά και του βόρειου ευρωπαϊκού κλίματος στις περιοχές της βόρειας Ελλάδος. Επιπλέον αποτελείται από ηπειρώτικες περιοχές, μεγάλα και μικρά νησιά καθώς και συμπλέγματα νησιών. Μορφολογικά και τοπογραφικά έχει πολλές πεδινές περιοχές με μικρές κλίσεις εδάφους στα κεντρικά και βόρεια διαμερίσματα και συγχρόνως έχει ορεινά και απότομα μέρη με μεγάλες κλίσεις στα νότια και νησιωτικά διαμερίσματα της χώρας.

### 3.3. Περιγραφή δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν

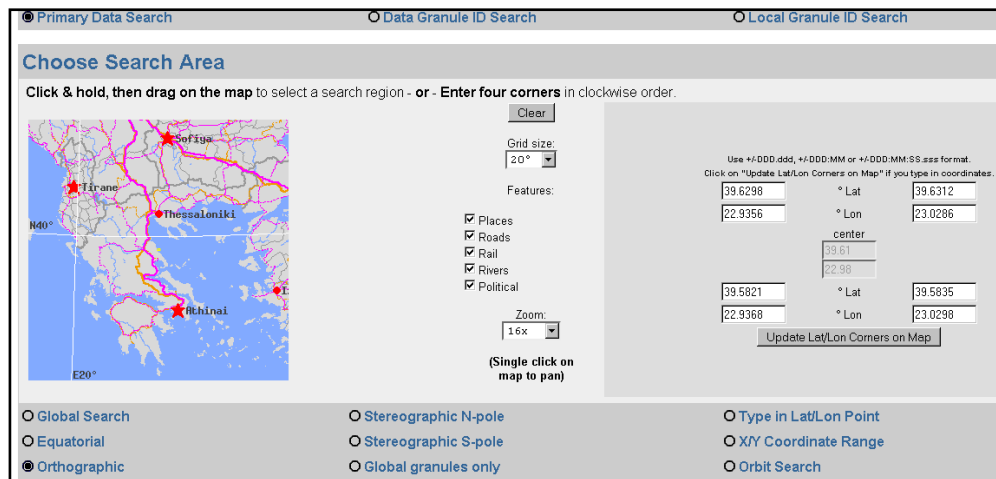
Στην ενότητα αυτή θα αναφερθούμε αναλυτικά στα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Τα δεδομένα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες οι οποίες αποτελούνται:

στην πρώτη έχουμε τα τοπογραφικά δεδομένα: υψόμετρο, κλίση, έκθεση και δείκτη υγρασίας. Στην δεύτερη κατηγορία είναι οι χρήσεις γης/κάλυψης γης των καμένων περιοχών. Τέλος εισάγονται στην μελέτη τα προϊόντα χαρτογράφησης των καμένων περιοχών του MODIS & EFFIS

### 3.3.1. Τοπογραφικά δεδομένα

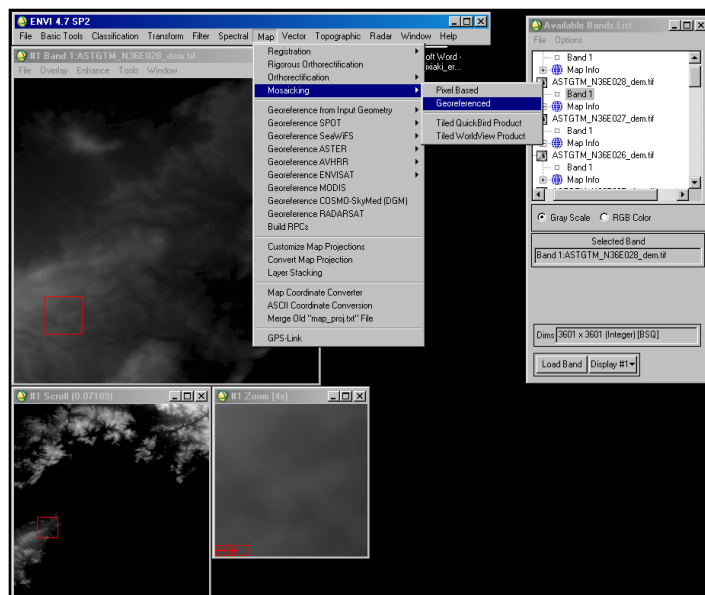
#### Υψόμετρο

Το ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) είναι μια υπηρεσία της NASA η οποία έχει ξεκινήσει το 1999 με την βοήθεια του δορυφόρου TERA και έχει στόχο την παρατήρηση και απεικόνιση της γης. Ο δορυφόρος ASTER, ένα πρόγραμμα συνεργασίας της NASA και της Ιαπωνικής Κυβέρνησης, χρησιμοποιείται για τη δημιουργία χαρτών μεγάλης λεπτομέρειας για την θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης, την ανύψωση, την ανάκλιση και γενικότερα την παρακολούθηση του μοντέλου της γης και των αλλαγών που συμβαίνουν. Συγκεκριμένα το ASTER GDEM (Global Digital Elevation Map Announcement) είναι ένα ψηφιακό μοντέλο υψομέτρου που έχει ανακοινωθεί τον Ιούνιο 2009. Είναι αρχεία της μορφής GeoTiff και μας δίνουν την πληροφορία του υψομέτρου για όλη την γη σε ανάλυση 30 μέτρων δηλαδή κάθε εικονοστοιχείο έχει 30x30 μέτρα εμβαδόν. Η γη χωρίζεται σε πλάκες εμβαδού 1x1 μοιρών αρχείων GeoTiff τα οποία αν ενωθούν διαμορφώνουν ολόκληρη την γη. Από την ιστοσελίδα <https://wist.echo.nasa.gov/wist-bin/api/ims.cgi/> θα επιλέξουμε την περιοχή της Ελλάδος για να λάβουμε τα απαραίτητα αρχεία υψομέτρου.



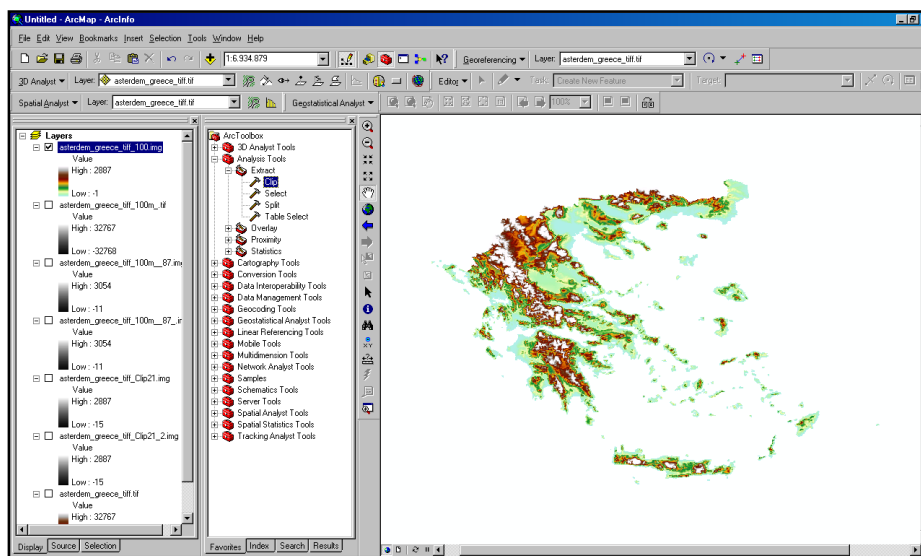
Εικόνα 7: Ιστοσελίδα της NASA από την οποία διατίθεται η πληροφορία του ASTER DEM.

Όπως φαίνεται και από την εικόνα από την ιστοσελίδα θα ορίσουμε τον χώρο που επιθυμούμε και στην συνέχεια αφού κάνουμε εγγραφή στην ιστοσελίδα από τον server θα αποθηκεύσουμε τα αρχεία της μορφής «ASTGTM\_N34E026\_dem». Το κάθε ένα από τα αρχεία είναι μια συγκεκριμένη περιοχή και για να καταλήξουμε στην περιοχή της Ελλάδος θα πρέπει να ενώσουμε όλα τα πλακίδια-επίπεδα μεταξύ τους. Στο σημείο αυτό γίνεται χρήση του λογισμικού επεξεργασίας δεδομένων τηλεπισκόπησης ENVI 4.7 με κατασκευάστρια εταιρεία την ITT Visual Information Solutions.



Εικόνα 8: Απεικόνιση του λογισμικού πακέτου ENVI 4.7.

Όπως ορίζεται και από την παραπάνω εικόνα στο λογισμικό πακέτο ENVI μέσω της εντολής «Mosaicking – Georeferenced» ενώνουμε όλες τα επίπεδα πληροφορίας και δημιουργούμε ένα ενιαίο αρχείο GeoTiff για όλη την Ελλάδα το οποίο θα είναι πλεγματικής μορφής και θα μας δίνει την πληροφορία του υψομέτρου. Εν συνέχεια το αρχείο που είναι καθορισμένο στο Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1984, γνωστό ως WGS 84 μετατρέπεται σε ΕΓΣΑ 87 με την εντολή «Convert map projection». Έπειτα το πλεγματικό αρχείο εισάγεται στο εμπορικό λογισμικό ArcMap 9.3 και με την εντολή «export data» μετατρέπεται από την χαρτογραφική ανάλυση 30 μέτρα σε 100 μέτρα δηλαδή κάθε εικονοστοιχείο θα έχει εμβαδόν 100x100 μέτρα στο νέο μας πλεγματικό αρχείο υψομέτρων.



Εικόνα 9: Απεικόνιση του λογισμικού πακέτου ARCMAP 9.3.

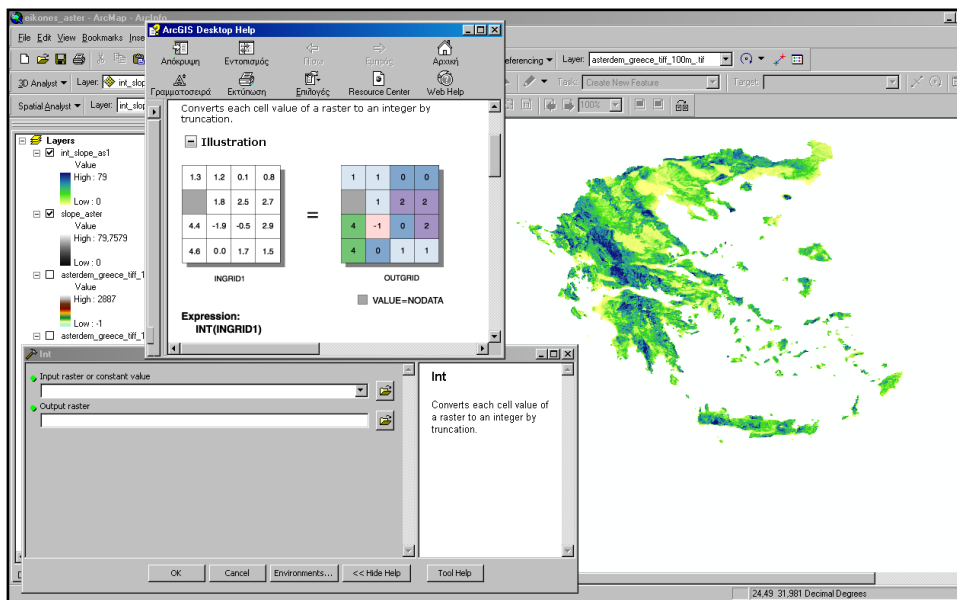
Στο τέλος από το «ArcToolbox» με την εντολή «Clip» και με την βοήθεια του περιγράμματος της Ελλάδος απομονώνεται η στεριά από την θάλασσα έτσι ώστε να έχουμε ένα τελικό αρχείο με μικρότερο μέγεθος και με τις περιοχές που ενδιαφέρουν για την εργασία μας.

## Κλίση

Στην συνέχεια της εργασίας αφού καταλήξαμε στο πλεγματικό αρχείο χωρικής ανάλυσης 100 μέτρων με την πληροφορία του υψόμετρου για όλο τον ελλαδικό χώρο, με την βοήθεια κατάλληλων επεξεργασιών εξάγονται και άλλες σημαντικές τοπογραφικές ιδιότητες. Στο



«ArcMap 9.3» από το «Toolbox» στην ενότητα «Spatial Analyst Tools» στην υποενότητα «Surface» και στην συνέχεια από την εντολή «Slope» στην οποία εισάγουμε το υψομετρικό αρχείο δημιουργούμε ένα νέο αρχείο χωρικής ανάλυσης 100 μέτρων που μας δίνει την πληροφορία της κλίσης σε μοίρες για όλη την Ελλάδα. Στην συνέχεια από την υποενότητα «Math» εκτελούμε την εντολή «Int» με την οποία μετατρέπουμε το πλεγματοεικό αρχείο των κλίσεων σε πλεγματοεικό αρχείο κλίσεων ακέραιων τιμών της κλίσης για κάθε εικονοστοιχείο.



Εικόνα 10: Απεικόνιση της εντολής «Int» από το λογισμικό πακέτο ARCMAP 9.3.

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 10 δείχνουμε σχηματικά τον μαθηματικό τρόπο μετατροπής του κάθε εικονοστοιχείου των κλίσεων σε ένα νέο αρχείο το οποίο θα μας βοηθήσει στην ανάλυση μας παρακάτω. Ακόμα από την εικόνα εξάγεται ο χάρτης της ελληνικής επικράτειας με τις τιμές των κλίσεων της επιφάνειας του εδάφους με τις υψηλές τιμές με μπλε χρώμα οι οποίες φτάνουν στις 79° μοίρες και τις χαμηλές στα επίπεδες επιφάνειες με πράσινο χρώμα.

## Έκθεση

Όμοια με την κλίση από την εντολή Aspect εισάγουμε το αρχείο των υψομέτρων των επιφανειών του ελλαδικού χώρου και δημιουργούμε ένα νέο πλεγματοεικό αρχείο το οποίο μας δίνει την πληροφορία της έκθεσης της επιφάνειας του εδάφους. Η έκθεση μετριέται σε μοίρες

και στον Πινάκια 2 αναφέρονται αναλυτικά οι τιμές της έκθεσης. Παρατηρούμε ότι για επίπεδες περιοχές που δεν έχουν καμία έκθεση έχουμε τιμές από -1 έως 0.

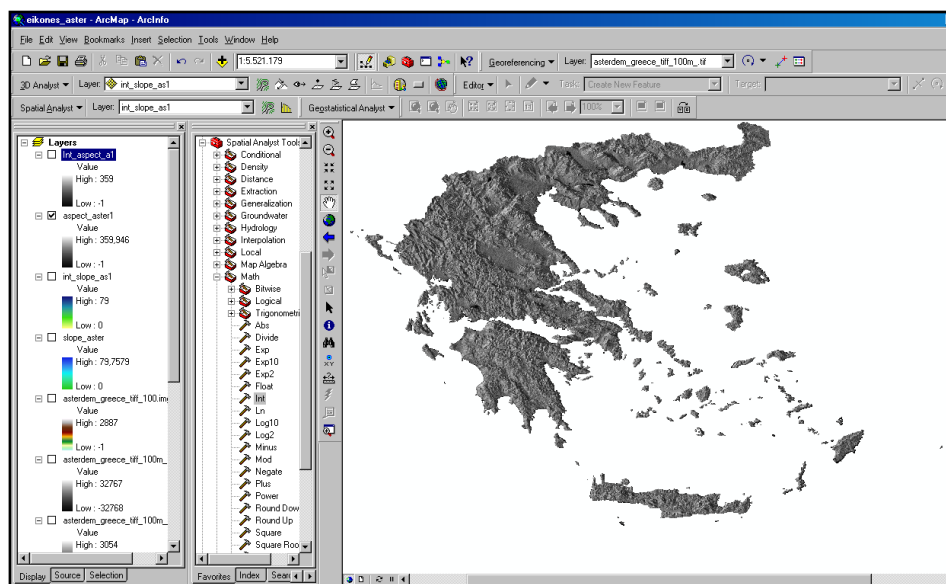
Πίνακας 2: Κατηγορίες της έκθεσης των περιοχών.

Έκθεση επιφανειας εδαφους

Εκθεση	Τιμή σε μοίρες
Επίπεδο	(-1 - -0,000001)
Βόρεια	(-0,000001 - 22,5)&(337,5 - 360)
Βορειανατολική	(22,5 - 67,5)
Ανατολική	(67,5 - 112,5)
Νοτιοανατολική	(112,5 - 157,5)
Νάτια	(157,5 - 202,5)
Νοτιοδυτική	(202,5 - 247,5)
Δυτική	(247,5 - 292,5)
Βορειοδυτική	(292,5 - 337,5)



Οπότε θα κατηγοριοποιηθούν σε 9 κατηγορίες η έκθεση της επιφάνειας των περιοχών της μελέτης μας.



Εικόνα 11: Απεικόνισης της έκθεσης των περιοχών του Ελλαδικού χώρου.

Στην Εικόνα 11 μπορούμε να δούμε σχηματικά σε πλεγματοκό αρχείο την έκθεση που επικρατεί στον ελλαδικό χώρο. Οι τιμές του αρχείο όπως και προηγουμένως με την εντολή

«Int» μετατρέπονται σε τιμές έκθεσης σε ακέραιη τιμή έτσι ώστε να μπορέσουμε να εφαρμόσουμε τις επεξεργασίες ανάλυσης.

### **Δείκτης Υγρασίας**

Δείκτης υγρασίας ή (WI) Wetness index σύμφωνα με τους Beven & Kirkby (1979) εξαρτάται από την κλίση της επιφάνειας του εδάφους και από την συσσώρευση των ροών.

$$WI = \ln(SCA / \epsilon\phi(\beta))$$

Όπου SCA είναι η απορροή σε ένα σημείο (εκφράζει το σύνολο των σημείων με απορροή που διέρχονται από το προαναφερθέν σημείο και όπου  $\beta$ ) το μέτρο της κλίσης στο σημείο αυτό. Από την σχέση συμπεραίνουμε ότι όσο μειώνεται η κλίση τόσο μεγαλύτερη θα είναι η τιμή του δείκτη WI. Όσο μεγαλύτερη είναι η απορροή τόσο μικρότερος θα είναι δείκτης WI (Beven and Kirkby, 1979).

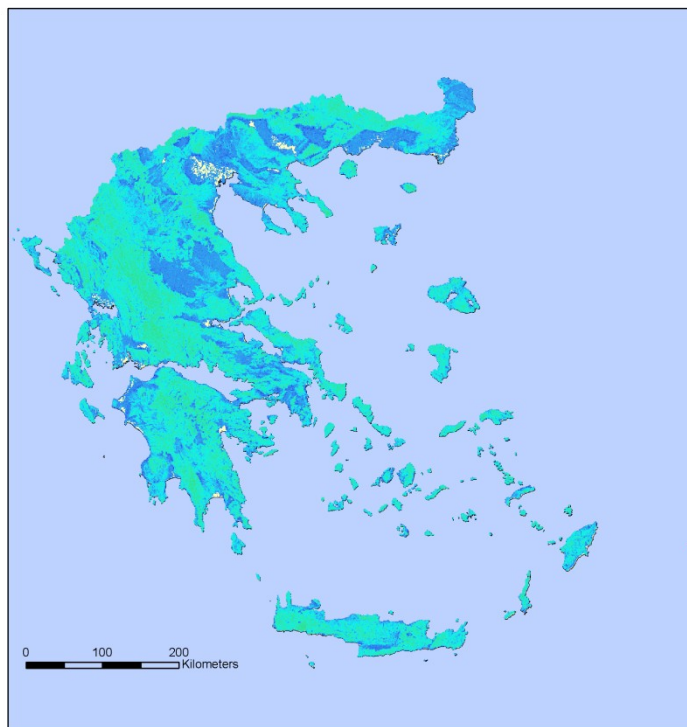
Στην παρούσα εργασία έχουμε στηριχτεί στην τελευταία βιβλιογραφία συνδυάζοντας την βιβλιογραφία του Moore έτσι ώστε να μπορέσει να ενταχθεί στο λογισμικό του Γ.Π.Σ. συστήματος. Ο Moore το 1993 εισήγαγε τον τύπο:

$$CTI = \ln (As / (\tan(\beta)))$$

CTI είναι ο σταθερός δείκτης υγρασίας και είναι συνάρτηση τόσο της κλίσης και της έκτασης ανά μονάδα πλάτους προς την κατεύθυνση της ροής. Οπότε έχουμε:

$As = (\text{συσσώρευση ροής} + 1) * (\text{εμβαδόν εικονοστοιχείου σε μέτρα})$  και το  $\beta$  είναι η κλίση εκφράζεται μοίρες (Moore et al. 1993; Moore et al. 1995).

Από το ArcGis στο Toolbox και Spatial Analyst Tools στην ενότητα Hydrology στην υποενότητα Flow Direction εκτελούμε τη εντολή αφού εισάγουμε το αρχείο της επιφάνειας υψόμετρου που έχουμε με ανάλυση 100 μέτρα. Με αυτή την διαδικασία δημιουργούμε ένα πλεγματοεικό αρχείο με την κατεύθυνση απορροής το οποίο θα το εισάγουμε στην εντολή Flow Accumulation με την οποία έχουμε καταλήξει στο πλεγματοεικό αρχείο της συσσώρευσης ροής που μας είναι χρήσιμο για τον Δείκτη Υγρασίας κατά Moore. Καταλήγοντας είμαστε σε θέση να εφαρμόσουμε τον τύπο του Δείκτη Υγρασίας και να εξάγουμε ένα νέο πλεγματοεικό αρχείο με χωρική ανάλυση 100 μέτρα που θα μας δίνει σε κάθε σημείο τον δείκτη.



Εικόνα 12: Απεικόνιση του δείκτη υγρασίας στον Ελλαδικό χώρο.

Στην εικόνα έχουμε το αποτέλεσμα του δείκτη υγρασίας αφού εισάγουμε τον τύπο στο Raster Calculator στο ArcGis και έτσι με μπλε χρώμα έχουμε περιοχές με ψηλό δείκτη υγρασίας και με το πράσινο με χαμηλή δυνατότητα συγκράτησης υγρασίας.

### 3.3.2. Χρήσεις γης

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή μας δίνουν την δυνατότητα να λάβουμε την κάλυψη/χρήσεις γης για το έτος 2000 (CORINE LAND COVER 2000). Είναι ένα σύνθετο και πολύ επιτυχημένο ευρωπαϊκό και εθνικό έργο. Μας παρέχει πληροφορίες εδαφοκάλυψης πολύ υψηλής ποιότητας στις οποίες καταλήξανε ύστερα από συνεργασία ευρωπαϊκών υπηρεσιών αλλά και εθνικών ομάδων εργασίας (Vanda, 2005). Στην εργασία μας θα στηριχτούμε σε ένα διανυσματικό αρχείο κάλυψης γης μόνο για τον ελλαδικό χώρο το οποίο παρέχει κωδικοποιημένες πληροφορίες σε τρία επίπεδα διάκρισης χρήσεων γης. Εμείς κάναμε χρήση του πρώτου επιπέδου που είναι και το πιο γενικό και του τρίτου επιπέδου που μας δίνει την μεγαλύτερη λεπτομέρεια όπως φαίνετε και στους παρακάτω δυο Πίνακες 3 και 4.

Πίνακας 3: Χρήσεις γης σύμφωνα με το CORINE 2000.

Πίνακας χρήσεων γης πρώτου επιπέδου	
Κωδικός	Χρήσεις γης
1	Τεχνητές περιοχές
2	Γεωργικές περιοχές
3	Δάσος & ημιφυσικές περιοχές
4	Υγρότοποι
5	Υδάτινες περιοχές

Πίνακας 4: Αναλυτικές χρήσεις γης σύμφωνα με το CORINE 2000.

Πίνακας χρήσεων γης τρίτου επιπέδου	
Κωδικός	Χρήσεις γης
112	Ασυνεχείς αστικός ιστός
121	Βιομηχανίες ή εμπορικές μονάδες
122	Οδικά σιδηροδρομικά δίκτυα
124	Αεροδρόμια
131	Ορυκτά ορυχεία
133	Εργοτάξια
142	Εγκαταστάσεις αθλητικές-αναψυχής
211	Μη αρδευόμενες αροτρίες εκτάσεις
212	Μόνιμα αρδευόμενη γη
213	Ορυζώνες
221	Αμπελώνες
222	Καρποφόρα δένδρα & θάμνοι
223	Ελαιώνες
231	Βοσκοτόπια
242	Καλλιέργειες πολύπλοκου σχήματος
243	Γεωργικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης
311	Πλατυφυλλα δάση
312	Κωνοφόρα δάση
313	Μεικτά δάση
321	Φυσικοί λειμώνες
322	Χερσότοποι
323	Σκληρόφυλλη βλάστηση
324	Μεταβατικές δασικές - θάμνωδεις εκτάσεις
331	Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές
332	Γυμνά βράχια
333	Αραιή βλάστηση
334	Καμένες περιοχές
411	Χερσαίοι βάλτοι
421	Αλμυροί βάλτοι
511	Ποτάμια
512	Υδατίνα συστήματα

Στις χρήσεις γης των δυο πινάκων έχει γίνει μετάφραση από το πρωτότυπο αγγλικό κείμενο της ευρωπαϊκής επιτροπής για να γίνει ομαλή εισαγωγή των στοιχείων στην παρούσα εργασία. Επιπλέον όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις το διανυσματικό αρχείο των χρήσεων γης θα είναι σε ΕΓΣΑ 87. Η ανάλυση και οι συγκρίσεις θα γίνουν στο αρχικό επίπεδο που έχει πέντε

βασικές κατηγορίες και μας δίνει μια γενική εικόνα αλλά και στο αναλυτικό επίπεδο που έχουμε μια υψηλή πληροφόρηση για την κάλυψη της γης που από κει θα λάβουμε πληροφορίες με μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

### **3.3.3. Προϊόν καμένων περιοχών του MODIS**

Βασικό δεδομένο της εργασίας είναι το προϊόν του συστήματος MODIS, το οποίο περιέχει τις καμένες περιοχές, που θα χρειαστούμε για την επιπλέον ανάλυση και επεξεργασία. Από την διεύθυνση <ftp://ba1.geog.umd.edu> (WWW8) όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφία υπάρχει διαθέσιμο για οποιαδήποτε παγκόσμια γεωγραφική θέση το προϊόν των καμένων περιοχών. Εμείς λάβαμε για τις χρονιές 2005, 2006 και 2007 το οποίο είναι σε μορφή «Geotiff» δηλαδή πλεγματοειδές αρχείο. Ακολουθούμε την διαδρομή tiff μετά win08 που εκφράζει την περιοχή όλης της Ευρώπης και συλλέγουμε όλα τα αρχεία της μορφής «MCD45monthly.A2005306.Win08.005.burndate.tif». Τα συγκεκριμένα αρχεία περιλαμβάνουν πληροφορίες για κάθε μήνα ξεχωριστά οπότε έχουμε 12 αρχεία για το καθένα από τα τρία έτη. Οι αριθμοί A2005306 εκφράζουν το έτος 2005 και το 306 τις μέρες του έτους, το 08 είναι ο κωδικός της Ευρώπης και το 005 είναι η πέμπτη συλλογή από το συνολικό προϊόν. Συνολικά θα έχουμε 36 αρχεία της μορφής Geotiff που θα μας δίνουν πληροφορίες για τις καμένες περιοχές όλης της Ευρώπης (Boschetti, 2009).

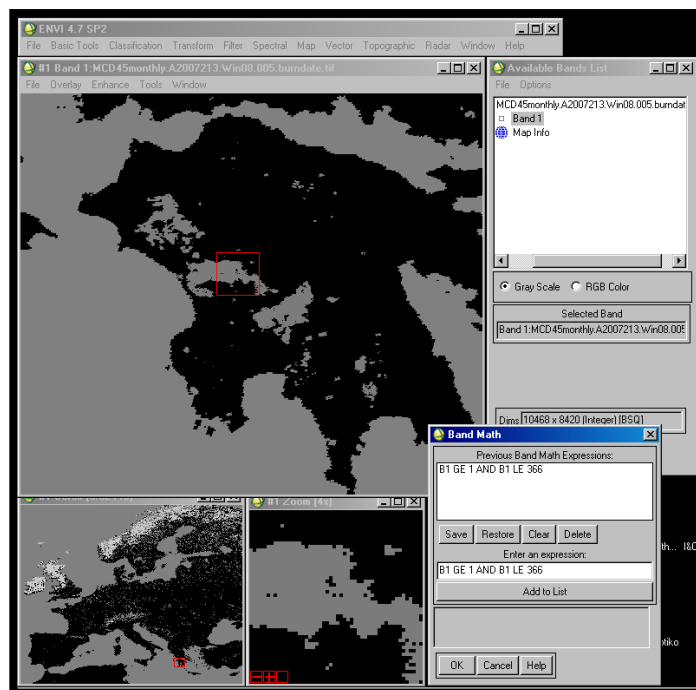
### **3.3.4. Προϊόν καμένων περιοχών του EFFIS**

Επίσης προϊόντα του συστήματος EFFIS λαμβάνουμε για τις καμένες περιοχές του ελληνικού χώρου. Το προϊόν θα το λάβουμε σε διανυσματική μορφή απευθείας από την κεντρική υπηρεσία του ευρωπαϊκού οργανισμού EFFIS για τις χρονιές 2005, 2006 και 2007. Για την κάθε μια χρονιά έχουμε τα πολύγωνα των καμένων περιοχών τα οποία περιέχουν την πληροφορία της έκτασης, την περίμετρο και την ημερομηνία εκδήλωσης της φωτιάς. Τα τρία αυτά αρχεία έχουν συντεταγμένες στο σύστημα WGS-84. Από το ArcMap 9.3 στο ArcToolbox στη ενότητα Data Management Tools και στην υποενότητα Feature Project τα μετατρέπουμε τις συντεταγμένες στο ελληνικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ 87. Στη συνέχεια τα τρία αυτά διανυσματικά αρχεία μέσω του ArcCatalog τα μετατρέπουμε σε αντίστοιχα αρχεία γεωβάσης.

### 3.4. Προεπεξεργασία δεδομένων

Ανακεφαλαιώνοντας μέχρι στιγμής έχουμε τα εξής δεδομένα-αρχεία: υψόμετρο, κλίση, δείκτη υγρασίας και έκθεση σε πλεγματοειδή μορφή για τον ελλαδικό χώρο επιπλέον την κάλυψη γης σε διανυσματική μορφή, τις καμένες περιοχές κατά EFFIS σε διανυσματική μορφή έτοιμα προς επεξεργασία. Συμπεράνουμε πως το μόνο στοιχείο που μας λείπει είναι το τελικό προϊόν – αρχείο των καμένων περιοχών κατά MODIS με το οποίο θα είμαστε σε θέση να ολοκληρώσουμε την τελική επεξεργασία της ανάλυσης – σύγκρισης που είναι και ο στόχος της εργασίας. Στη υποενότητα θα αναδείξουμε την προεπεξεργασία του αρχικού προϊόντος MODIS έτσι ώστε να φτάσουμε στην μορφή επεξεργασίας.

Για κάθε ένα από τα τρία έτη έχουμε δώδεκα αρχεία της μορφής «MCD45monthly.A2005306.Win08.005.burndate.tif» τα οποία τα εισάγουμε στο λογισμικό ENVI 4.7. Τα βήματα θα εφαρμοστούν με ακριβώς τον ίδιο τρόπο και για τα τρία έτη 2005, 2006 και 2007. Το αρχικό προϊόν του MODIS για κάθε εικονοστοιχείο μας δίνει έναν κωδικό 1-366 ο οποίος αντιστοιχεί, όπως αναφέρεται και στο εγχειρίδιο περιγραφής του αλγορίθμου, κατά προσέγγιση στην ημέρα του χρόνου που εκδηλώθηκε η πυρκαγιά, 900 αντιστοιχεί σε χιόνι ή αέρια στα υψηλό στρώμα της ατμόσφαιρας, 9998 υδάτινα συστήματα, 9999 θάλασσες-ωκεανούς 10000 μη επαρκή πληροφορία και -32768 δεν καλύπτεται από τους κωδικούς του MODIS (Boschetti, 2009). Τα εικονοστοιχεία που μας ενδιαφέρουν στην μελέτη μας είναι αυτά με κωδικό 1-366 τα οποία είναι οι καμένες περιοχές. Από το ENVI εισάγουμε και τα δώδεκα geotiff αρχικά αρχεία και στην συνέχεια για κάθε ένα χωριστά εφαρμόζουμε την εντολή Band Math και εισάγουμε την έκφραση B1 GE 1 AND B1 LE 366 με την οποία πετυχαίνουμε την δημιουργία ενός νέου αρχείου που έχει εικονοστοιχεία με τον κωδικό 1 που θα είναι και οι καμένες περιοχές και με κωδικό 0 όλες οι υπόλοιπες περιοχές.



Εικόνα 13: Ανάδειξη των διαδικασιών του BAND MATH μέσα από το λογισμικό ENVI 4.7.

Τα δώδεκα νέα πλεγματικά αρχεία που περιέχουν την πληροφορία των καμένων περιοχών θα τα ενώσουμε μεταξύ τους με την έκφραση  $B1+B2+B3+B4+B5+B6+B7+B8+B9+B10+B11+B12$  στην εντολή Band Math. Με αυτόν τον τρόπο θα έχουμε ένα νέο πλεγματικό αρχείο για όλη την χρονιά με μοναδική πληροφορία τις καμένες περιοχές. Το τελευταίο αρχείο το εισάγουμε στην εντολή Resize Data του λογισμικού ENVI στη συνέχεια από την εντολή Spatial Subset επιλέγουμε μόνο τις περιοχές του ελληνικού χώρου μέσα από την προεπισκόπηση που μας παρέχει το λογισμικό έτσι ώστε να αφαιρέσουμε την υπόλοιπη Ευρώπη. Στην συνέχεια αλλάζουμε της συντεταγμένες αναφοράς από WGS 84 σε ΕΓΣΑ 87 από την εντολή Convert Map projection. Το νέο πλεγματικό αρχείο που δημιουργείται το εισάγουμε στην εντολή Raster to Vector με DN Value 1 και εξάγουμε ένα νέο αρχείο διανυσματικής μορφής. Το νέο αυτό διανυσματικό αρχείο με τις καμένες περιοχές είναι συμβατό με το λογισμικό ArcGis. Στην συνέχεια, εκτελούμε την εντολή Export Active Layer to Shapefile το οποίο το μετατρέπει σε διανυσματικό αρχείο απολύτως συμβατό με το ArcGis καθώς έχει την μορφή shapefile. Τελειώνοντας την προεπεξεργασία το τελευταίο αρχείο με την βοήθεια του Arc Catalog από το ArcGis 9.3 το μετατρέπουμε σε γεωβάση.

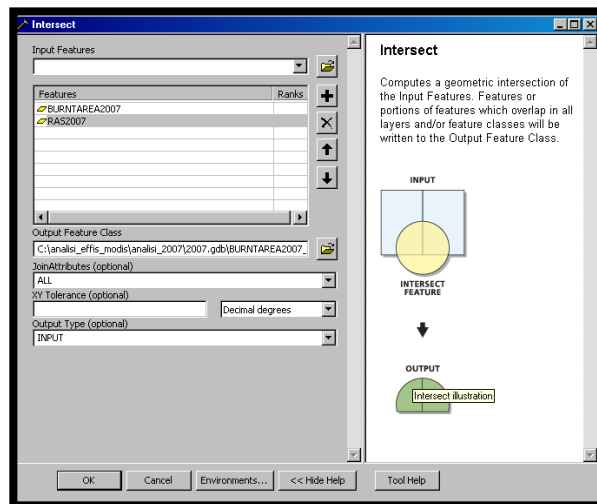


### 3.5. Κύρια επεξεργασία δεδομένων

Ανακεφαλαιώνοντας τις μέχρι τώρα διαδικασίες – επεξεργασίες καταλήξαμε σε συγκεκριμένα αρχεία με την ανάλογη μορφή μέσω της οποίας είναι δυνατόν να εφαρμόσουμε πλήρως τις αναλύσεις, συγκρίσεις και τις σκέψεις μας για το πρόβλημα που έχουμε θέσει εξαρχής, με την καταγραφή-χαρτογράφηση δηλαδή των καμένων περιοχών από τα δυο σημαντικά συστήματα. Καταλήξαμε σε διανυσματικά αρχεία για τις τρεις χρονιές για τα δυο συστήματα EFFIS & MODIS οπότε έχουμε σύνολο 6 αρχεία τα οποία έχουν συγκεκριμένα πολύγωνα που εκφράζουν τις καμένες περιοχές στον ελληνικό χώρο και μας δίνουν την ακριβή περιμετρο και έκταση της κάθε πυρκαγιάς.

Για τις χρονιές 2007, 2006 και 2005 καταλήξαμε σε έξι διανυσματικά αρχεία τρία για το MODIS και τρία για το EFFIS, τα οποία είναι συμβατά με το λογισμικό πακέτο ArcMap 9.3 και για τα οποία θα ακολουθήσουμε ακριβώς την ίδια μεθοδολογία στην κύρια επεξεργασία.

Αρχικά επιθυμούμε να βρούμε τις κοινές καμένες περιοχές μεταξύ των δυο συστημάτων, τις περιοχές που ανίχνευσαν πυρκαγιές και τα δυο συστήματα για κάθε χρονιά ξεχωριστά. Από το Toolbox στην ενότητα Analysis Tools και στη υποενότητα Overlay έχουμε την εντολή Intersect.

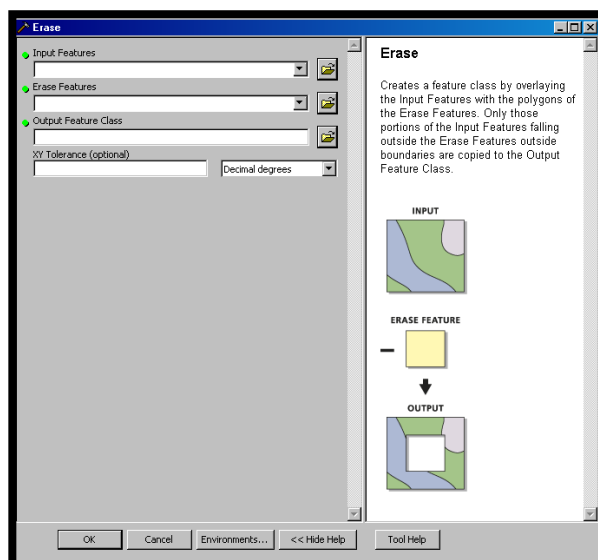


Εικόνα 14: Εντολή Intersect από το λογισμικό ARCMAP 9.3.

Όπως φαίνεται και από την εικόνα στην εντολή εισάγουμε τα δυο αρχεία των καμένων περιοχών για το MODIS και το EFFIS και λαμβάνουμε ένα νέο αρχείο το οποίο έχει πολύγωνα καμένων

περιοχών τα οποία είναι μόνο οι κοινές περιοχές των δυο συστημάτων. Στην συνέχεια για να υπολογίσουμε την ακριβή περίμετρο και έκταση των νέων πολυγώνων μέσω του ArcCatalog δημιουργούμε το αρχείο σε γεωβάση. Τα ίδια βήματα θα ακολουθήσουμε και για τις τρεις χρονιές.

Ξανά από την ενότητα Analysis Tools επιλέγουμε την εντολή Erase στην οποία στο πεδίο input εισάγουμε το shapefile του MODIS και στο πεδίο erase το shapefile του EFFIS και εκτελούμε την εντολή από την οποία εξάγουμε διανυσματικό αρχείο στο οποίο έχουμε πολύγωνα καμένων περιοχών τα οποία εκφράζουν περιοχές που έχουν εντοπιστεί μόνο από το MODIS.

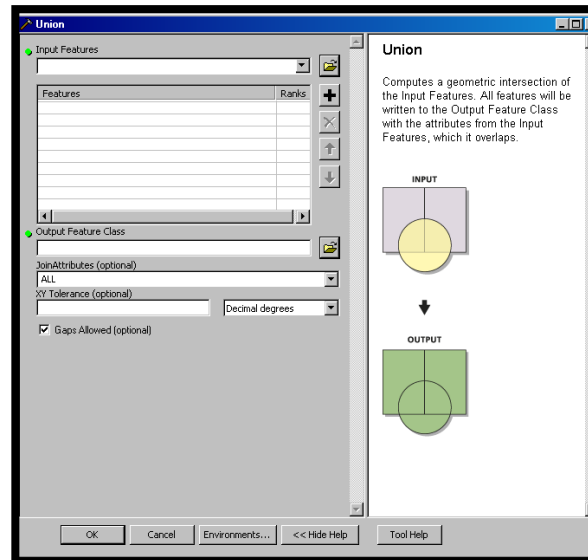


Εικόνα 15: Εντολή ERASE από το λογισμικό ARCMAP 9.3.

Εφαρμόζουμε ακριβώς τα ίδια βήματα με την διαφορά ότι στο πεδίο «input» εισάγουμε τις περιοχές του EFFIS και στο πεδίο erase εισάγουμε το αρχείο του MODIS. Στην περίπτωση αυτή εξάγουμε τις περιοχές που έχει εντοπίσει μόνο το EFFIS σε ένα νέο shapefile. Δημιουργούμε γεωβάσεις και στις δυο περιπτώσεις και τα ίδια βήματα ακολουθούμε και για τις τρεις χρονιές.

Στην συνέχεια εντοπίζουμε τις μη κοινές περιοχές των δυο συστημάτων. Δηλαδή τις περιοχές στις οποίες δεν συμπίπτουν οι καμένες περιοχές των δυο συστημάτων. Εάν ενώσουμε τα δυο shapefiles, που δημιουργήθηκαν από την εντολή erase, με την εντολή union Εικόνα 16 εξάγεται το layer των μη κοινών περιοχών των καμένων περιοχών των δυο συστημάτων.

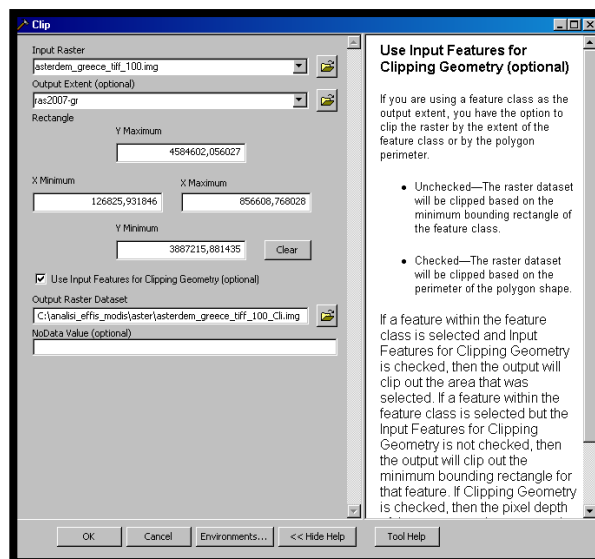
Δηλαδή, με άλλα λόγια, ενώνουμε με την εντολή union τις περιοχές που έχει εντοπίσει μόνο το MODIS και τις περιοχές που έχει εντοπίσει μόνο το EFFIS και το αποτέλεσμα είναι το αρχείο μη κοινών περιοχών.



Εικόνα 16: Εντολή UNION από το λογισμικό ARCMAP 9.3.

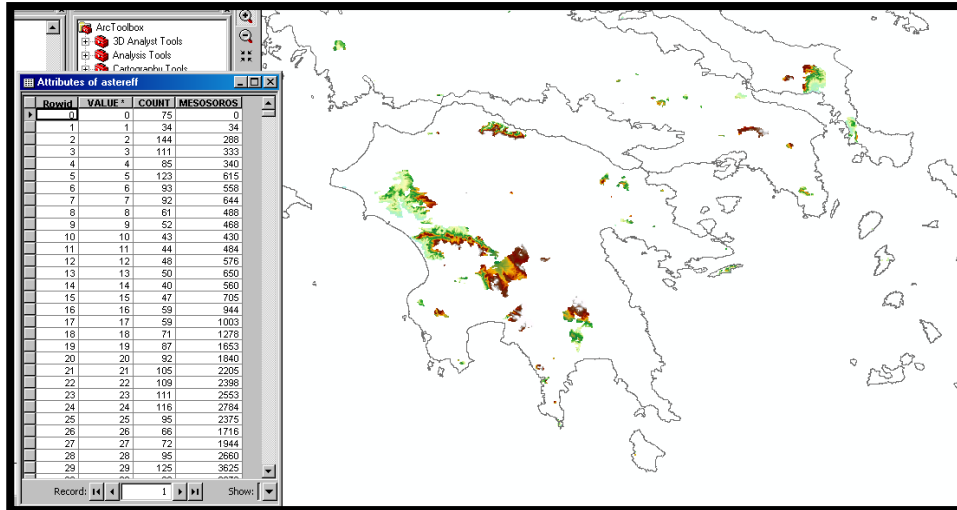
Ακολουθούμε την ίδια διαδρομή στο Toolbox και Analysis Tools και Overlay και τελικά στην εντολή Union στην οποία όπως φαίνεται και στην εικόνα εισάγουμε τα δυο αρχεία που προαναφέραμε και εξάγουμε ένα shapefile το οποίο μας παρέχει τις μη κοινές περιοχές των δυο συστημάτων. Τέλος το αρχείο στο οποίο καταλήξαμε το μετατρέπουμε σε γεωβάση και όλα αυτά τα βήματα τα εφαρμόζουμε και για τις τρεις χρονιές.

Στο σημείο αυτό είμαστε σε θέση να εφαρμόσουμε το σημαντικότερο μέρος της ανάλυσης. Στο ArcMap στο Toolbox στην ενότητα Data Management Tools εφαρμόζουμε την εντολή Clip όπως φαίνεται και στη Εικόνα 17.



Εικόνα 17: Εντολή CLIP από το λογισμικό ARCMAP 9.3.

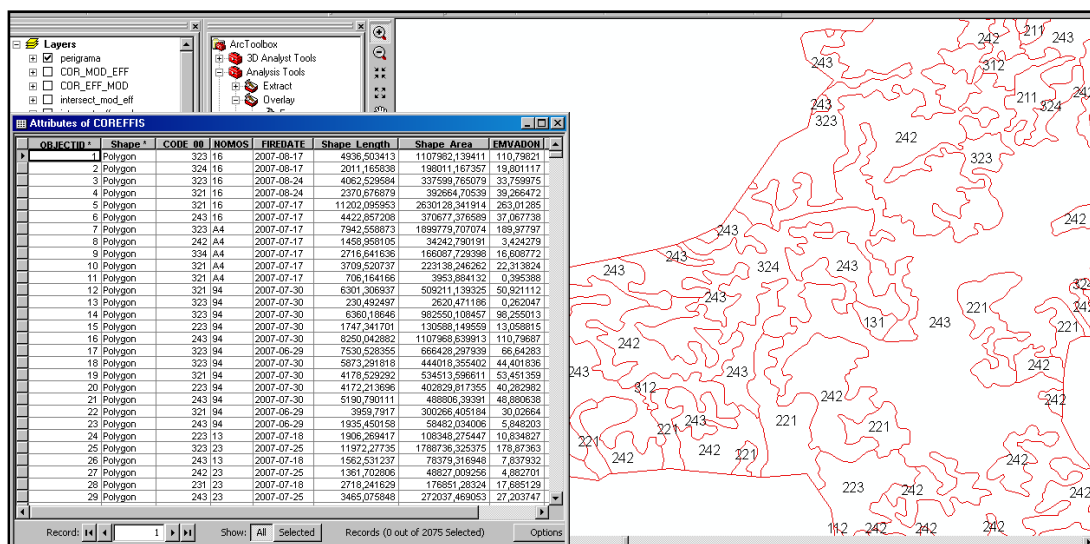
Στην εντολή Clip έγινε επιλογή το πεδίο Use input features for clipping geometry έτσι ώστε να απομονώνουμε κάθε φορά τις περιοχές που θέλουμε. Στο πρώτο πεδίο Input Raster κάθε φορά θα εισάγουμε τα πλεγματικά που έχουμε δημιουργήσει προηγουμένως δηλαδή υψομέτρου, κλίσης, έκθεσης και δείκτη υγρασίας. Στο πεδίο Output Extent κάθε φορά θα εισάγουμε το διανυσματικό αρχείο που έχουμε δημιουργήσει προηγουμένως δηλαδή, των καμένων περιοχών κατά MODIS & EFFIS, τις κοινές περιοχές, τις μη κοινές περιοχές, τις περιοχές που έχει εντοπίσει το ένα ή το άλλο σύστημα. Εκτελώντας την εντολή για όλες τις περιπτώσεις δημιουργήσαμε πλεγματικά αρχεία υψομέτρου, κλίσης, έκθεσης και δείκτη υγρασίας για τις περιοχές που μας ενδιαφέρει αποκλειστικά.



Εικόνα 18: Υψόμετρα των καμένων περιοχών κατά Effis για το έτος 2007.

Έχουμε την δυνατότητα ανοίγοντας το Attribute Table για κάθε ένα αρχείο να εκτελούμε στατιστικές μεθόδους, από την εντολή Export να εκτελούμε τους στατιστικούς υπολογισμούς από λογισμικά πακέτα όπως το SPSS & EXCEL και να υπολογίζουμε στατιστικές σταθερές και να δημιουργούμε διαγράμματα και πίνακες από τους οποίους θα μπορέσουμε να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα. Και από την Εικόνα 18 μπορούμε να δούμε μια από τις περιπτώσεις των αρχείων που είναι τα υψόμετρα των καμένων περιοχών του 2007 για το EFFIS και στα αριστερά βλέπουμε και το Attribute Table με το υψόμετρο για κάθε εικονοστοιχείο. Άλλη μια επιλογή είναι από τις εντολές Spatial Analyst στην εντολή Reclassify από την οποία δημιουργούμε κλάσεις έτσι ώστε να έχουμε μια καλύτερη προσέγγιση των αποτελεσμάτων.

Τελευταίο στοιχείο της μεθοδολογίας έχει στόχο να εισάγουμε τις χρήσεις γης σε όλες τις περιοχές που μας ενδιαφέρουν. Να δώσουμε δηλαδή στις καμένες περιοχές, στις κοινές, στις μη κοινές και στις εντοπισμένες από το MODIS ή το EFFIS την κάλυψη γης από το CORINE 2000. Όπως και στην περίπτωση των κοινών περιοχών έτσι και εδώ θα εφαρμόσουμε την εντολή Intersect από το Toolbox. Στην εντολή αυτή κάθε φορά θα εισάγουμε στο πεδίο Input Features το CORINE και το αρχείο των καμένων περιοχών που έχουμε δημιουργήσει. Εκτελούμε την εντολή για όλες τις χρονιές και όλες τις περιπτώσεις οπότε έχουμε τις χρήσεις γης για κάθε περίπτωση όπως φαίνεται και από την Εικόνα 19.



Εικόνα 19: Χρήσεις γης των καμένων περιοχών κατά Effis για το έτος 2007.

Τα διανυσματικά αρχεία που έχουν δημιουργηθεί από το ArcCatalog θα τα μετατρέψουμε σε γεωβάση έτσι ώστε να έχουμε τις ακριβείς διαστάσεις των νέων πολυγώνων που έχουν δημιουργηθεί. Εν συνεχεία ανοίγοντας το Attribute Table μπορούμε από την εντολή Export να εξάγουμε τον πίνακα και να κάνουμε στατιστικούς υπολογισμούς από λογιστικά πακέτα. Επιπλέον από την εντολή Summarize στο Attribute Table εφαρμόζουμε κατηγοριοποιήσεις και στατιστικούς υπολογισμούς. Στα τελικά αρχεία έχουμε στο κάθε πολύγωνο τον τριψήφιο κωδικό που αντιστοιχεί στην χρήση γης και την ακριβή έκταση για το καθένα.

### 3.6. Σύνοψη περιεχομένων κεφαλαίου

Ανακεφαλαιώνοντας το κεφάλαιο το οποίο είχε ως κύριο σκοπό να περιγράψει τα βήματα επεξεργασίας που ακολουθήσαμε για να καταλήξουμε στα τελικά αποτελέσματα. Παρουσιάσαμε τα βήματα συγχρόνως με τα λογισμικά πακέτα τα οποία μας βοήθησαν στις επεξεργασίες και τα αποτελέσματα. Και δόθηκαν σχηματικά και περιληπτικά το διάγραμμα ροής με όλα τα βήματα της μεθοδολογίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

### 4.1. Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης και της σύγκρισης των δυο χαρτογραφικών προϊόντων. Αρχικά γίνεται μια σύγκριση σε σχέση με τις εκτάσεις και τις πυρκαγιές που κατέγραψε το κάθε σύστημα χωριστά και στην συνέχεια του κεφαλαίου εξετάζονται οι παράγοντες: χρήσεις γης, υψόμετρο εδάφους, έκθεση εδάφους, κλίση εδάφους και δείκτη υγρασίας ανά περιοχή. Επίσης γίνεται σύγκριση και συζήτηση με την παρεμφερή εργασία του Luigi Boschetti με θέμα «A MODIS assessment of the summer 2007 extent burned in Greece».

### 4.2. Συγκριτική ανάλυση καμένων εκτάσεων

Στην παρούσα ενότητα γίνεται αναφορά στις καμένες εκτάσεις που χαρτογράφησαν το MODIS και το EFFIS. Συγκεκριμένα δίνονται οι συνολικές εκτάσεις σε απόλυτες τιμές αλλά και σε χαρτογραφικές απεικονίσεις. Επιπλέον αναφερόμαστε στις κοινές περιοχές που χαρτογράφησαν και τα δυο συστήματα για τα έτη 2007, 2006 και 2005 στην Ελληνική επικράτεια. Ακόμα γίνεται αναφορά και στις χαρτογραφημένες περιοχές που δεν συμπίπτουν καθόλου μεταξύ των δύο συστημάτων MODIS & EFFIS. Και τέλος στην ενότητα αυτή δίνονται πληροφορίες σε σχέση με τις καμένες περιοχές που εντόπισαν ή το ένα ή το άλλο σύστημα αποκλειστικά.

#### 4.2.1. Καμένες εκτάσεις για MODIS & EFFIS

##### Βήματα εργασιών

*Αρχικό προϊόν MCD45monthly → “Band Math”(Env 4.7) Απομονώνουμε για κάθε μήνα μόνο της καμένες περιοχές → “Band Math” Αθροίζουμε και τους 12 μήνες → “Convert Map projection” Αλλάζουμε τις συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ 87 → “Resize Data” Απομονώνουμε μόνο την περιοχή της Ελλάδας → “Raster to Vector” μετατροπή σε διανυσματικό → “Export Active Layer to Shapefile” μετατροπή σε shapefile → Μετατροπή σε Geodatabase (ArcGis – ArcCatalog)*

Βήματα εργασιών

*Αρχικό προϊόν σε μορφή EFFIS shapefile → Μετατροπή σε Geodatabase (ArcGis – ArcCatalog)*

Ξεκινώντας το κεφάλαιο είναι σημαντικό να αναφέρουμε αναλυτικά υπό την μορφή πινάκων και χαρτών στις καμένες περιοχές για τα τρία έτη όπως ανιχνεύτηκαν από τους δυο οργανισμούς MODIS & EFFIS. Σε όλους τους πίνακες ανάλυσης χρησιμοποιείται ως μονάδα μέτρησης εκτάσεων το εκτάριο (1ha=10στρέματα). Αρχικά όπως αναφέρεται και στον Πίνακα 5 παραθέτουμε την συνολική καμένη έκταση για τα τρία έτη όπως καταγράφηκε από τα δυο συστήματα ανίχνευσης πυρκαγιών. Μέσω του πίνακα αυτού μπορούμε να δούμε τις πρώτες διαφοροποιήσεις για τα δυο προϊόντα για τις πυρκαγιές στον ελληνικό χώρο.

**Πίνακας 5: Έκταση καμένων περιοχών (εκτάρια).**

Καμένες περιοχές σε εκτάρια (ha)		
	Modis	Effis
2007	228.105	278.156
2006	22.643	16.347
2005	26.256	4.515

Από τον Πίνακα 5 έχουμε τα πρώτα σημαντικά αποτελέσματα και τις πρώτες διαφοροποιήσεις των δυο προϊόντων. Και για τις τρεις χρονιές μελέτης παρατηρούμε ότι οι δυο οργανισμοί έχουν χαρτογραφήσει διαφορετικές εκτάσεις πυρκαγιών για τον Ελλαδικό χώρο. Τις χρονιές 2005 και 2006 το MODIS έχει κατά μεγάλο ποσοστό περισσότερες χαρτογραφημένες περιοχές από τον ευρωπαϊκό οργανισμό EFFIS. Ειδικά την χρονιά 2005 έχουμε μια τεράστια απόκλιση των αποτελεσμάτων καθώς έχουμε πενταπλάσια καταγραφή από τον MODIS σε σχέση με τον EFFIS. Αλλά και για την χρονιά 2007 που έχουμε τις μεγάλες φωτιές στην χώρα με μεγάλες απώλειες σε ζωές και φυσικό περιβάλλον πάλι έχουμε μια αξιοσημείωτη διαφοροποίηση των καταγραφών των πυρκαγιών. Συγκεκριμένα το EFFIS χαρτογράφησε 278.156 εκτάρια καμένων περιοχών σε σχέση με τα σαφώς λιγότερα 228.105 εκτάρια του MODIS. Πέρα από την διαφοροποίηση των απόλυτων εκτάσεων φαίνονται και διαφορές στον χάρτη μεταξύ των δυο προϊόντων (Εικόνα 15 και 16).





Εικόνα 20: Καμένες περιοχές κατά MODIS 2007.



Εικόνα 21: Καμένες περιοχές κατά EFFIS 2007.

Για το έτος 2007 σύμφωνα με την ανίχνευση των δυο συστημάτων έχουμε τα εξής αποτελέσματα. Το EFFIS κατέγραψε 278.156 εκτάρια καμένων εκτάσεων ενώ το MODIS 228.105 εκτάρια. Παρατηρούμε και στον χάρτη (Εικόνα 20, 21) ότι υπήρξαν καμένες περιοχές που το ένα σύστημα δεν το έχει καταγράψει καθόλου σε αντίθεση με το άλλο. Επιπλέον μπορούμε να αναφέρουμε και σε οπτικές διαφορές μεταξύ των δυο συστημάτων όπως, στον Έβρο και την Θεσσαλία έχουμε πολλές χαρτογραφήσεις από το MODIS και όχι από το EFFIS. Έχουμε δηλαδή περιοχές που έχουν καταγραφεί από το ένα άλλα όχι από το άλλο σύστημα και αντίθετα. Άλλα και τα πολύγωνα των ίδιων πυρκαγιών έχουν διαφορετικό σχήμα και μέγεθος από το ένα σύστημα στο άλλο.



Εικόνα 22: Καμένες περιοχές κατά MODIS 2006.



Εικόνα 23: Καμένες περιοχές κατά EFFIS 2006.

Για το έτος 2006 σύμφωνα με την ανίχνευση των δυο συστημάτων έχουμε τα εξής αποτελέσματα (Εικόνα 22, 23). Το EFFIS κατέγραψε 16.347 εκτάρια καμένων εκτάσεων ενώ το MODIS 22.643 εκτάρια (Πίνακας 5). Μια σημαντική παρατήρηση είναι ότι για το έτος 2006 ενώ το σύστημα MODIS έχει εντοπίσει συνολική έκταση μεγαλύτερη και περισσότερα πολύγωνα καμένων εκτάσεων την μεγάλη φωτιά της Χαλκιδικής στην βόρεια Ελλάδα δεν την έχει καταγράψει καθόλου σε αντίθεση με τον ευρωπαϊκό μηχανισμό ανίχνευσης EFFIS. Επιπλέον παρατηρούμε πολλές πυρκαγιές να μην έχουν καταγραφεί από το EFFIS και επομένως να έχει σαφώς λιγότερα πολύγωνα από το MODIS (Εικόνες 22, 23).



**Εικόνα 24: Καμένες περιοχές κατά MODIS 2005.**

**Εικόνα 25: Καμένες περιοχές κατά EFFIS 2005.**

Για το έτος 2005 σύμφωνα με την ανίχνευση των δυο συστημάτων έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα. Το EFFIS κατέγραψε 4.515 εκτάρια καμένων εκτάσεων ενώ το MODIS 26.256 εκτάρια. Γενικότερα το έτος αυτό έχουμε και περιορισμένο όγκο πυρκαγιών οπότε τα αντίστοιχα αποτελέσματα των δυο οργανισμών είναι περιορισμένα αλλά αρκετά για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

#### 4.2.2. Κοινές καμένες εκτάσεις

##### Βήματα εργασιών

Προϊόν σε μορφή *shapefile* → Εντολή “Intersect” (*ArcGis*) → Μετατροπή σε *Geodatabase* (*ArcGis* – *ArcCatalog*)

Πίνακας 6: Κοινές καμένες εκτάσεις σε εκτάρια.

Καμένες περιοχές σε εκτάρια (ha)			
	Κοινές περιοχές	Ποσοστό (%) στοσύνολο κατά Modis	Ποσοστό (%) στοσύνολο κατά Effis
2007	163.268	71,6(%)	58,7(%)
2006	4.689	20,7(%)	28,67(%)
2005	1.050	3,4(%)	23,2(%)

Οι κοινές περιοχές που έχουν εντοπίσει και τα δυο συστήματα φαίνονται σε απόλυτες τιμές στον Πίνακα 6 ενώ παρουσιάζονται και στις (Εικόνες 26, 27 και 28). Αξιοσημείωτο είναι ότι για τα έτη 2005 και 2006 είναι πολύ λίγες οι κοινές χαρτογραφημένες περιοχές. Εξαιρεση αποτελεί το έτος 2007 όπου έχουμε ένα υψηλό ποσοστό κοινής περιοχής το οποίο αναδεικνύεται και από τις δυο στήλες του πίνακα με τα ποσοστά επί του συνόλου των καμένων περιοχών για το κάθε σύστημα. Για το έτος 2005 οι κοινές περιοχές αποτελούν το 3,4% στο σύνολο των χαρτογραφημένων περιοχών κατά MODIS και το αντίστοιχο ποσοστό για το έτος 2006 είναι 20,7%.



Εικόνα 26: Κοινές καμένες περιοχές 2007.



Εικόνα 27: Κοινές καμένες περιοχές 2006.



Εικόνα 28: Κοινές καμένες περιοχές 2005.

#### 4.2.3. Μη κοινές καμένες εκτάσεις

##### Βήματα εργασιών

Προϊόν σε μορφή *shapefile* → Εντολή “Erase” (*ArcGis*) μεταξύ *shapefile mods effis* → Εντολή “Erase” (*ArcGis*) μεταξύ *shapefile effis mods* → Εντολή *Union* των δυο τελευταίων *shapefile* → Μετατροπή σε *Geodatabase* (*ArcGis* – *ArcCatalog*)

Πίνακας 7: Μη κοινές καμένες εκτάσεις σε εκτάρια.

Καμένες περιοχές σε εκτάρια (ha)			
	Μη κοινές περιοχές	Ποσοστό (%) στο σύνολο κατά Modis	Ποσοστό (%) στο σύνολο κατά Effis
2007	183.390	80,4(%)	65,9(%)
2006	29.609	130,7(%)	181,1(%)
2005	28.668	109,1(%)	635(%)

Και χαρτογραφικά αλλά και σε απόλυτες τιμές οι μη κοινές περιοχές των καμένων περιοχών κατά των δυο συστημάτων έχουν μεγάλες τιμές. Μάλιστα υπερβαίνουν στις δυο πρώτες χρονιές το σύνολο των χαρτογραφημένων περιοχών κατά το EFFIS. Και τα αποτελέσματα του έτους 2005 δείχνουν ότι η διαφοροποίηση είναι τεράστια καθώς το μεγαλύτερο μέρος του όγκου των χαρτογραφημένων πυρκαγιών και από τα δυο συστήματα δεν είναι κοινό μεταξύ τους. Επιπλέον και το έτος 2007 παραπάνω από το σύνολο των καμένων περιοχών για κάθε οργανισμό είναι μη κοινά μεταξύ τους.



Εικόνα 29: Μη κοινές καμένες περιοχές 2007.



Εικόνα 30: Μη κοινές καμένες περιοχές 2006.



Εικόνα 31: Μη κοινές καμένες περιοχές 2005.

#### 4.2.4. Καμένες εκτάσεις εντοπισμένες μόνο από το MODIS

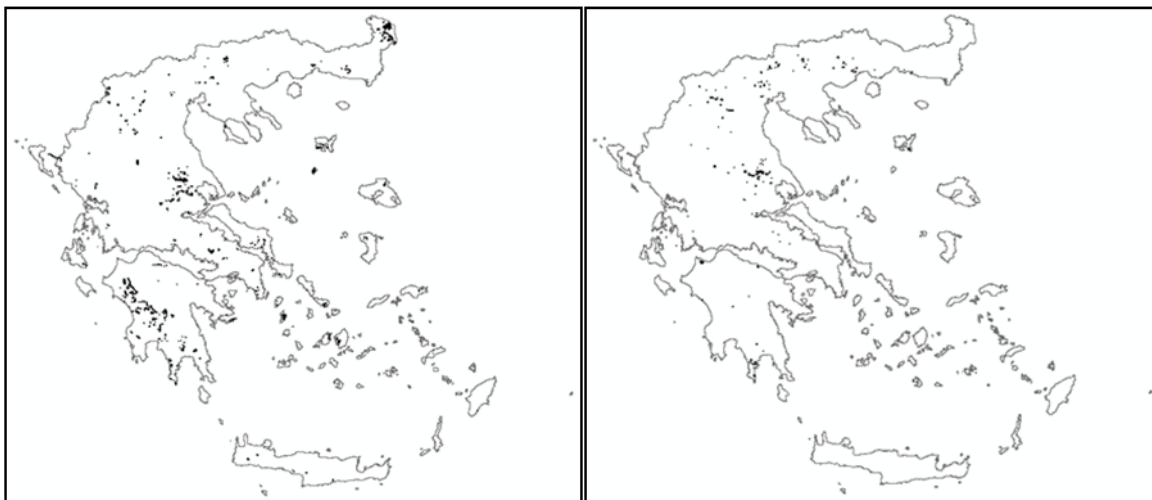
##### Βήματα εργασιών

Προϊόν σε μορφή *shapefile* → Εντολή "Erase" (*ArcGis*) μεταξύ *shapefile mods effis* → Μετατροπή σε *Geodatabase (ArcGis - ArcCatalog)*

Πίνακας 8: Εντοπισμένες καμένες περιοχές αποκλειστικά από το MODIS.

Καμένες περιοχές σε εκτάρια (ha)	
Εντοπισμένες από Modis	
2007	68.508
2006	17.953
2005	25.205

Παρατηρούμε στον Πίνακας 8 ότι εντοπισμένες εκτάσεις μόνο από το MODIS ειδικά για τα έτη 2005 και 2006 έχουν αρκετά μεγάλη έκταση συγκρινόμενη με το σύνολο των καμένων εκτάσεων. Ενώ για το έτος 2007 μπορεί σε απόλυτη τιμή να είναι μεγάλη αλλά και το σύνολο των καμένων εκτάσεων είναι πολύ μεγάλο. Επιπλέον χαρτογραφικά παρατηρούμε (Εικόνες 31, 32, 33) ότι οι περιοχές αυτές εκτείνονται σχεδόν στο σύνολο του ελλαδικού χώρου και των πυρκαγιών που καταγράφηκαν από τα δυο συστήματα. Συμπεραίνουμε δηλαδή ότι και οι φωτιές που χαρτογράφησαν και οι δυο οργανισμοί διαφοροποιήθηκαν κατά την περίμετρο και την έκταση της κάθε μια πυρκαγιάς.



Εικόνα 31: Περιοχές εντοπισμένες μόνο από MODIS 2007. Εικόνα 32: Περιοχές εντοπισμένες μόνο από MODIS 2006.



Εικόνα 33: Καμένες περιοχές εντοπισμένες μόνο από MODIS 2005.

#### 4.2.5. Καμένες εκτάσεις εντοπισμένες μόνο από το EFFIS

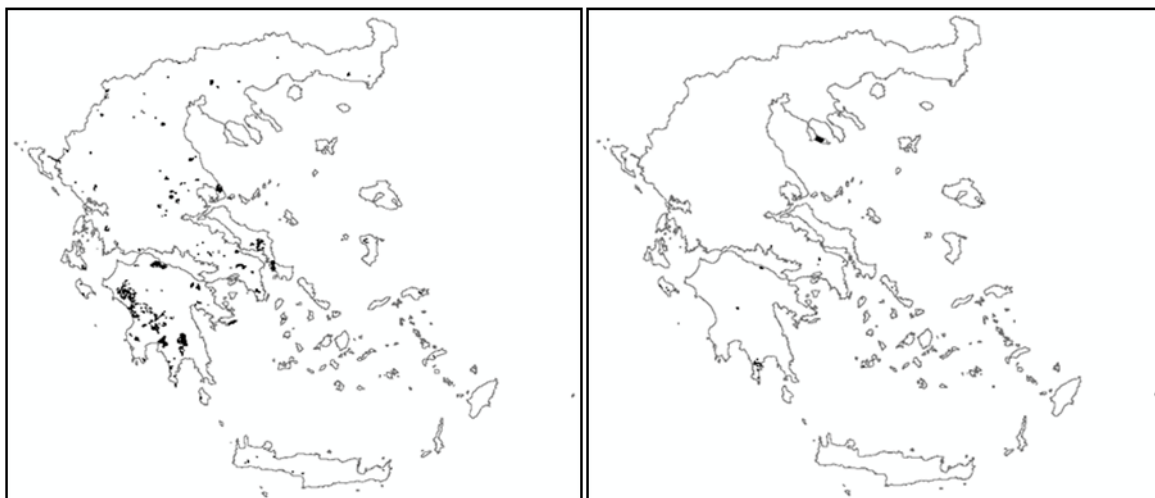
##### Βήματα εργασιών

Προϊόν σε μορφή *shapefile* → Εντολή “Erase” (*ArcGis*) μεταξύ *shapefile effis mods* → Μετατροπή σε *Geodatabase* (*ArcGis – ArcCatalog*)

Πίνακας 9: Εντοπισμένες καμένες περιοχές αποκλειστικά από το EFFIS.

Καμένες περιοχές σε εκτάρια (ha)	
	Εντοπισμένες από Effis
2007	114.882
2006	11.658
2005	3.464

Στο παρόν υποκεφάλαιο παρατηρούμε ξανά τις μεγάλες διαφοροποιήσεις στη χαρτογράφηση των πυρκαγιών από τα δυο συστήματα δορυφορικής πυρανίχνευσης και χαρτογράφησης καμένων περιοχών (Πίνακας 9). Ιδιαίτερα για το έτος 2007 παρατηρούμε ένα τεράστιο μέγεθος εκτάσεων τα οποία έχει καταγράψει μόνο το EFFIS. Για τα αλλά δυο έτη μπορεί η απόλυτη τιμή να είναι μικρή αλλά δεν έχουμε μεγάλη διαφοροποίηση καθώς το σύνολο των καμένων εκτάσεων είναι αρκετά μειωμένο (Εικόνες 34, 35, 36).



Εικόνα 34: Περιοχές εντοπισμένες μόνο από EFFIS 2007. Εικόνα 35: Περιοχές εντοπισμένες μόνο από EFFIS 2006.



Εικόνα 36: Καμένες περιοχές εντοπισμένες μόνο από EFFIS 2005.

#### 4.2.6 Συγκεντρωτικά στοιχεία

Πίνακας 10: Εντοπισμένες καμένες περιοχές για κάθε περίπτωση.

Καμένες περιοχές σε εκτάρια (ha) προϊόν Modis & Effis

	Modis	Effis	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμένες από Modis	Εντοπισμένες από Effis
2007	228.105	278.156	163.268	183.390	68.508	114.888
2006	22.643	16.347	4.689	29.609	17.953	11.658
2005	26.256	4.515	1.050	28.668	25.205	3.464



Ο συγκεντρωτικός (Πίνακας 10) αναδεικνύει το σύνολο των αποτελεσμάτων σε σχέση με τις εκτάσεις για κάθε περίπτωση. Γενική παρατήρηση είναι ότι έχουμε σχετικά μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ των δυο προϊόντων των καμένων περιοχών στο ελλαδικό χώρο. Ακόμα και για το έτος 2006 που έχουμε σχετικά όμοια αποτελέσματα σε σχέση με την συνολική έκταση παρατηρούμε τις μη κοινές περιοχές να ξεπερνούν το σύνολο των πυρκαγιών που έγιναν εκείνη την χρονία. Και τις τρεις χρονιές οι μη κοινές περιοχές έχουν μεγάλη τιμή και μας οδηγούν το σημαντικό συμπέρασμα ότι τα δυο προϊόντα διαφέρουν μεταξύ τους σε μεγάλο βαθμό.

### 4.3 Ανάλυση με βασικό παράγοντα τις χρήσεις γης

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε αναλυτικά στις χρήσεις-κάλυψη γης των καμένων περιοχών που χαρτογραφήθηκαν και από τα δυο συστήματα. Σε πρώτο στάδιο θα αναλύσουμε τις χρήσεις γης σε αναλυτικό επίπεδο διάκρισης που παρέχεται από το CORINE 2000. Δευτερευόντως παραθέτουμε τις χρήσεις γης σε επίπεδο γενικευμένης διάκρισης των πέντε βασικών χρήσεων γης έτσι ώστε να έχουμε πιο συγκεκριμένα και εμφανή αποτελέσματα.

#### 4.3.1. Καμένες εκτάσεις για MODIS και EFFIS ξεχωριστά σε σχέση με τις χρήσεις γης

##### Βήματα εργασιών

Προϊόν σε μορφή *shapefile* (*Modis & Effis*) → Εντολή “*Intersect*” (*ArcGis*) μεταξύ *shapefile effis* ή *mods* και του “*Corine Land Cover 2000*” → Μετατροπή σε *Geodatabase* (*ArcGis – ArcCatalog*)

Η κάλυψη της γης είναι μια σημαντική ιδιότητα καθώς μας δίνει πληροφορίες για το τι ακριβώς έχουμε σε κάθε περιοχή. Πληροφορίες όπως δάσος, αγροτική περιοχή, αστική περιοχή αλλά και με μεγαλύτερη ανάλυση όπως το ακριβές είδος της δασικής και αγροτικής περιοχής. Όπως έχουμε αναφέρει το CORINE 2000 μας δίνει την δυνατότητα να έχουμε σημαντικό επίπεδο ανάλυσης της κάλυψης της γης, π.χ. ελαιώνες, σκληρόφυλλη βλάστηση, βοσκοτόπια κ.α., αλλά και πιο γενική περιγραφή των χρήσεων γης όπως γεωργικές, αστικές περιοχές κ.α.. Παρακάτω θα αναφερθούμε στις καμένες περιοχές με το υψηλότερο δυνατό επίπεδο ανάλυσης.

Πίνακας 11: Αναλυτική απεικόνιση χρήσεων γης των καμένων περιοχών.

Χρήσης γης καμένων περιοχών σε εκτάρια (ha) αναλυτικά 2007	Modis	Effis
Ασυνεχείς αστικός ιστός	767	576
Βιομηχανίες ή εμπορικές μονάδες	96	48
Οδικά σιδηροδρομικά δίκτυα	299	357
Αεροδρόμια	64	0
Ορυκτά ορυχεία	809	1.502
Εργοτάξια	199	546
Εγκαταστάσεις αθλητικές-αναψυχής	32	51
Μη αρδευόμενες αροτραίες εκτάσεις	27.510	8.557
Μόνιμα αρδευόμενη γη	8.687	43
Ορυζώνες	188	0
Αμπελώνες	1.233	2.289
Καρποφόρα δένδρα & θάμνοι	219	492
Ελαιώνες	12.000	16.793
Βοσκοτόπια	164	196
Καλλιέργειες πολύπλοκου σχήματος	24.322	22.967
Γεωργικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	50.939	61.682
Πλατυφυλλα δάση	6.687	9.608
Κωνοφόρα δάση	6.213	22.081
Μεικτά δάση	6.816	10.457
Φυσικοί λειμώνες	27.187	26.199
Χερσότοποι	0	6
Σκληρόφυλλη βλάστηση	33.053	54.511
Μεταβατικές δασικές - θαμνώδεις εκτάσεις	18.756	30.748
Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	256	354
Γυμνά βράχια	48	57
Αραιή βλάστηση	777	801
Καμένες περιοχές	44	107
Χερσαίοι βάλτοι	124	86
Αλμυροί βάλτοι	123	192
Ποτάμια	241	176
Υδάτινα συστήματα	134	2

Για την χρονιά 2007 (Πίνακας 11) έχουμε αναλυτικά για τις καμένες περιοχές του MODIS & EFFIS τις χρήσεις γης σε επίπεδο 3<sup>ο</sup> που είναι το πιο αναλυτικό που μας δίνει το αρχείο του «CORINE 2000». Παρατηρώντας προσεκτικά τον πίνακα μεγάλη διαφορά έχουμε στα κωνοφόρα δάση, στη σκληρόφυλλη βλάστηση και στις μεταβατικές δασικές - θαμνώδεις εκτάσεις καθώς το EFFIS έχει εντοπίσει πολύ περισσότερες καμένες περιοχές. Αντίθετα στις χρήσεις γης μη αρδευόμενες αροτραίες εκτάσεις και μόνιμα αρδευόμενη γη το MODIS έχει εντοπίσει περισσότερες καμένες εκτάσεις. Για τις περιοχές με χρήση γης ελαιώνες έχουμε σαφώς περισσότερες εντοπισμένες περιοχές από τον EFFIS.

Πίνακας 12: Αναλυτική απεικόνιση χρήσεων γης των καμένων περιοχών.

Χρήσης γης καμένων περιοχών σε εκτάρια (ha) αναλυτικά 2006	Modis	Effis
Ασυνεχείς αστικός ιστός	62	0
Οδικά σιδηροδρομικά δίκτυα	34	25
Ορυκτά ορυχεία	42	0
Εργοτάξια	16	0
Μη αρδευόμενες αροτραίες εκτάσεις	11.383	185
Μόνιμα αρδευόμενη γη	2.742	0
Ορυζώνες	422	0
Αμπελώνες	107	91
Καρποφόρα δένδρα & θάμνοι	123	104
Ελαιώνες	173	906
Βοσκοτόπια	117	30
Καλλιέργειες πολύπλοκου σχήματος	425	164
Γεωργικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	2.057	4.319
Πλατυφυλλα δάση	441	1
Κωνοφόρα δάση	329	1.813
Μεικτά δάση	397	2.314
Φυσικοί λειμώνες	1.514	1.450
Σκληρόφυλλη βλάστηση	1.803	3.653
Μεταβατικές δασικές - θαμνώδεις εκτάσεις	325	1.238
Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	2	0
Αραιή βλάστηση	18	0
Καμένες περιοχές	39	54
Χερσαίοι βάλτοι	14	0
Ποτάμια	31	0

Για την χρονιά 2006 έχουμε τον αναλυτικό Πίνακα 12 με τις χρήσεις γης των καμένων περιοχών. Στην περίπτωση των μη αρδευόμενων αροτραίων εκτάσεων παρατηρούμε μια τεράστια διαφοροποίηση καθώς το MODIS έχει εντοπίσει πάνω από 11.000 εκτάρια καμένης έκτασης ενώ το EFFIS μόνο 185 εκτάρια. Πολύ σημαντικά αποτελέσματα έχουμε στις χρήσεις γεωργικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης όπου έχουμε διπλάσιες μετρήσεις για τον EFFIS, παρότι στο σύνολο των εκτάσεων υστερεί. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει στις χρήσεις κωνοφόρα δάση, μεικτά δάση, σκληρόφυλλη βλάστηση, θαμνώδεις εκτάσεις όπου το EFFIS υπερτερεί. Ένα ακόμα σχόλιο σε σχέση με την μόνιμα αρδευόμενη γη είναι το γεγονός ότι το MODIS έχει ανιχνεύσει 2.742 εκτάρια καμένων περιοχών ενώ το EFFIS καμία έκταση.

Πίνακας 13: Αναλυτική απεικόνιση χρήσεων γης των καμένων περιοχών.

Χρήσης γης καμένων περιοχών σε εκτάρια (ha) αναλυτικά 2005		
	Modis	Effis
Συνεχείς αστικός ιστός	14	0
Ασυνεχείς αστικός ιστός	338	217
Βιομηχανίες ή εμπορικές μονάδες	30	0
Οδικά σιδηροδρομικά δίκτυα	15	0
Αεροδρόμια	12	0
Ορυκτά ορυχεία	1	0
Εγκαταστάσεις αθλητικές-αναψυχής	4	0
Μη αρδευόμενες αροτράιες εκτάσεις	11.454	1.286
Μόνιμα αρδευόμενη γη	1.975	0
Ορυζώνες	2.462	0
Αμπελώνες	25	169
Καρποφόρα δένδρα & θάμνοι	90	0
Ελαιώνες	1.864	214
Βοσκοτόπια	125	0
Καλλιέργειες πολύπλοκου σχήματος	2.972	127
Γεωργικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	1.344	207
Πλατυφυλλα δάση	83	25
Κωνοφόρα δάση	24	167
Φυσικοί λειμώνες	1.349	361
Σκληρόφυλλη βλάστηση	1.953	1.214
Μεταβατικές δασικές - θαμνώδεις εκτάσεις	29	513
Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	41	0
Αραιή βλάστηση	14	14
Καμένες περιοχές	15	0
Χερσαίοι βάλτοι	1	0
Αλμυροί βάλτοι	1	0
Ποτάμια	20	0

Για το έτος 2005 (Πίνακας 13) τα συμπεράσματα μας είναι αρικεά πιο φτωχά καθώς είχαμε και μειωμένο όγκο φωτιών αλλά και πολύ μεγάλη διαφορά μεταξύ των συστημάτων στο σύνολο ανιχνευόμενων εκτάσεων. Ξανά στις μη αρδευόμενες αροτράιες εκτάσεις το MODIS έχει εντοπίσει πάνω από 11000 εκτάρια ενώ το EFFIS λίγο παραπάνω από 1000 εκτάρια. Παρόμοιες διαφορές αλλά σε μικρότερο βαθμό έχουμε για τους ελαιώνες, φυσικούς λειμώνες, μόνιμα αρδευόμενη γη, καλλιέργειες πολύπλοκου σχήματος και ορυζώνες καθώς υπερτερούν οι μετρήσεις του MODIS.

Γενικά παρατηρείται στην χρήση γης «Μη αρδευόμενες αροτράιες εκτάσεις» οι χαρτογραφημένες καμένες περιοχές κατά MODIS και για τα τρία έτη καταγράφει κατά πολύ περισσότερες εκτάσεις από το EFFIS. Επιπλέον για την χρήση γης «Μεταβατικές δασικές – θαμνώδεις εκτάσεις» οι καταγραφές του EFFIS και για τα τρία έτη είναι σαφώς παραπάνω από αυτές του MODIS. Όμοια για την χρήση γης «Κωνοφόρα δάση» το EFFIS έχει πάντα μεγαλύτερο μέγεθος χαρτογραφημένων ως καμένων περιοχών.

### 4.3.2. Κοινές, μη κοινές, εντοπισμένες μόνο από MODIS, εντοπισμένες μόνο από EFFIS καμένες εκτάσεις σε σχέση με τις χρήσεις γης

#### Βήματα εργασιών

Προϊόν σε μορφή *shapefile* (MODIS & EFFIS) → Εντολή “Intersect” (ArcGis) μεταξύ *shapefile* κοινών ή μη κοινών ή εντοπισμένες μόνο από MODIS ή εντοπισμένες μόνο από EFFIS και του “Corine Land Cover 2000” → Μετατροπή σε *Geodatabase* (ArcGis – ArcCatalog)

Στη υποενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε τις χρήσεις γης για τις κοινές, μη κοινές, εντοπισμένες μόνο από MODIS και εντοπισμένες μόνο από EFFIS καμένες εκτάσεις. Στους αναλυτικούς Πίνακες 14, 15 φαίνονται οι χρήσεις γης σε εκτάρια για κάθε μια περίπτωση.

**Πίνακας 14: Αναλυτική απεικόνιση χρήσεων γης των καμένων περιοχών.**

Χρήσεις γης καμένων περιοχών σε εκτάρια (ha) αναλυτικά 2007

	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμένες από Modis	Εντοπισμένες από Effis
Ασυνεχείς αστικός ιστός	272	799	495	304
Βιομηχανίες ή εμπορικές μονάδες	10	123	86	38
Οδικά σιδηροδρομικά δίκτυα	292	72	7	65
Αεροδρόμια	0	64	64	0
Ορυκτά ορυχεία	518	1.275	291	984
Εργαζία	197	352	3	349
Εγκαταστάσεις αθλητικές-αναψυχής	32	19	0	19
Μη αρδευόμενες αροτραίες εκτάσεις	6393	23.281	21.117	2.164
Μόνιμα αρδευόμενη γη	0	8.730	8.687	43
Ορυζώνες	0	188	188	0
Αμπελώνες	1021	1.481	212	1.268
Καρποφόρα δένδρα & θάμνοι	151	409	68	341
Ελαιώνες	10315	8.163	1.685	6.478
Βοσκοτόπια	13	335	152	183
Καλλιέργειες πολύπλοκου σχήματος	18029	11.231	6.293	4.938
Γεωργικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	42679	27.263	8.260	19.003
Πλατυφυλλα δάση	5330	5.636	1.358	4.278
Κωνοφόρα δάση	5707	16.879	506	16.373
Μεικτά δάση	6233	4.807	583	4.224
Φυσικοί λειμώνες	17271	18.844	9.916	8.928
Χερσότοποι	0	6	0	6
Σκληρόφυλλη βλάστηση	27672	32.220	5.381	26.839
Μεταβατικές δασικές - θαμνώδεις εκτάσεις	16656	16.192	2.100	14.092
Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	225	162	32	130
Γυμνά βράχια	33	39	15	24
Αραιή βλάστηση	229	1.120	548	572
Καμένες περιοχές	0	151	44	107
Χερσαίοι βάλτοι	67	76	57	19
Αλμυροί βάλτοι	101	114	22	91
Ποτάμια	137	144	105	40
Υδάτινα συστήματα	1	133	133	1

Από τον Πίνακα 14 για το έτος 2007 εκεί που έχουμε μεγάλη διαφοροποίηση και έχουμε μεγάλο μέγεθος μη κοινών περιοχών είναι στην σκληρόφυλλη βλάστηση, στις μη αρδευόμενες αροτραίες καλλιέργειες και στις γεωργικές εκτάσεις με φυσική βλάστηση.

**Πίνακας 15: Αναλυτική απεικόνιση χρήσεων γης των καμένων περιοχών.**

Χρήσεις γης καμένων περιοχών σε εκτάρια (ha) αναλυτικά 2006

	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμένες από Modis	Εντοπισμένες από Effis
Ασυνεχείς αστικός ιστός	0	62	62	0
Οδικά σιδηροδρομικά δίκτυα	0	59	34	25
Ορυκτά ορυχεία	0	42	42	0
Εργατάξια	0	16	16	0
Μη αρδευόμενες αροτραίες εκτάσεις	0	11.568	11.383	185
Μόνιμα αρδευόμενη γη	0	2.742	2.742	0
Ορυζώνες	0	422	422	0
Αμπελώνες	91	16	16	0
Καρποφόρα δένδρα & θάμνοι	20	187	103	84
Ελαιώνες	40	999	133	866
Βοσκοτόπια	10	127	107	20
Καλλιέργειες πολύπλοκου σχήματος	3	584	423	161
Γεωργικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	1.456	3.465	601	2.863
Πλατυφυλλα δάση	1	440	440	0
Κωνοφόρα δάση	258	1.626	71	1.556
Μεικτά δάση	355	2.001	42	1.959
Φυσικοί λειμώνες	844	1.275	669	606
Σκληρόφυλλη βλάστηση	1.266	2.925	537	2.387
Μεταβατικές δασικές - θαμνώδεις εκτάσεις	307	949	18	931
Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	0	2	2	0
Αραιή βλάστηση	0	18	18	0
Καμένες περιοχές	39	16	0	15
Χερσαίοι βάλτοι	0	14	14	0
Ποτάμια	0	31	31	0

Οι χρήσεις γης για τις καμένες περιοχές του 2006 (Πίνακας 15) αναδεικνύουν μεγάλες διαφοροποιήσεις. Μεγάλη διαφορά έχουμε στην χρήση γης μη αρδευόμενες αροτραίες εκτάσεις όπου το MODIS έχει καταγράψει μεγάλη έκταση φωτιάς ενώ δεν το έχει κάνει το ευρωπαϊκό σύστημα EFFIS. Πολύ πιθανό να υπάρχουν κάποια φίλτρα και αλγόριθμοι στον EFFIS έτσι ώστε να αποκλείουν κάποιες πυρκαγιές που συνέβησαν σε αγροτικές εκτάσεις τις οποίες το MODIS έχει παραλείψει. Επιπλέον παρατηρούμε ότι σε κάποιες χρήσεις γης όπως κωνοφόρα δάση, μεικτά δάση και σκληρόφυλλη βλάστηση έχει εντοπίσει μόνο το EFFIS αρκετά περισσότερα εκτάρια τα οποία προφανώς δεν χαρτογράφησε το MODIS.

Πίνακας 16: Αναλυτική απεικόνιση χρήσεων γης των καμένων περιοχών.

Χρήσης γης καμένων περιοχών σε εκτάρια (ha) αναλυτικά 2005

	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμέ Εντοπισμέ	
			νευ από Modis	νευ από Effis
Συνεχείς αστικός ιστός	0	14	14	0
Ασυνεχείς αστικός ιστός	0	555	338	217
Βιομηχανίες ή εμπορικές μονάδες	0	30	30	0
Οδικά σιδηροδρομικά δίκτυα	0	15	15	0
Αεροδρόμια	0	12	12	0
Ορυκτά ορυχεία	0	1	1	0
Εγκαταστάσεις αθλητικές-αναψυχής	0	4	4	0
Μη αρδευόμενες αροτριάες εκτάσεις	212	12.316	11.242	1.074
Μόνιμα αρδευόμενη γη	0	1.975	1.975	0
Ορυζώνες	0	2.462	2.462	0
Αμπελώνες	0	194	25	169
Καρποφόρα δένδρα & θάμνοι	0	90	90	0
Ελεώνες	140	1.799	1.724	74
Βοσκοτόπια	0	125	125	0
Καλλιέργειες πολύπλοκου σχήματος	4	3.089	2.967	122
Γεωργικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	14	1.524	1.330	193
Πλατυφυλλα δάση	18	71	65	6
Κωνοφόρα δάση	0	191	24	167
Φυσικοί λειμώνες	102	1.506	1.247	259
Σκληρόφυλλη βλάστηση	556	2.054	1.396	658
Μεταβατικές δασικές - θαμνόδεις εκτάσεις	0	542	29	513
Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	0	41	41	0
Αραιή βλάστηση	4	20	10	10
Καμένες περιοχές	0	15	15	0
Χερσαίοι βάλτοι	0	1	1	0
Αλμυροί βάλτοι	0	1	1	0
Ποτάμια	0	20	20	0

Για το έτος 2005 (Πίνακας 16) έχουμε κάπως διαφοροποιημένα αποτελέσματα καθώς και οι καταγραφές του EFFIS είναι κάπως περιορισμένες σε σχέση με τον άλλο οργανισμό. Είναι σημαντικό όμως να αναφερθούμε στο γεγονός ότι το MODIS έχει χαρτογραφήσει ως καμένες περιοχές πολύ μεγάλη έκταση μη αρδευόμενων αροτριάων εκτάσεων. Δηλαδή γεωργικών εκτάσεων στις οποίες υπάρχει η υψηλή πιθανότητα να έγιναν σε πολλές περιπτώσεις κάποιες γεωργικές εργασίες τις οποίες συνηθίζουν να εφαρμόζουν οι παραγωγοί. Το τελευταίο είναι ένα σημαντικό εύρημα το οποίο πιθανόν πρέπει να ελεγχτεί από τις τεχνικές υπηρεσίες των συστημάτων.

### 4.3.3. Συγκεντρωτικά στοιχεία σε σχέση με τις χρήσεις γης

Στην συνέχεια θα αναφερθούμε στις γενικευμένες κατηγορίες χρήσεων γης CORINE 2000 μέσω του οποίου θα λάβουμε πιο εύκολα συμπεράσματα. Οι πέντε βασικές κατηγορίες είναι: τεχνητές, γεωργικές, δασικές, υγρότοποι και υδάτινες περιοχές. Στον Πίνακα 17 παρατηρούμε όπως και στην προηγούμενη ενότητα ότι έχουμε καταγραφές πυρκαγιών σε περιπτώσεις των υδάτινων και υγροτόπων. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί με το γεγονός ότι το CORINE έχει κατασκευαστεί παλιότερο και έτσι έχουν επέλθει κάποιες διαφορές ή έχει γίνει η καταγραφή σε εποχή όπου π.χ. ένα ποτάμι είχε νερό ενώ το καλοκαίρι μπορεί να αποξηραίνεται. Ακόμα υπάρχει περίπτωση και κάποιου λάθους στην δημιουργία του ίδιου του CORINE. Γενικότερα το μεγαλύτερο μέγεθος των καμένων περιοχών όπως είναι και το αναμενόμενο είναι στις αγροτικές και δασικές εκτάσεις. Στην συνέχεια γίνεται παράθεση σε σχέση με τις συνολικές εκτάσεις σε εκτάρια αλλά και σε ποσοστά επί της εκατό.

Στον Πίνακα 17 με ποσοστά (%) αλλά και εκτάσεων σε εκτάρια έχουμε τα μεγέθη για κάθε χρήση γης. Και επιπλέον δίνεται και γραφήμα έτσι ώστε να φανεί με καλύτερο τρόπο και η κατανομή των χρήσεων γης.

**Πίνακας 17: Ποσοστά και εκτάσεις κάθε χρήσης γης των καμένων περιοχών.**

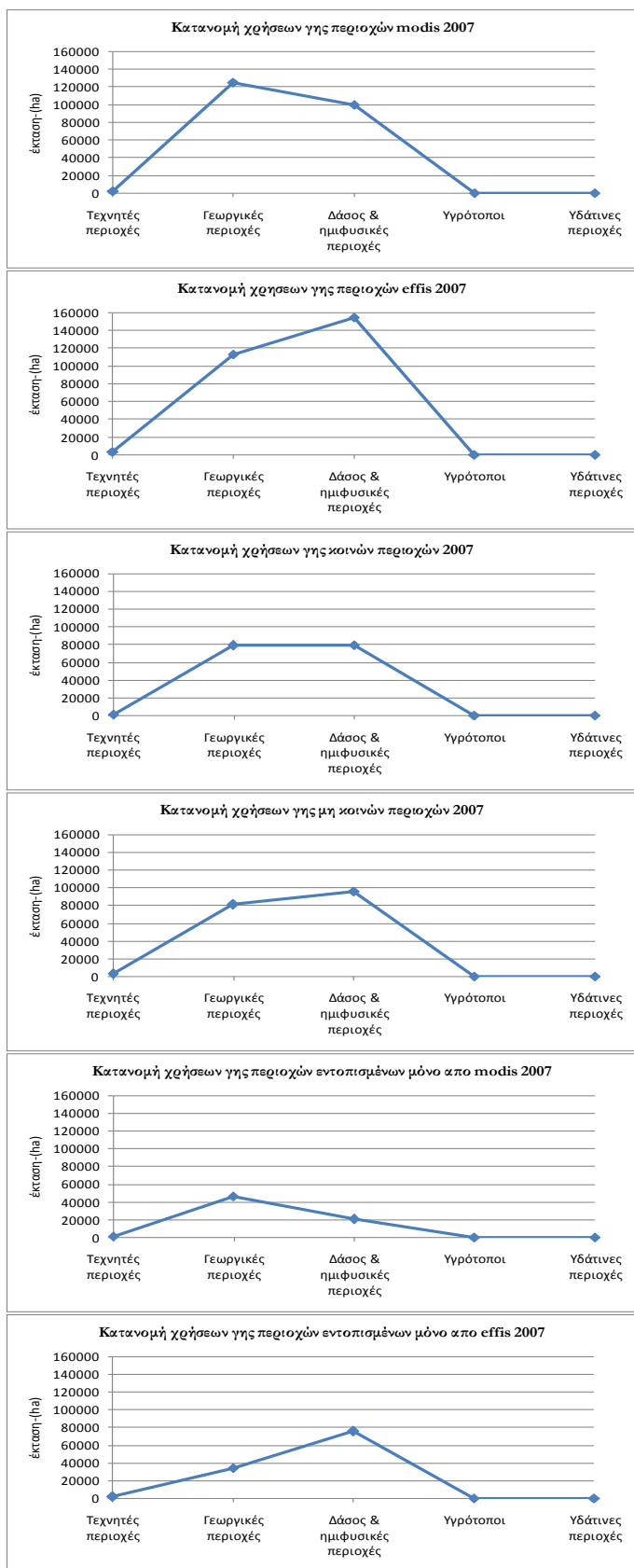
Χρήσεις γης σε ποσοστό (%) για κάθε περίπτωση για το έτος 2007

	Modis (%)	Effis (%)	Κοινές περιοχές (%)	Μη κοινές περιοχές (%)	Εντοπισμένες από Modis (%)	Εντοπισμένες από Effis (%)
Τεχνητές περιοχές	1,0	1,1	0,8	1,5	1,4	1,6
Γεωργικές περιοχές	54,9	41,6	49,3	44,3	68,2	30,8
Δάσος & ημιφυσικές περιοχές	43,8	57,1	49,7	52,5	29,9	67,5
Υγρότοποι	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Υδάτινες περιοχές	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,0

Χρήσεις γης σε εκτάρια (ha) για το έτος 2007

	Modis	Effis	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμένες από Modis	Εντοπισμένες από Effis
Τεχνητές περιοχές	2.265	3.080	1.321	2.704	944	1.759
Γεωργικές περιοχές	125.263	113.020	78.600	81.082	46.662	34.419
Δάσος & ημιφυσικές περιοχές	99.839	154.928	79.355	96.057	20.484	75.573
Υγρότοποι	247	278	168	189	79	110
Υδάτινες περιοχές	375	178	138	278	238	40
<b>Σύνολο</b>	<b>227.990</b>	<b>271.483</b>	<b>159.582</b>	<b>180.310</b>	<b>68.408</b>	<b>111.902</b>





Γράφημα 1: Κατανομή χρήσεων γης σε σχέση με τις συνολικές καμένες εκτάσεις σε εκτάρια.

Για το έτος 2007 έχουμε στον Πίνακα 17 και στο Γράφημα 1 τις χρήσεις γης σε γενικό επίπεδο έτσι ώστε να έχουμε μια πιο σφαιρική εικόνα για την ανάλυση των καμένων εκτάσεων στον ελλαδικό χώρο. Παρατηρώντας τα δεδομένα για το έτος 2007 καταλήγουμε αμέσως στο συμπέρασμα ότι το μεν MODIS έχει εντοπίσει περισσότερες γεωργικές περιοχές από τις δασικές ενώ το EFFIS έχει εντοπίσει περισσότερες δασικές περιοχές από τις γεωργικές. Στο συμπέρασμα καταλήγουμε και μέσω των απόλυτων τιμών εκταρίων αλλά και από τα ποσοστά επί τις εκατό των συνολικών εκτάσεων. Και παρατηρώντας τα 75.573 εκτάρια καμένων δασικών εκτάσεων που δεν έχει εντοπίσει καθόλου το MODIS αντιλαμβανόμαστε την υστέρηση για τέτοιου είδους περιοχές. Επιπλέον από το πίνακα παρατηρούμε ότι στις περιοχές που είναι εντοπισμένες από το MODIS έχουμε πολύ υψηλό ποσοστό γεωργικών περιοχών. Επιπλέον οι κοινές περιοχές είναι απολύτως μοιρασμένες μεταξύ των γεωργικών και δασικών περιοχών.

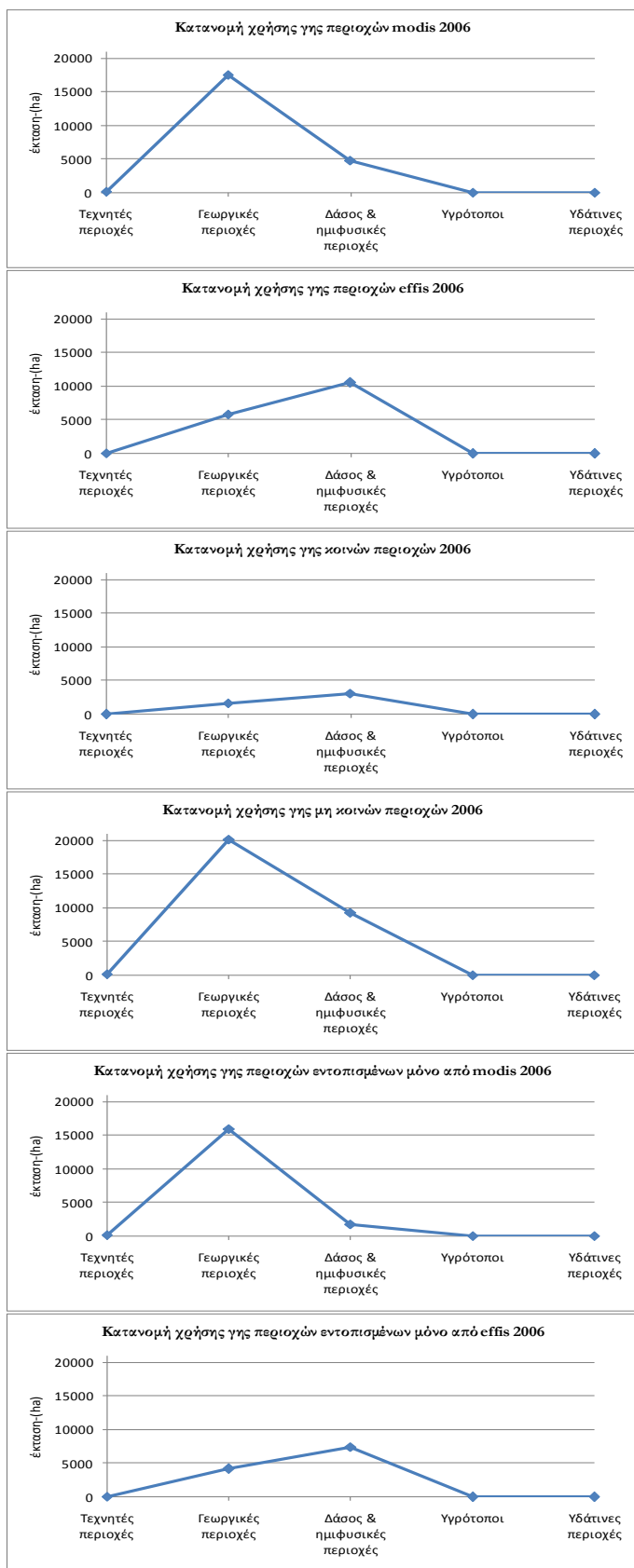
**Πίνακας 18: Ποσοστά και εκτάσεις κάθε χρήσης γης των καμένων περιοχών.**

Χρήσεις γης σε ποσοστό (%) για κάθε περίπτωση για το έτος 2006

	Modis (%)	Effis (%)	Κοινές περιοχές (%)	Μη κοινές περιοχές (%)	Εντοπισμένες από Modis (%)	Εντοπισμένες από Effis (%)
Τεχνητές περιοχές	0,7	0,2	0,0	0,6	0,9	0,2
Γεωργικές περιοχές	77,6	35,5	34,5	68,0	88,9	35,8
Δάσος & ημιφυσικές περιοχές	21,5	64,4	65,5	31,3	10,0	63,9
Υγρότοποι	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Υδάτινες περιοχές	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0

Χρήσεις γης σε εκτάρια (ha) για το έτος 2006

	Modis	Effis	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμένες από Modis	Εντοπισμένες από Effis
Τεχνητές περιοχές	154	25	0	179	154	25
Γεωργικές περιοχές	17.550	5.798	1.619	20.109	15.931	4.179
Δάσος & ημιφυσικές περιοχές	4.868	10.525	3.071	9.252	1.797	7.454
Υγρότοποι	14	0	0	14	14	0
Υδάτινες περιοχές	31	0	0	31	31	0
<b>Σύνολο</b>	<b>22.617</b>	<b>16.348</b>	<b>4.690</b>	<b>29.586</b>	<b>17.928</b>	<b>11.658</b>



Γράφημα 2: Κατανομή χρήσεων γης σε σχέση με τις συνολικές καμένες εκτάσεις σε εκτάρια.

Για το έτος 2006 (Πίνακας 18 και Γράφημα 2) έχουμε παρόμοια αποτελέσματα με την προηγούμενη χρονιά με ακόμα μεγαλύτερη έκταση. Καθώς και πάλι το EFFIS έχει εντοπίσει πολύ περισσότερες δασικές περιοχές σε σχέση με τις γεωργικές αλλά και σε σχέση με το MODIS. Καθώς το τελευταίο έχει ανιχνεύσει για την χρονιά 2006 μεγαλύτερο μέγεθος φωτιών σε γεωργικές εκτάσεις σε σχέση με τις δασικές.

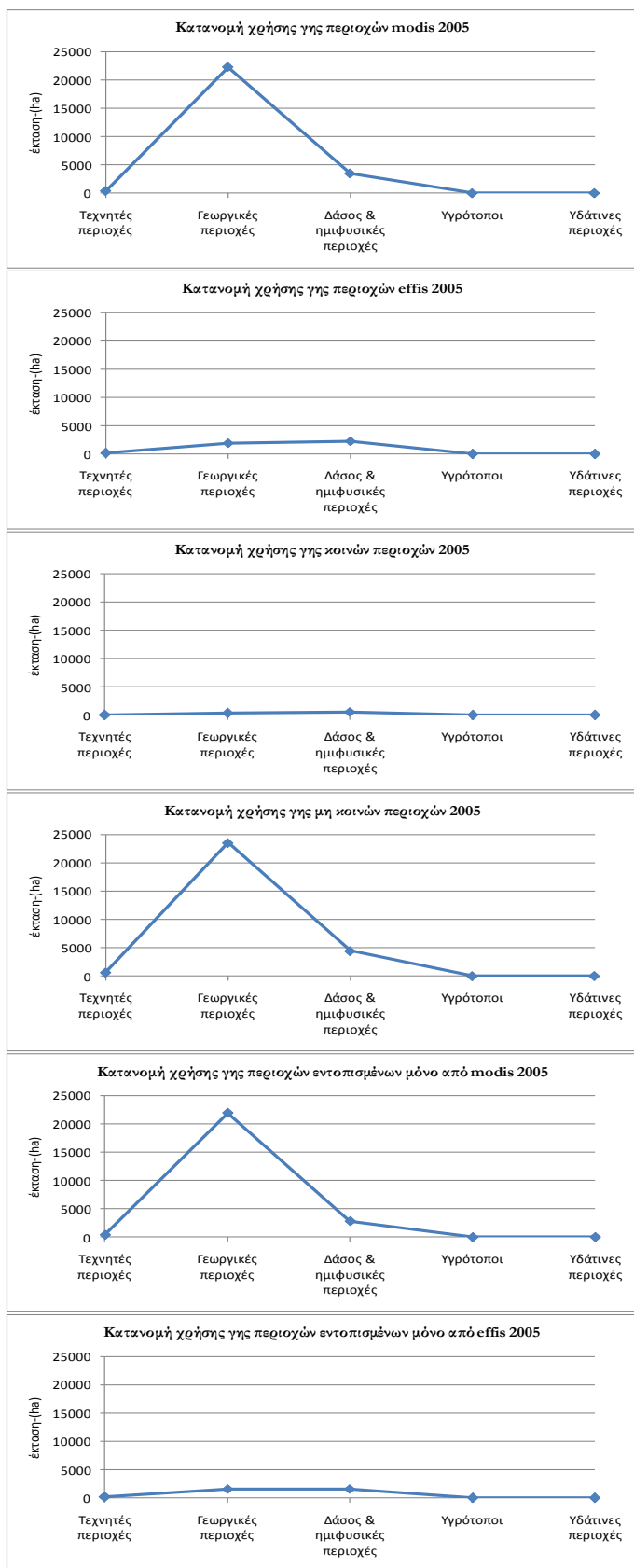
**Πίνακας 19: Ποσοστά και εκτάσεις κάθε χρήσης γης των καμένων περιοχών.**

Χρήσεις γης σε ποσοστό (%) για κάθε περίπτωση για το έτος 2005

	Modis (%)	Effis (%)	Κοινές περιοχές (%)	Μη κοινές περιοχές (%)	Εντοπισμένες από Modis (%)	Εντοπισμένες από Effis (%)
Τεχνητές περιοχές	1,6	4,8	2,2	0,0	1,6	6,3
Γεωργικές περιοχές	85,0	44,4	82,2	35,2	87,1	47,1
Δάσος & ημιφυσικές περιοχές	13,4	50,8	15,5	64,8	11,2	46,6
Υγρότοποι	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Υδάτινες περιοχές	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0

Χρήσεις γης σε εκτάρια (ha) για το έτος 2005

	Modis	Effis	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμένες από Modis	Εντοπισμένες από Effis
Τεχνητές περιοχές	414	217	0	631	414	217
Γεωργικές περιοχές	22.310	2.003	370	23.573	21.940	1.633
Δάσος & ημιφυσικές περιοχές	3.508	2.295	680	4.442	2.828	1.614
Υγρότοποι	1	0	0	1	1	0
Υδάτινες περιοχές	20	0	0	20	20	0
<b>Σύνολο</b>	<b>26.253</b>	<b>4.515</b>	<b>1.051</b>	<b>28.667</b>	<b>25.203</b>	<b>3.465</b>



Γράφημα 3: Κατανομή χρήσεων γης σε σχέση με τις συνολικές καμένες εκτάσεις σε εκτάρια.

Για την χρονιά 2005 (Πίνακας 19 και Γράφημα 3) η παρατήρηση των προηγούμενων δυο ετών έχει αλλάξει σε κάποιο βαθμό. Στις καμένες περιοχές κατά MODIS έχουμε πολύ αυξημένο ποσοστό των γεωργικών εκτάσεων σε σχέση με τις δασικές. Ενώ το EFFIS έχει απόλυτη ισορροπία μεταξύ γεωργικών και δασικών εκτάσεων. Αναλύοντας τα αποτελέσματα για το έτος αυτό άλλα και για τα δυο προηγούμενα έτη πιθανολογούμε μήπως στις μετρήσεις του MODIS για τις γεωργικές καμένες εκτάσεις συμπεριλαμβάνει τις αγροτικές εργασίες που κάνουν οι αγρότες στις καλλιέργειες τους. Δηλαδή πιθανολογούμε ότι ο αλγόριθμος του MODIS δεν μπορεί να αποκλείσει από τις καταστροφικές φωτιές κάποιες φυσιολογικές αγροτικές διεργασίες.

#### 4.4 Ανάλυση με βασικούς παράγοντες τις τοπογραφικές ιδιότητες

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η ανάλυση με βάση τις τοπογραφικές ιδιότητες. Το υψόμετρο των καμένων περιοχών, η έκθεση των περιοχών, η κλίση των εδαφών στις περιοχές που χαρτογραφήθηκαν ως καμένες και τελικά τον δείκτη υγρασίας. Γίνεται αναλυτική αναπαράσταση των παραγόντων μέσω γραφημάτων και πινάκων με σκοπό την καλύτερη ανάδειξη των αποτελεσμάτων σύγκρισης.

##### 4.4.1. Ανάλυση με βασικό παράγοντα το υψόμετρο

###### Βήματα εργασιών

*Προϊόν σε μορφή shapefile (MODIS, EFFIS, Κοινές περιοχές, Μη κοινές περιοχές, Εντοπισμένες μόνο από Modis και εντοπισμένες μόνο από Effis) → Εντολή “Clip” (ArcGis) μεταξύ των shapefile και του “ASTER DEM”*

Στην υποενότητα αυτή εισάγουμε τον παράγοντα του υψομέτρου για τις καμένες περιοχές των δυο συστημάτων και σε κάθε περίπτωση ξεχωριστά. Το υψόμετρο μιας περιοχής παίζει σημαντικό ρόλο για μια πυρκαγιά και για την εκδήλωση της και για την κατάσβεση της αλλά και σε σχέση με την τηλεπισκοπική ανίχνευση της από τα συστήματα πυρανίχνευσης.

Πίνακας 20: Στατιστικά στοιχεία υψόμετρων καμένων περιοχών.

Υψόμετρο καμμένων περιοχών για το έτος 2007 (μέτρα)

	min	max	μέσος όρος
Modis	0	1880	391
Effis	0	2161	457
Κοινές περιοχές	0	1880	430
Μη κοινές περιοχές	0	2161	422
Εντοπισμένες από Modis	0	1769	300
Εντοπισμένες από Effis	0	2161	496

Πίνακας 21: Στατιστικά στοιχεία υψόμετρων καμένων περιοχών.

Υψόμετρο καμμένων περιοχών για το έτος 2006 (μέτρα)

	min	max	μέσος όρος
Modis	0	1869	252
Effis	0	1087	228
Κοινές περιοχές	2	1079	286
Μη κοινές περιοχές	0	1869	228
Εντοπισμένες από Modis	0	1869	204
Εντοπισμένες από Effis	0	1087	244

Πίνακας 22: Στατιστικά στοιχεία υψόμετρων καμένων περιοχών.

Υψόμετρο καμμένων περιοχών για το έτος 2005 (μέτρα)

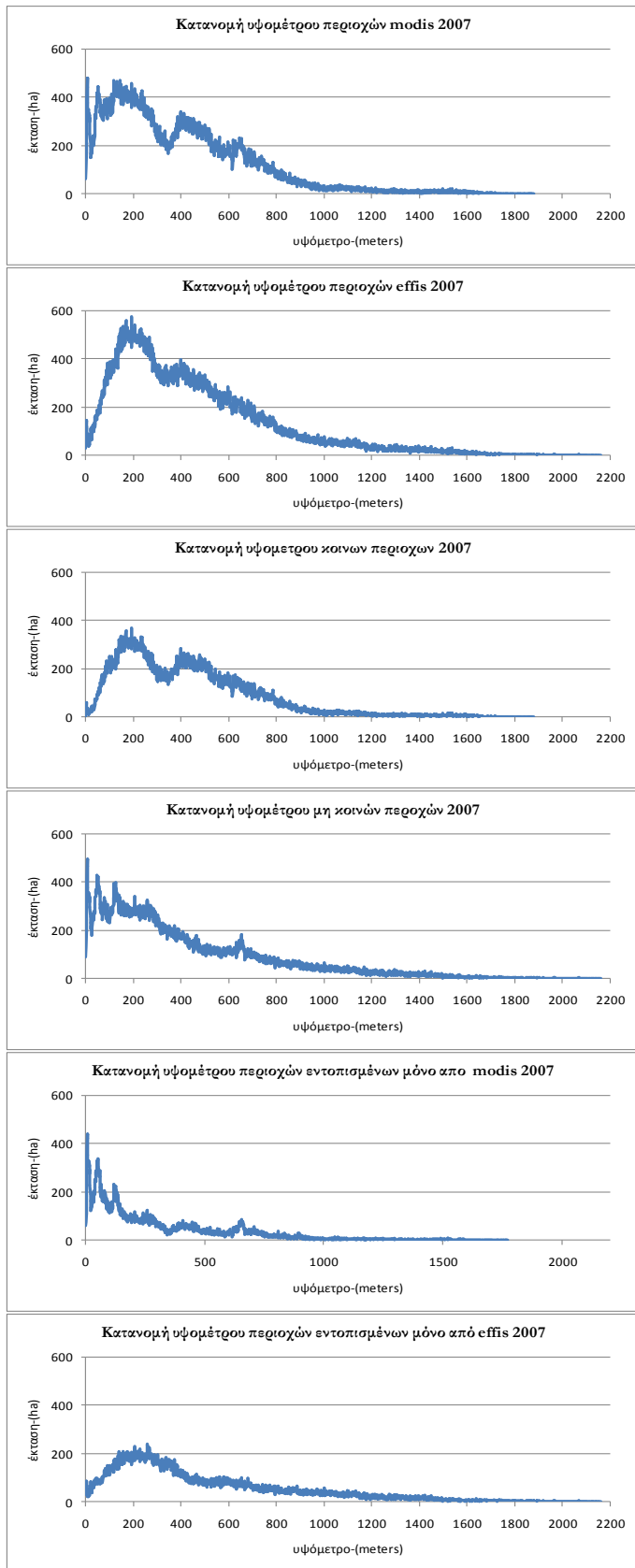
	min	max	μέσος όρος
Modis	0	1175	143
Effis	9	983	296
Κοινές περιοχές	16	958	318
Μη κοινές περιοχές	0	1175	154
Εντοπισμένες από Modis	0	1175	136
Εντοπισμένες από Effis	9	983	289

Αρχικά στη υψομετρική ανάλυση δίνονται μέσα από τους Πίνακες 20, 21 και 22 κάποια αρχικά στοιχεία στατιστικής σύγκρισης. Παρατηρούμε ότι οι καμένες περιοχές του MODIS έχουν μέσο όρο υψόμετρου χαμηλότερο από τον EFFIS για τα έτη 2007, 2005 και σχετικά κοντινά αποτελέσματα για το 2006. Επιπλέον παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος του υψόμετρου των χαρτογραφημένων περιοχών κατά MODIS στο ελληνικό χώρο για το έτος 2005 είναι εξαιρετικά χαμηλός σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες τιμές. Σε γενικές γραμμές παρατηρείται ότι οι πυρκαγιές για τα τρία έτη έχουν μέσο όρο υψόμετρου γύρω στα 300 μέτρα. Αξιοσημείωτο

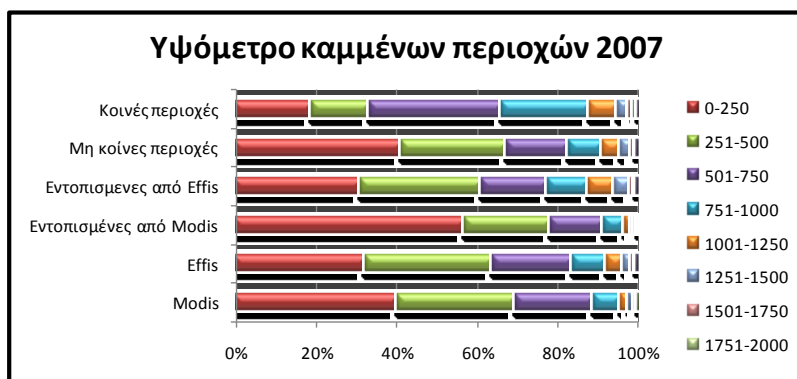
είναι ότι για τις πυρκαγιές του 2007 είχαμε χαρτογραφήσεις σε πολύ μεγάλα υψόμετρα ακόμη και άνω των 2000 μέτρων.

Στην συνέχεια δίνεται η ευκαιρία για περαιτέρω ανάλυση και σύγκριση των καμένων περιοχών για τα τρία έτη σε σχέση με το υψόμετρο. Παρουσιάζεται η συνολική κατανομή των υψομέτρων σε σχέση με τις καμένες περιοχές και γίνεται προσηκτική ταξινόμηση έτσι ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.





Γράφημα 4: Κατανομή υψόμετρου σε σχέση με την έκταση σε εκτάρια των καμένων περιοχών.



Γράφημα 5: Κατηγορίες υψομέτρων σε σχέση με τα ποσοστά % των καμμένων περιοχών.

Πίνακας 23: Κατηγορίες υψομέτρου για τις καμένες περιοχές σε εκτάρια.

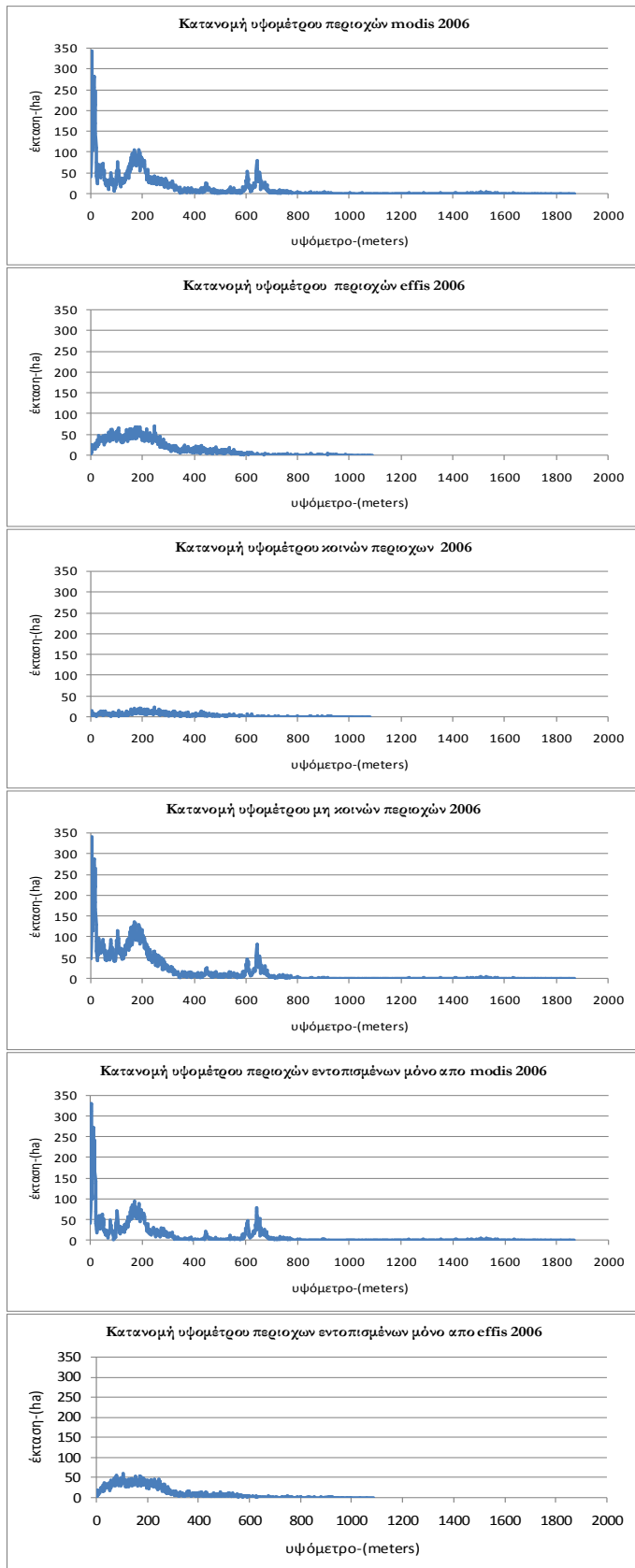
Κλάσεις υψομέτρων(μέτρα) καμένων περιοχών για το έτος 2007 σε εκτάρια (ha)

	Modis	Effis	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμένες από Modis	Εντοπισμένες από Effis
<b>0-250</b>	92.147	88.147	30.447	74.406	39.203	35.203
<b>251-500</b>	67.022	86.094	22.497	47.830	14.379	33.451
<b>501-750</b>	44.088	53.351	52.643	27.714	9.226	18.488
<b>751-1000</b>	15.007	22.762	34.862	14.759	3.502	11.257
<b>1001-1250</b>	5.173	11.322	11.505	8.579	1.215	7.364
<b>1251-1500</b>	2.712	6.331	3.958	4.855	618	4.237
<b>1501-1750</b>	1.531	2.603	2.094	1.618	273	1.345
<b>1751-2000</b>	22	471	1.258	461	6	455
<b>2001-2250</b>	0	116	16	116	0	116
<b>Σύνολο</b>	<b>227.702</b>	<b>271.197</b>	<b>159.280</b>	<b>180.338</b>	<b>68.422</b>	<b>111.916</b>

Για την χρονιά 2007 με την βοήθεια των Γραφημάτων 4, 5 και του Πίνακα 23 έγινε ανάλυση της σχέσης του υψομέτρου με τον εντοπισμό των πυρκαγιών στα δυο συστήματα. Εύκολα διαπιστώνουμε ότι στα χαμηλά υψόμετρα έχουμε πολύ μεγαλύτερο όγκο μετρήσεων από το MODIS σε αντίθεση με το EFFIS. Ακόμα παρατηρούμαι μεγάλη διαφοροποίηση στον μέσο όρο υψομέτρου καθώς το EFFIS έχει 457 μέτρα ενώ το MODIS 391 μέτρα, δηλαδή το πρώτο έχει μεγαλύτερο εύρος υψομετρικό στον εντοπισμό των καμένων περιοχών ξεκινώντας από τα χαμηλά υψόμετρα και φτάνοντας μέχρι τα ανώτερα, ενώ το δεύτερο περιορίζεται στα χαμηλά υψόμετρα και έχει μικρότερο όγκο μετρήσεων στα υψηλά υψόμετρα. Στην πρώτη κατηγορία μέχρι 250 μέτρα υψόμετρο του MODIS οι μετρήσεις ξεπερνάνε το EFFIS κατά 4000 εκτάρια περίπου παρότι το σύνολο είναι μικρότερο, δηλαδή το MODIS σύστημα έχει καλύτερη δυνατότητα στο εντοπισμό των καμένων περιοχών με χαμηλό υψόμετρο. Επιπλέον

στην κατηγορία αυτή έχουμε και την μεγαλύτερη συσσώρευση, σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες, μη κοινών περιοχών. Υπάρχει δηλαδή μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ των δυο συστημάτων στα χαμηλά υψόμετρα.

Επιπλέον για το έτος 2007 στην κατανομή του υψόμετρου κατά MODIS παρατηρείται μια ακανόνιστη καμπύλη με πολλά σκαμπανεβάσματα και πολλές απότομες διαφοροποιήσεις κάτι που δεν συμβαδίζει με την κατανομή του ευρωπαϊκού οργανισμού που έχουμε μια μεγαλύτερη συμμετρία και ακολουθία.



Γράφημα 6: Κατανομή υψόμετρου σε σχέση με την έκταση σε εκτάρια των καμένων περιοχών.



Γράφημα 7: Κατηγορίες υψόμετρων σε σχέση με τα ποσοστά % των καμένων περιοχών.

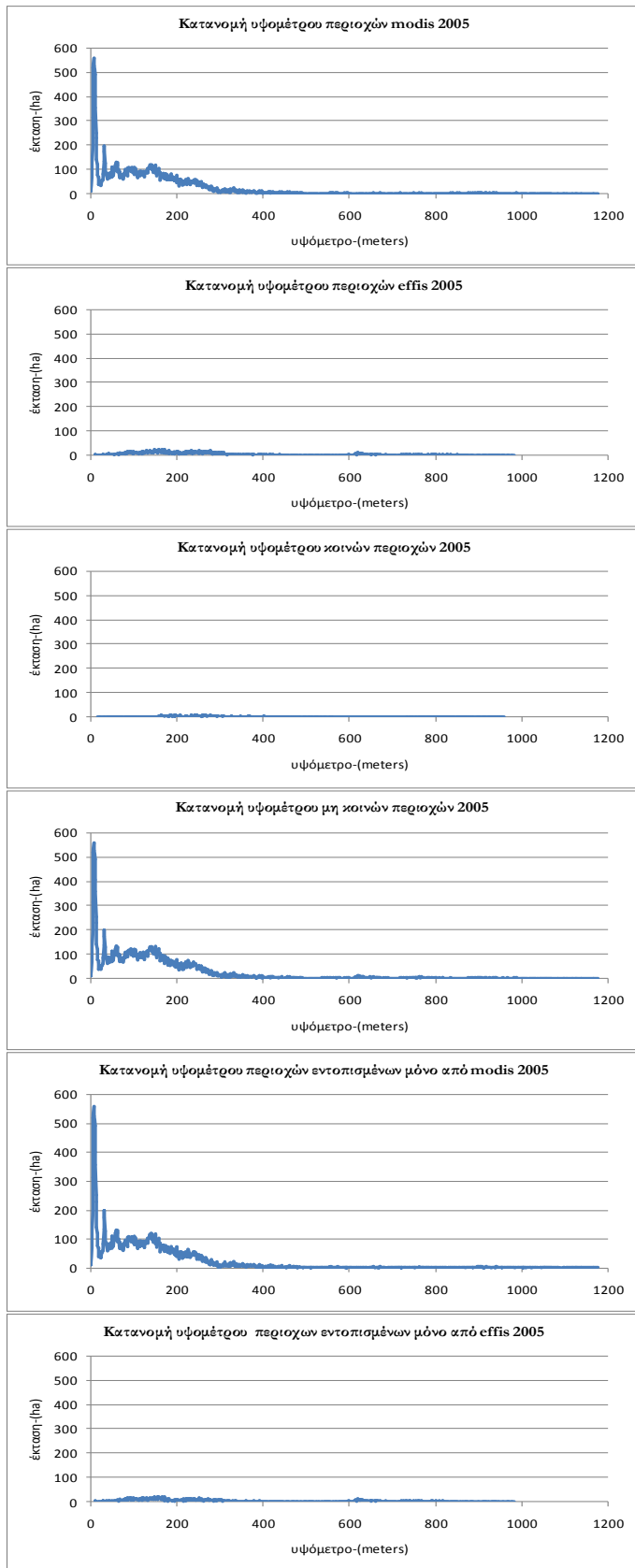
Πίνακας 24: Κατηγορίες υψόμετρου για τις καμένες περιοχές σε εκτάρια.

Κλάσεις υψόμετρων(μέτρα) καμένων περιοχών για το έτος 2006 σε εκτάρια (ha)

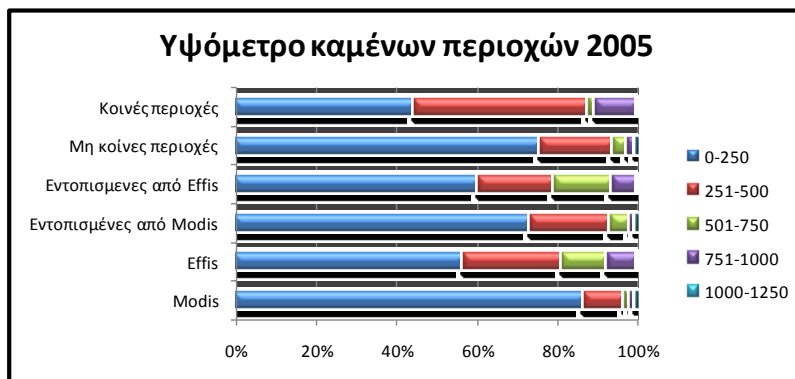
	Modis	Effis	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμένες από Modis	Εντοπισμένες από Effis
<b>0-250</b>	14.093	10.914	2.411	21.260	12.757	7.815
<b>251-500</b>	3.271	4.114	1.703	4.098	1.687	2.339
<b>501-750</b>	1.383	1.001	392	3.328	2.719	1.296
<b>751-1000</b>	2.922	255	176	256	177	152
<b>1000-1250</b>	370	14	10	83	79	4
<b>1251-1500</b>	158	0	0	192	192	0
<b>1501-1750</b>	237	0	0	131	131	0
<b>1751-2000</b>	6	0	0	6	6	0
<b>Σύνολο</b>	<b>22.440</b>	<b>16.298</b>	<b>4.692</b>	<b>29.354</b>	<b>17.748</b>	<b>11.606</b>

Για την χρονιά 2006 στα Γραφήματα 7, 6 και στον Πίνακα 24 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης του υψόμετρου. Παρατηρούμε την κατανομή του EFFIS πιο ομοιόμορφη και ισορροπημένη σε αντίθεση με του MODIS που είναι αρκετά πιο ανομοιόμορφη. Αξιοσημείωτη είναι η ανατροπή σε σχέση με το έτος 2007 για τα χαμηλά υψόμετρα μέχρι 500 μέτρα καθώς για το EFFIS έχουμε το μεγαλύτερο ποσοστό των μετρήσεων και σχεδόν όλες οι καμένες περιοχές βρίσκονται στις δυο πρώτες κατηγορίες. Ενώ στην κατηγορία (751-1000) το MODIS έχει εντοπίσει αρκετά μεγάλο ποσοστό σε σχέση με το ευρωπαϊκό που έχει ελάχιστες μετρήσεις.

Το έτος 2006 έχουμε την ανατροπή των αποτελεσμάτων, δηλαδή στα χαμηλά υψόμετρα παρουσιάζονται καταγραφές σε μεγαλύτερο ποσοστό επί του συνόλου του από τον EFFIS.



Γράφημα 8: Κατανομή υψόμετρου σε σχέση με την έκταση σε εκτάρια των καμένων περιοχών.



Γράφημα 9: Κατηγορίες υψόμετρων σε σχέση με τα ποσοστά % των καμένων περιοχών.

Πίνακας 25: Κατηγορίες υψόμετρου για τις καμένες περιοχές σε εκτάρια.

Κλάσεις υψόμετρων(μέτρα) καμένων περιοχών για το έτος 2005 σε εκτάρια (ha)

	Modis	Effis	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμένες από Modis	Εντοπισμένες από Effis
<b>0-250</b>	22.683	2.565	471	21.713	18.471	2.094
<b>251-500</b>	2.723	1.113	460	5.207	4.951	653
<b>501-750</b>	299	508	17	967	1.229	491
<b>751-1000</b>	398	324	111	608	393	213
<b>1000-1250</b>	49	0	0	49	49	0
<b>Σύνολο</b>	<b>26.152</b>	<b>4.510</b>	<b>1.059</b>	<b>28.544</b>	<b>25.093</b>	<b>3.451</b>

Για το έτος 2005 (Πίνακας 25 και Γραφήματα 8, 9) οι αναλύσεις μας στηρίζονται σε ένα μικρότερο μέγεθος καμένων περιοχών. Ειδικά για την περίπτωση του EFFIS έχουμε πολύ λίγες μετρήσεις για το έτος 2005. Στην πρώτη κατηγορία μέχρι 250 μέτρα υψόμετρο συγκεντρώνονται σχεδόν όλες οι καμένες περιοχές του MODIS ενώ για το EFFIS έχουμε ομαλότερη διασπορά την μετρήσεων σε όλες τις κατηγορίες υψόμετρου. Παρόλο αυτά στην κατηγορία (751-100) έχουμε σχεδόν τα ίδια αποτελέσματα και για τα δυο συστήματα παρότι στο σύνολο των καμένων περιοχών διαφέρουν σε απόλυτες τιμές. Εμφανές είναι στην πρώτη κατηγορία των μη κοινών περιοχών η τεραστία διαφοροποίηση που έχουμε μεταξύ των δυο συστημάτων, καθώς σχεδόν το σύνολο των μη κοινών περιοχών βρίσκεται στα χαμηλά υψόμετρα. Το παρόν συμπέρασμα συμπληρώνεται από τις εντοπισμένες περιοχές μόνο από MODIS όπου έχουμε πολύ υψηλή τιμή σε έκταση εκταρίων.

Συμπερασματικά έχουμε περιοχές χαρτογραφημένες με χαμηλότερα υψόμετρα από το MODIS σε σχέση με τον ευρωπαϊκό οργανισμό. Και επιπλέον το EFFIS έχει ομαλότερη

κατανομή των υψομέτρων σε σχέση με τις εκτάσεις με μια ομαλή συνέχεια στις τιμές του σε αντίθεση με το MODIS που δίνει κατανομή ακανόνιστη και ανακόλουθη.

#### 4.4.2. Ανάλυση με βασικό παράγοντα την έκθεση

##### Βήματα εργασιών

Προϊόν σε μορφή *shapefile* (MODIS, EFFIS, Κοινές περιοχές, Μη κοινές περιοχές, Εντοπισμένες μόνο από MODIS και εντοπισμένες μόνο από EFFIS) → Εντολή “Clip” (ArcGis) μεταξύ των *shapefile* και του “ASPECT” (προήλθε με την εντολή *Aspect* στο ArcGis εισάγοντας το ASTER DEM) → Εντολή “Int” εφαρμόζουμε στα πλεγματικά αρχεία της έκθεσης.

Στην υποενότητα αυτή θα αναφερθούμε στην ιδιότητα της έκθεσης. Δηλαδή η κατεύθυνση που έχει η επιφάνεια του εδάφους, π.χ. βόρεια, νότια κτλ. Η έκθεση όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενα κεφάλαια ορίζετε βόρεια, βορειοανατολικά, νότια κ.τ.λ. Είναι μια ιδιότητα που έχει μεγάλη σημασία καθώς οι ανιχνεύσεις των πυρκαγιών γίνονται με δορυφορικά συστήματα ,στην περίπτωση μας, τα οποία περιστρέφονται γύρω από την γη και έχουν διαφορετική γωνία λήψης σε κάθε περίπτωση και ενδέχεται να έχουμε κάποια προβλήματα εξαιτίας αυτού. Επιπλέον σε μια πυρκαγιά παίζει ρόλο η έκθεση του εδάφους τι κατεύθυνση έχει καθώς έχουμε και τους κλιματολογικούς παράγοντες που συνδέονται όπως είναι η επιρροή του ήλιου και των ανέμων που έχουμε σε κάθε περίπτωση με διαφορετική ένταση. Η μονάδα μέτρησης της έκθεσης είναι οι μοίρες ανάλογα με την τιμή έχουμε συγκεκριμένη έκθεση όπως θα παρατηρούμε στον Πίνακα 2 από το κεφάλαιο 3.

(Πίνακας 2 από το κεφάλαιο 3: Κατηγορίες τιμών έκθεσης)

Έκθεση επιφανειας εδαφους	
Έκθεση	Τιμή σε μοίρες
Επίπεδο	(-1 - -0,000001)
Βόρεια	(-0,000001 - 22,5)&(337,5 - 360)
Βορειοανατολική	(22,5 - 67,5)
Ανατολική	(67,5 - 112,5)
Νοτιοανατολική	(112,5 - 157,5)
Νάτια	(157,5 - 202,5)
Νοτιοδυτική	(202,5 - 247,5)
Δυτική	(247,5 - 292,5)
Βορειοδυτική	(292,5 - 337,5)



Πίνακας 26: Κατηγορίες της έκθεσης σε σχέση με το σύνολο των καμένων εκτάσεων σε ποσοστό (%).

Έκθεση καμένων περιοχών για το έτος 2007 σε ποσοστό επι της εκατό(%)

	Modis	Effis	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμένες από Modis	Εντοπισμένες από Effis
Επίπεδο	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
Βόρεια	12,3	11,7	12,4	11,2	12,1	10,7
Βορειανατολική	12,4	11,2	12,3	10,8	12,8	9,6
Ανατολική	11,8	11,3	11,1	12,3	13,3	11,7
Νοτιοανατολική	11,1	11,5	10,5	12,7	12,5	12,9
Νότια	13,1	14,0	13,0	14,5	13,3	15,3
Νοτιοδυτική	14,2	15,0	14,7	14,5	13,0	15,3
Δυτική	13,5	13,8	14,1	12,9	12,1	13,3
Βορειοδυτική	11,6	11,6	11,9	11,0	10,8	11,2

Πίνακας 27: Κατηγορίες της έκθεσης σε σχέση με το σύνολο των καμένων εκτάσεων σε εκτάρια.

Έκθεση καμένων περιοχών για το έτος 2007 σε εκτάρια (ha)

	Modis	Effis	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμένες από Modis	Εντοπισμένες από Effis
Επίπεδο	107	60	26	115	81	34
Βόρεια	28.006	31.677	19.710	20.263	8.296	11.967
Βορειανατολική	28.250	30.288	19.514	19.510	8.736	10.774
Ανατολική	26.758	30.756	17.692	22.130	9.066	13.064
Νοτιοανατολική	25.307	31.193	16.757	22.986	8.550	14.436
Νότια	29.832	37.857	20.759	26.171	9.073	17.098
Νοτιοδυτική	32.378	40.593	23.450	26.071	8.928	17.143
Δυτική	30.698	37.309	22.409	23.188	8.289	14.899
Βορειοδυτική	26.366	31.464	18.963	19.904	7.403	12.501
<b>Σύνολο</b>	<b>227.702</b>	<b>271.197</b>	<b>159.280</b>	<b>180.338</b>	<b>68.422</b>	<b>111.916</b>

Για την χρονιά 2007 έχουμε στους Πίνακες 26 και 27 την ανάλυση για την έκθεση των καμένων εκτάσεων σε κάθε περίπτωση. Η έκθεση χωρίζεται σε 9 επίπεδα ανάλογα με την περίπτωση όπως φαίνεται παρακάτω. Με μια πρώτη ματιά παρατηρούμε ότι έχουμε μια ισορροπημένη κατανομή των περιοχών στα 9 επίπεδα έκθεσης και οι διαφοροποιήσεις είναι αρκετά μικρές. Η νότιο – δυτική έκθεση για τις καμένες περιοχές του EFFIS παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό (15%) και με μικρές διαφοροποιήσεις να έχουν οι υπόλοιπες τιμές. Γενικότερα η ανάλυση δεν μπορεί να δείξει κάποιο αξιολογούμενο αποτέλεσμα. Στις επίπεδες περιοχές προηγείται κατά πολύ το αμερικανικό σύστημα σε σχέση με το ευρωπαϊκό που έχει σαφώς λιγότερες περιοχές.

Πίνακας 28: Κατηγορίες της έκθεσης σε σχέση με το σύνολο των καμένων εκτάσεων σε ποσοστό (%).

Έκθεση καμένων περιοχών για το έτος 2006 σε ποσοστό επι της εκατό(%)

	Modis	Effis	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμένες από Modis	Εντοπισμένες από Effis
Επίπεδο	0,6	0,0	0,0	0,5	0,7	0,0
Βόρεια	14,5	14,2	14,1	14,5	14,6	14,2
Βορειανατολική	14,2	15,1	17,1	13,8	13,5	14,2
Ανατολική	13,0	13,4	14,9	12,6	12,5	12,8
Νοτιοανατολική	11,2	11,4	11,7	11,2	11,1	11,2
Νότια	11,1	10,2	11,3	10,5	11,0	9,7
Νοτιοδυτική	11,6	14,1	14,7	12,0	10,8	13,9
Δυτική	11,5	12,3	8,9	12,7	12,2	13,6
Βορειοδυτική	12,2	9,4	7,2	12,2	13,5	10,3

Πίνακας 29: Κατηγορίες της έκθεσης σε σχέση με το σύνολο των καμένων εκτάσεων σε εκτάρια.

Έκθεση καμένων περιοχών για το έτος 2006 σε εκτάρια (ha)

	Modis	Effis	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμένες από Modis	Εντοπισμένες από Effis
Επίπεδο	133	2	0	135	133	2
Βόρεια	3.262	2.307	663	4.243	2.599	1.644
Βορειανατολική	3.192	2.454	801	4.044	2.391	1.653
Ανατολική	2.922	2.189	699	3.713	2.223	1.490
Νοτιοανατολική	2.524	1.854	549	3.280	1.975	1.305
Νότια	2.488	1.655	530	3.083	1.958	1.125
Νοτιοδυτική	2.605	2.303	692	3.524	1.913	1.611
Δυτική	2.576	1.999	419	3.737	2.157	1.580
Βορειοδυτική	2.738	1.535	339	3.595	2.399	1.196
<b>Σύνολο</b>	<b>22.440</b>	<b>16.298</b>	<b>4.692</b>	<b>29.354</b>	<b>17.748</b>	<b>11.606</b>

Για την χρονιά 2006 (Πίνακες 28, 29) εμφανίζεται ξανά ισορροπημένη κατανομή των τιμών της έκθεσης των καμένων περιοχών. Για τις περιοχές με έκθεση νότιο – δυτική έχουμε διαφοροποίηση κατά 3% μεταξύ των δυο συστημάτων. Μια ακόμα παρατήρηση για την χρονιά 2006 είναι το γεγονός ότι στις κοινές περιοχές με δυτική και βόρειο - δυτική έκθεση έχουμε πολύ μειωμένο ποσοστό καμένων περιοχών. Επιπλέον στην επίπεδες περιοχές έχουμε καταγραφές μόνο από το MODIS και μηδενικές από τον άλλο οργανισμό πυρανίχνευσης και χαρτογράφησης καμένων περιοχών.

Πίνακας 30: Κατηγορίες της έκθεσης σε σχέση με το σύνολο των καμένων εκτάσεων σε ποσοστό (%).

Έκθεση καμένων περιοχών για το έτος 2005 σε ποσοστό επι της εκατό(%)

	Modis	Effis	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμένες από Modis	Εντοπισμένες από Effis
Επίπεδο	0,3	0,0	0,0	0,2	0,3	0,0
Βόρεια	12,5	10,6	9,0	12,0	12,4	9,0
Βορειανατολική	11,7	13,2	12,8	11,7	11,6	12,8
Ανατολική	11,3	15,9	17,4	12,1	11,3	17,4
Νοτιοανατολική	10,7	13,5	15,6	11,4	10,8	15,6
Νότια	12,4	11,0	11,3	12,4	12,5	11,3
Νοτιοδυτική	14,6	12,0	11,9	14,3	14,7	11,9
Δυτική	14,1	11,7	11,1	13,8	14,1	11,1
Βορειοδυτική	12,4	12,2	10,9	12,1	12,3	10,9

Πίνακας 31: Κατηγορίες της έκθεσης σε σχέση με το σύνολο των καμένων εκτάσεων σε εκτάρια.

Έκθεση καμένων περιοχών για το έτος 2005 σε εκτάρια (ha)

	Modis	Effis	Κοινές περιοχές	Μη κοινές περιοχές	Εντοπισμένες από Modis	Εντοπισμένες από Effis
Επίπεδο	66	0	0	66	66	0
Βόρεια	3.275	476	167	3.417	3.108	309
Βορειανατολική	3.064	597	154	3.353	2.910	443
Ανατολική	2.959	716	116	3.443	2.843	600
Νοτιοανατολική	2.787	609	72	3.252	2.715	537
Νότια	3.243	494	103	3.531	3.140	391
Νοτιοδυτική	3.813	541	131	4.092	3.682	410
Δυτική	3.694	528	144	3.934	3.550	384
Βορειοδυτική	3.251	549	172	3.456	3.079	377
<b>Σύνολο</b>	<b>26.152</b>	<b>4.510</b>	<b>1.059</b>	<b>28.544</b>	<b>25.093</b>	<b>3.451</b>

Για την χρονιά 2005 Πίνακες 30, 31 η βασική παρατήρηση μπορεί να γίνει στο αυξημένο ποσοστό του EFFIS στις καμένες περιοχές με ανατολική έκθεση. Αξιοσημείωτο είναι το αυξημένο ποσοστό στις κοινές περιοχές με ανατολική έκθεση. Επιπλέον για τις επίπεδες εκτάσεις έχουμε μόνο μετρήσεις από τον MODIS και μηδενικές από τον EFFIS. Σε γενικές γραμμές σε όλες τις κατηγορίες έχουμε σχεδόν ισόποση κατανομή τω καμένων περιοχών και για τα δυο συστήματα.

#### 4.4.3. Ανάλυση με βασικό παράγοντα την κλίση

##### Βήματα εργασιών

Προϊόν σε μορφή *shapefile* (MODIS, EFFIS, Κοινές περιοχές, Μη κοινές περιοχές, Εντοπισμένες μόνο από MODIS και εντοπισμένες μόνο από EFFIS) → Εντολή “Clip” (ArcGis) μεταξύ των *shapefile* και του “SLOPE” (προήλθε με την εντολή *Slope* στο ArcGis εισάγοντας το ASTER DEM) → Εντολή “Int” εφαρμόζουμε στα πλεγμιατικά αρχεία της κλίσης.

Η κλίση είναι μια σημαντική ιδιότητα των εδαφών σε σχέση με το πρόβλημα των πυρκαγιών και λαμβάνεται πάντα υπόψη ως ένας σημαντικός τοπογραφικός παράγοντας. Η κλίση έχει ως μονάδα μέτρησης τις μοίρες. Ο ελλαδικός χώρος έχει πολλές εναλλαγές σε σχέση με την κλίση καθώς υπάρχουν περιοχές με απότομη κλίση αλλά και περιοχές ήπιο ανάγλυφο. Παρακάτω τα αποτελέσματα θα τα αναπαραστήσουμε σε πινάκες έχοντας δημιουργήσει κατηγορίες κλίσεων καθώς το εύρος των τιμών ξεκινά από μηδενικές κλίσεις και φτάνει μέχρι τις 60 μοίρες που έχουμε την μεγαλύτερη μέτρηση.

**Πίνακας 32: Κατηγορίες κλίσεων καμένων περιοχών σε σχέση με την έκταση καμένων σε ποσοστά (%).**

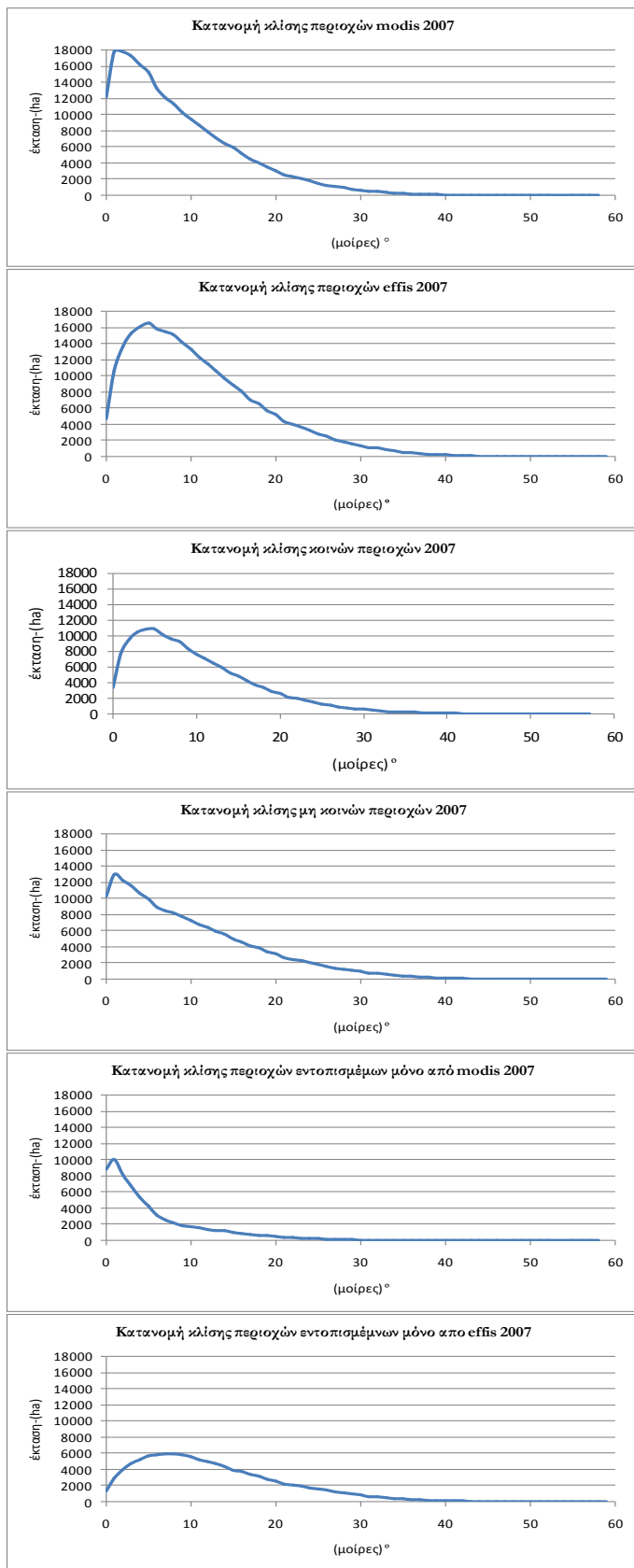
Κλίση καμένων περιοχών για το έτος 2007 σε ποσοστό επί της εκατό (%)						
	Κλίση (0-10)°	Κλίση (11-20)°	Κλίση (21-30)°	Κλίση (31-40)°	Κλίση (41-50)°	Κλίση (51-60)°
Modis	67,1	24,9	6,7	1,3	0,1	0,0
Effis	55,5	31,5	10,3	2,3	0,4	0,0
Κοινές περιοχές	61,3	29,2	7,9	1,5	0,1	0,0
Μη κοινές περιοχές	60,0	27,2	9,8	2,5	0,4	0,0
Εντοπισμένες από Modis	80,7	14,8	3,7	0,8	0,1	0,0
Εντοπισμένες από Effis	47,4	34,8	13,6	3,6	0,7	0,1

**Πίνακας 33: Κατηγορίες κλίσεων καμένων περιοχών σε σχέση με την έκταση καμένων σε εκτάρια.**

Κλίση καμένων περιοχών για το έτος 2007 σε εκτάρια (ha)							
	Κλίση (0-10)°	Κλίση (11-20)°	Κλίση (21-30)°	Κλίση (31-40)°	Κλίση (41-50)°	Κλίση (51-60)°	Σύνολο
Modis	152.751	56.620	15.167	2.855	294	15	<b>227.702</b>
Effis	150.575	85.414	27.877	6.299	962	70	<b>271.197</b>
Κοινές περιοχές	97.567	46.504	12.653	2.316	233	7	<b>159.280</b>
Μη κοινές περιοχές	108.192	49.026	17.737	4.522	790	71	<b>180.338</b>
Εντοπισμένες από Modis	55.184	10.116	2.514	539	61	8	<b>68.422</b>
Εντοπισμένες από Effis	53.008	38.910	15.223	3.983	729	63	<b>111.916</b>

Από τους Πίνακες 32 και 33 παρατηρούμε μια πολύ δυνατή τάση των περιοχών του MODIS να έχουν κλίσεις χαμηλής τιμής σε σχέση με το EFFIS. Ο δεύτερος έχει τις τιμές των κλίσεων διασκορπισμένες σε όλες τις κατηγορίες των κλίσεων κάτι που δεν συμβαίνει με τον πρώτο που συγκεντρώνει πολύ μεγάλα ποσοστά στην πρώτη κλάση. Το φαινόμενο είναι ακόμα

πιο έντονο στις καμένες περιοχές που είναι εντοπισμένες μόνο από το MODIS όπου το ποσοστό υπερβαίνει το 80%.



Γράφημα 10: Κατανομή της κλίσης του εδάφους σε σχέση με την συνολική καμένη έκταση.

Για το έτος 2007 στους Πίνακες 32 και 33 εμφανίζονται τα στοιχεία της ανάλυσης σε ποσοστά σε έξι κλάσεις έτσι ώστε να είναι πιο ευδιάκριτες οι διαφοροποιήσεις. Στο Πίνακα 32 που υπάρχει το ποσοστό επί τις εκατό για κάθε μια από τις έξι περιπτώσεις, παρατηρούμε ότι στο MODIS έχουμε μεγαλύτερο ποσοστό καμένων περιοχών με μικρές κλίσεις που ανήκουν στην πρώτη κλάση. Σε αντίθεση με το EFFIS που έχουμε μια μεγαλύτερη ισορροπία στην κατανομή των τιμών κλίσης καθώς στην πρώτη κλάση έχουμε μικρότερο ποσοστό από το MODIS αλλά στις κλίσεις (11-20)<sup>ο</sup> έχουμε μεγαλύτερο ποσοστό καμένων περιοχών. Στο Γράφημα 10 παρατηρούμε ότι το μεν MODIS έχει μεγαλύτερη κατανομή τιμών σε μικρές κλίσεις και λιγότερο στις υψηλές ενώ στο EFFIS έχουμε μεγαλύτερη διασπορά των καμένων εκτάσεων σε σχέση με τις κλίσεις. Για περιοχές με κλίσεις παραπάνω από 30<sup>ο</sup> διακρίνουμε ότι το EFFIS εντοπίζει περισσότερες φωτιές και να δίνει αρκετά περισσότερα εκτάρια καμένων περιοχών.

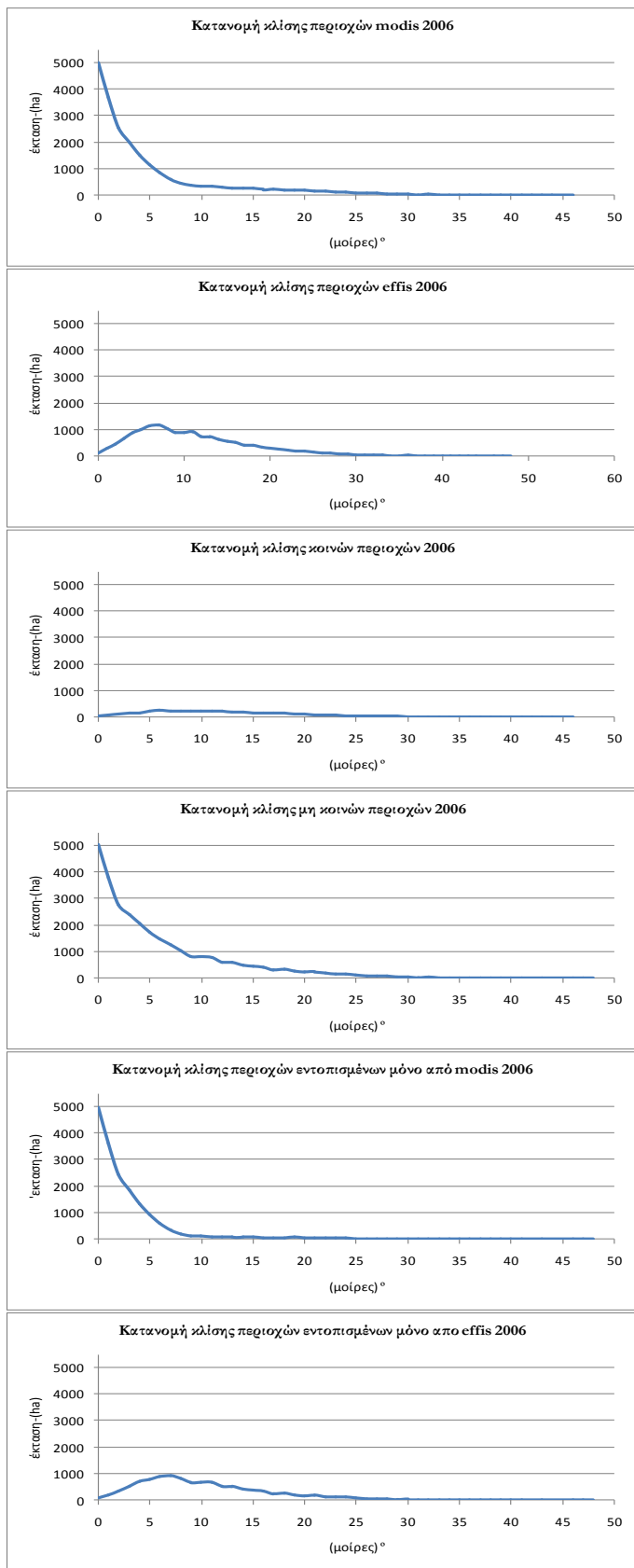
**Πίνακας 34: Κατηγορίες κλίσεων καμένων περιοχών σε σχέση με την ένταση καμένων σε ποσοστά (%).**

Κλίση καμένων περιοχών για το έτος 2006 σε ποσοστό επί της εκατό (%)					
	Κλίση (0-10) <sup>ο</sup>	Κλίση (11-20) <sup>ο</sup>	Κλίση (21-30) <sup>ο</sup>	Κλίση (31-40) <sup>ο</sup>	Κλίση (41-50) <sup>ο</sup>
Modis	83,2	11,4	4,4	1,0	0,1
Effis	53,6	34,7	9,5	2,1	0,1
Κοινές περιοχές	43,9	38,4	13,8	3,6	0,2
Μη κοινές περιοχές	79,3	15,7	4,3	0,7	0,0
Εντοπισμένες από Modis	93,5	4,2	2,0	0,3	0,0
Εντοπισμένες από Effis	57,5	33,2	7,8	1,5	0,1

**Πίνακας 35: Κατηγορίες κλίσεων καμένων περιοχών σε σχέση με την ένταση καμένων σε εκτάρια.**

Κλίση καμένων περιοχών για το έτος 2006 σε εκτάρια (ha)						
	Κλίση (0-10) <sup>ο</sup>	Κλίση (11-20) <sup>ο</sup>	Κλίση (21-30) <sup>ο</sup>	Κλίση (31-40) <sup>ο</sup>	Κλίση (41-50) <sup>ο</sup>	Σύνολο
Modis	18.663	2.553	995	216	13	<b>22.440</b>
Effis	8.730	5.656	1.552	341	19	<b>16.298</b>
Κοινές περιοχές	2.061	1.803	647	170	11	<b>4.692</b>
Μη κοινές περιοχές	23.271	4.603	1.253	217	10	<b>29.354</b>
Εντοπισμένες από Modis	16.602	750	348	46	5	<b>17.751</b>
Εντοπισμένες από Effis	6.669	3.853	905	171	8	<b>11.606</b>

Από τους Πίνακες 34 και 35 έχουμε την ίδια τάση με το έτος 2007 όπου το MODIS έχει χαρτογραφήσει κατά 83% καμένες περιοχές σχεδόν επίπεδες σε σχέση με το EFFIS που έχει καταγράψει 53,6% σαφώς μικρότερο ποσοστό που είναι και η μεγάλη διαφοροποίηση σε σχέση με τον παράγοντα της κλίσης. Για τις κλίσεις από 20<sup>ο</sup> και πάνω παρατηρούμε ότι υπερτερεί σε απόλυτη τιμή ο ευρωπαϊκός οργανισμός παρότι έχει καταγράψει λιγότερες καμένες περιοχές στο σύνολο.



Γράφημα 11: Κατανομή της κλίσης του εδάφους σε σχέση με την συνολική καμένη έκταση.



Συμπεραίνουμε εύκολα ότι για το 2006 έχουμε ακόμα πιο έντονο το φαινόμενο καθώς πάνω από το 80% των καμένων περιοχών του MODIS είναι στις επίπεδες περιοχές. Ενώ για τον EFFIS παρατηρούμε μια καλύτερη κατανομή των καμένων περιοχών στις δυο πρώτες κατηγορίες και στις μεγάλες κλίσεις έχουμε λιγότερες καμένες εκτάσεις. Από το γράφημα φαίνεται παραστατικά το γεγονός ότι το MODIS έχει πολύ μεγάλη κατανομή στα επίπεδα εδάφη και πολύ μικρή σε επικλινή και πολύ επικλινή εδάφη.

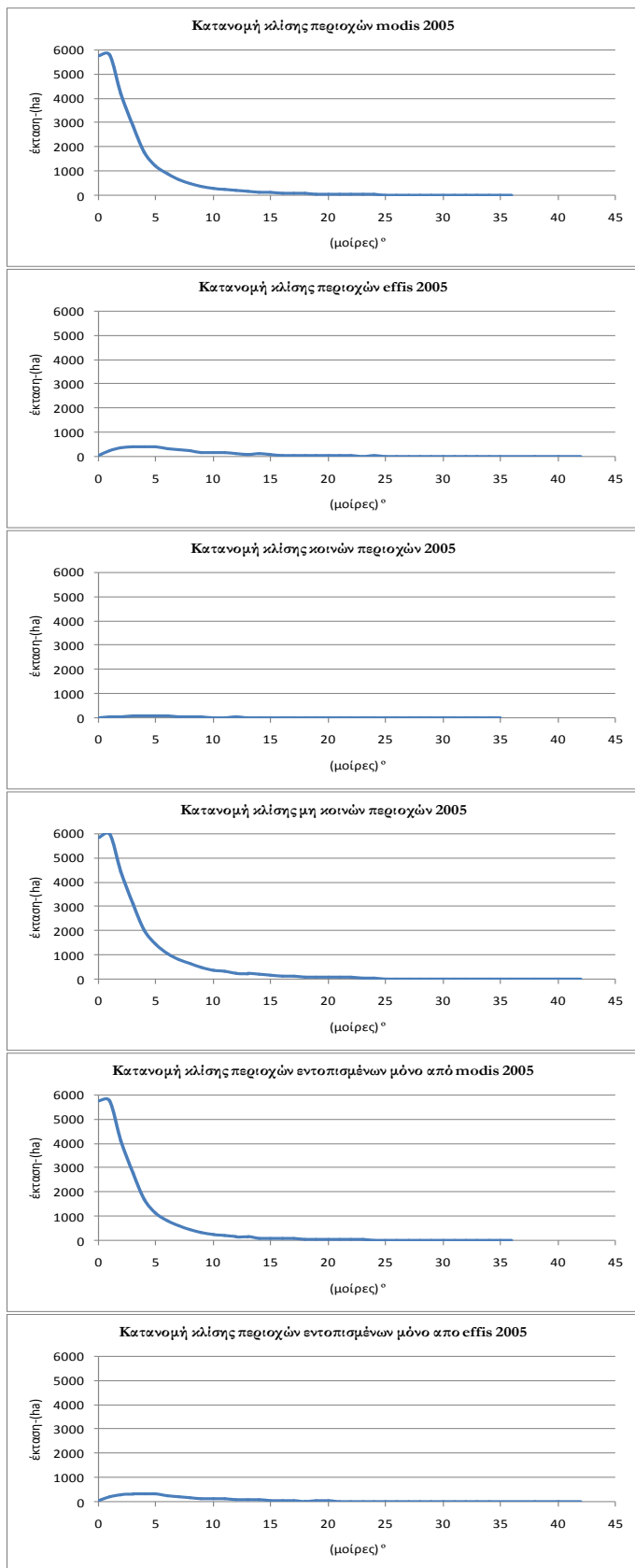
**Πίνακας 36: Κατηγορίες κλίσεων καμένων περιοχών σε σχέση με την έκταση καμένων σε ποσοστά (%).**

Κλίση καμένων περιοχών για το έτος 2005 σε ποσοστό επί της εκατό (%)					
	Κλίση (0-10) <sup>ο</sup>	Κλίση (11-20) <sup>ο</sup>	Κλίση (21-30) <sup>ο</sup>	Κλίση (31-40) <sup>ο</sup>	Κλίση (41-50) <sup>ο</sup>
Modis	93,1	5,3	1,4	0,1	0,0
Effis	72,0	22,1	5,6	0,4	0,0
Κοινές περιοχές	62,2	28,3	8,8	0,7	0,0
Μη κοινές περιοχές	92,1	6,3	1,5	0,1	0,0
Εντοπισμένες από Modis	94,4	4,4	1,1	0,1	0,0
Εντοπισμένες από Effis	75,0	20,1	4,6	0,3	0,0

**Πίνακας 37: Κατηγορίες κλίσεων καμένων περιοχών σε σχέση με την έκταση καμένων σε εκτάρια.**

Κλίση καμένων περιοχών για το έτος 2005 σε εκτάρια (ha)						
	Κλίση (0-10) <sup>ο</sup>	Κλίση (11-20) <sup>ο</sup>	Κλίση (21-30) <sup>ο</sup>	Κλίση (31-40) <sup>ο</sup>	Κλίση (41-50) <sup>ο</sup>	Σύνολο
Modis	24.359	1.392	369	32	0	<b>26.152</b>
Effis	3.246	995	251	17	1	<b>4.510</b>
Κοινές περιοχές	659	300	93	7	0	<b>1059</b>
Μη κοινές περιοχές	26287	1787	434	35	1	<b>28544</b>
Εντοπισμένες από Modis	23.700	1.092	276	25	0	<b>25.093</b>
Εντοπισμένες από Effis	2.587	695	158	10	1	<b>3.451</b>

Από τους Πίνακες 36 και 37 παρατηρείται ακόμα πιο έντονο το φαινόμενο της συγκέντρωσης των περιοχών του MODIS στην πρώτη κατηγορία των κλίσεων που φτάνει στο 93% ένα πολύ υψηλό ποσοστό με το αντίστοιχο του EFFIS στο 72%. Επιπλέον παρατηρούμε στις μη κοινές περιοχές να έχουμε 92% στην πρώτη κατηγορία στα επίπεδα εδάφη δηλαδή. Από την άλλη ο ευρωπαϊκός οργανισμός έχει ανιχνεύσει κατά κύριο λόγο καμένες περιοχές στις δυο πρώτες κατηγορίες δηλαδή μέχρι 20<sup>ο</sup> κλίση.



Γράφημα 12: Κατανομή της κλίσης του εδάφους σε σχέση με την συνολική καμένη έκταση.

Γενικότερα για το έτος 2005 εξακολουθεί να ισχύει το ίδιο φαινόμενο με τι δυο προηγούμενες χρονιές παρότι οι καμένες περιοχές είναι σε πολύ μικρότερη έκταση. Το φαινόμενο είναι ακόμα πιο έντονο καθώς παρατηρούμε ότι πάνω από το 90% των καμένων εκτάσεων κατά MODIS είναι στην πρώτη κατηγορία των επιπέδων εδαφών σε αντίθεση με τον ευρωπαϊκό φορέα που έχει κατά 20% λιγότερες εκτάσεις. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από τις μη κοινές περιοχές που όλες σχεδόν είναι επίπεδες.

Γενικότερα οι κλίσεις των εδαφών των καμένων περιοχών του MODIS έχουν την υψηλή τάση να βρίσκονται στις πρώτες κλάσεις δηλαδή στις μοίρες 0-10 σε αντίθεση με EFFIS.

#### 4.4.4 Ανάλυση με βασικό παράγοντα τον Δείκτη Υγρασίας

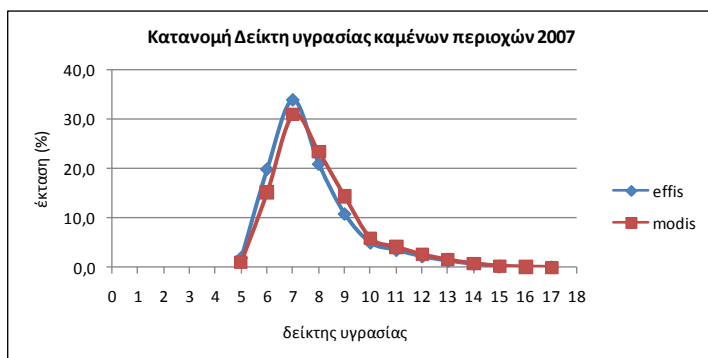
##### Βήματα εργασιών

Προϊόν σε μορφή *shapefile* (MODIS, EFFIS) Αρχείο υψομέτρου ASTER DEM → Εντολή “*Spatial Analyst Tools*” (ArcGis) “*Flow Direction*” → Εντολή “*Flow Accumulation*” → Εντολή «*Raster Calculate*» εφαρμογή τύπου « $As = (\text{συσσώρευση ροής} + 1) * (\text{εμβαδόν εικονοστοιχείου σε μέτρα})$ ».

Στο τέλος της ανάλυσης μας θα εισάγουμε και τον δείκτη υγρασίας. Ο δείκτης εξαρτάται από την κλίση των εδαφών και την συσσώρευση των ροών του νερού σε μια περιοχή. Όσο μεγαλύτερος ο δείκτης τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα συγκράτησης υγρασίας σε μια περιοχή. Στην συνέχεια θα εισάγουμε τον δείκτη στις καμένες περιοχές των δυο συστημάτων σύμφωνα με την μεθοδολογία που έχουμε αναφέρει. Γενικά ο δείκτης υγρασίας μας δίνει πληροφορία για την προοπτική μιας περιοχής δηλαδή πόσο επιρρεπής είναι στο να συγκρατεί την υγρασία.

Πίνακας 38:(Suresh K, 2007) Κατηγορίες του δείκτη υγρασίας σε σχέση με τις μετρήσεις του έτους 2007.

Κλάσεις Δείκτη υγρασίας (WI) σε ποσοστό (%) καμένων περιοχών 2007		
(wi)	Modis	Effis
Χαμηλός (<4)	0,0	0,0
Μεσαίος (4-8)	47,1	55,6
Υψηλός (8-10)	37,7	31,6
Πολύ υψηλός (>10)	15,2	12,8

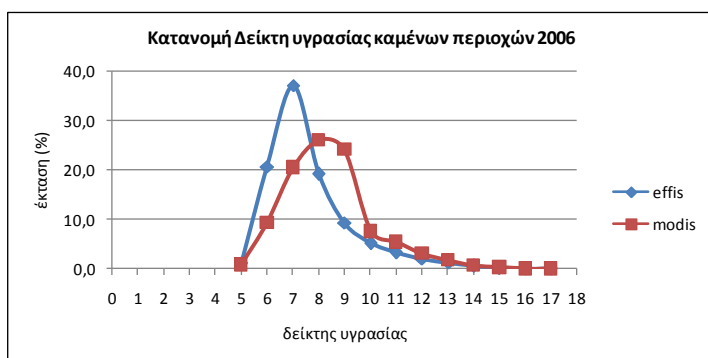


Γράφημα 13: Διάγραμμα κατανομής του δείκτη υγρασίας σε σχέση με το σύνολο τις καμένης έκτασης για το έτος 2007.

Από το Γράφημα 13 και τον Πίνακα 38 για το έτος 2007 παρατηρούμε ότι οι περιοχές MODIS και EFFIS συμφωνούν σχεδόν απόλυτα σε σχέση με τον δείκτη υγρασίας. Στον άξονα ψ έχουμε την έκταση επί της εκατό ποσοστό του συνόλου για κάθε περίπτωση και παρατηρούμε ότι η κατανομή του δείκτη σε σχέση με το σύνολο της έκτασης συμβαδίζει απόλυτα. Το μεγαλύτερο μέρος των καμένων περιοχών και στις δυο περιπτώσεις έχουν δείκτη υγρασίας κοντά στο 7 με 8, δηλαδή το μεγαλύτερο μέρος των καμένων περιοχών το 2007 και των δυο συστημάτων έχουν μεσαίο προς υψηλό δείκτη.

Πίνακας 39: Κατηγορίες του δείκτη υγρασίας σε σχέση με τις μετρήσεις του έτους 2006.

Κλάσεις Δείκτη υγρασίας (WI) σε ποσοστό (%) καμένων περιοχών 2006		
(wi)	Modis	Effis
Χαμηλός (<4)	0,0	0,0
Μεσαίος (4-8)	30,7	59,1
Υψηλός (8-10)	50,2	28,5
Πολύ υψηλός (>10)	19,1	12,4



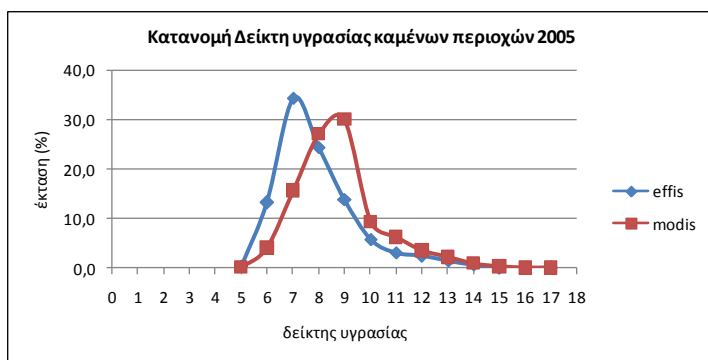
Γράφημα 14: Διάγραμμα κατανομής του δείκτη υγρασίας σε σχέση με το σύνολο τις καμένης έκτασης για το έτος 2006.

Για το έτος 2006 τα δυο συστήματα καταγραφής καμένων περιοχών έχουν σημαντική διαφοροποίηση σε σχέση με την κατανομή του δείκτη, σε σχέση με την έκταση των καμένων περιοχών. Παρατηρούμε ότι οι περιοχές που ανιχνεύτηκαν από το EFFIS στο μεγαλύτερο ποσοστό τους έχουν δείκτη υγρασίας μεσαίας ικανότητας. Αντίθετα οι περιοχές του MODIS έχουν στο μεγαλύτερο ποσοστό υψηλό δείκτη υγρασίας.

**Πίνακας 40: Κατηγορίες του δείκτη υγρασίας σε σχέση με τις μετρήσεις του έτους 2005.**

**Κλάσεις Δείκτη υγρασίας (WI) σε ποσοστό (%) καμένων περιοχών 2005**

(wi)	Modis	Effis
Χαμηλός (<4)	0,0	0,0
Μεσαίος (4-8)	20,0	48,2
Υψηλός (8-10)	57,3	38,3
Πολύ υψηλός (>10)	22,8	13,5



**Γράφημα 15: Διάγραμμα κατανομής του δείκτη υγρασίας σε σχέση με το σύνολο τις καμένης έκτασης για το έτος 2005.**

Παρόμοια με το έτος 2006 είναι τα αποτελέσματα για το 2005 καθώς και στην περίπτωση αυτή έχουμε ανίχνευση από το MODIS μεγαλύτερου ποσοστού εκτάσεων με υψηλό δείκτη υγρασίας από το EFFIS που έχει ισορροπημένα αποτελέσματα σε όλο το φάσμα του δείκτη υγρασίας.

Συμπερασματικά πέρα από το έτος 2007 όπου έχουν σχεδόν απόλυτη ομοιότητα για τα αλλά δυο έτη έχουμε εμφανή τάση στις περιοχές του MODIS για υψηλότερο δείκτη υγρασίας από το EFFIS.

#### 4.5 Σύνοψη, συμπεράσματα και συζήτηση

Τα συμπεράσματα του παρόντος κεφαλαίου συμβαδίζουν κατά πολύ με τα συνολικά συμπεράσματα του συνόλου της εργασίας. Από την σύγκριση που εφαρμόσαμε στα δυο

προϊόντα λάβαμε σημαντικές διαφοροποιήσεις στο σύνολο των καμένων εκτάσεων και στην διαφοροποίηση των χαρτογραφημένων καμένων περιοχών. Επιπλέον σημαντικές είναι διαφοροποιήσεις που έχουμε και στις κατηγορίες των καμένων περιοχών των δυο συστημάτων. Παρόμοια διαφοροποίηση με μικρότερη τάση έχουμε στα υψόμετρα των περιοχών και στον δείκτη υγρασίας. Επίσης για τον παράγοντα της έκθεσης των εδαφών έχουμε την μικρότερη τάση διαφοροποίησης μεταξύ των καμένων περιοχών κατά EFFIS & MODIS. Τελευταία ο παράγοντας των χρήσεων γης έχει εμφανή διαφοροποίηση μεταξύ των δυο προϊόντων.

Ανάλογη εργασία για την περιοχή της Ελλάδας έχει γίνει για την πυρική περίοδο 2007 από τον Boschetti L. το 2008, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως. Στην εργασία αυτή έχουμε σαφείς διαφοροποιήσεις στο σύνολο των καμένων εκτάσεων μεταξύ των δυο προϊόντων MCD45 & EFFIS. Δηλαδή υπάρχει σημαντική απόκλιση στο σύνολο των χαρτογραφημένων καμένων περιοχών για το έτος 2007 και στις δύο εργασίες. Η παρούσα εργασία επεκτάθηκε στην ανάλυση και σύγκριση σε επιπλέον δύο έτη το 2006 και το 2005 για την περιοχή της Ελλάδας. Επίσης εισήγαγε στην ανάλυση πέρα από το σύνολο των καμένων εκτάσεων τους παράγοντες: χρήσεις γης, υψόμετρο, κλίση, έκθεση και δείκτη υγρασίας.

Η σύγκριση των δυο προϊόντων έδωσε αποτελέσματα που αναδεικνύουν σημαντικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με την έκταση, τις χρήσεις γης, το υψόμετρο, την κλίση, την έκθεση και τον δείκτη υγρασίας. Οι διαφοροποιήσεις αυτές κατά πάσα πιθανότητα οφείλονται στην διαφορετική χωρική ανάλυση και στα διαφορετικά φασματικά κανάλια των δυο προϊόντων. Καθώς ναί μεν τα δυο συστήματα χρησιμοποιούν τους ίδιους δορυφόρους TERRA & AQUA αλλά με διαφορετικά φασματικά κανάλια και διαφορετική χωρική ανάλυση (Προϊόν του MODIS 500 μέτρα & Προϊόν του EFFIS 250 μέτρα). Δίνεται με αυτό τον τρόπο μια πιθανή εξήγηση για τα διαφορετικά αποτελέσματα καθώς όπως είναι γνωστό η χωρική ανάλυση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα, την ακρίβεια και την λεπτομέρεια ενός προϊόντος, όπως είναι τα προϊόντα δορυφορικής τηλεπισκόπησης. Επιπλέον μια πιθανή εξήγηση των διαφορών που αναδείχτηκαν έχει να κάνει με τον αλγόριθμο, τις επεξεργασίες και τις μάσκες που εφαρμόζουν οι επιστημονικές ομάδες του MODIS & EFFIS αντίστοιχα. Δηλαδή την μεθοδολογία και την επιλογή των καμένων περιοχών σύμφωνα με την αρχική κάλυψης τους και την χρήση γη τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 –ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

### 5.1. Εισαγωγή

Τελειώνοντας την εργασία είναι σημαντικό να ανέρθουμε συνολικά στα συμπεράσματα που αποκομίσαμε από όλο το εύρος της μεθοδολογίας και τις ανάλυσης. Τα συμπεράσματα και η προοπτική μιας εργασίας είναι πολύ σημαντικά στοιχεία μιας ολοκληρωμένης έρευνας.

### 5.2. Συμπεράσματα

Αρχικά μπορούμε να πούμε ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα δυο προϊόντα πυρανίχνευσης και καταγραφής τουλάχιστον για τα τρία έτη που μελετήθηκαν και την συγκεκριμένη περιοχή. Υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση για την συνολική έκταση των πυρκαγιών για κάθε χρονιά που δίνει το κάθε σύστημα. Ειδικά τα έτη 2005 και 2006 έχουμε μεγάλη διαφοροποίηση στα αποτελέσματα των δυο συστημάτων σε σύγκριση με το τελευταίο έτος όπου οι τεχνολογίες συγκλίνουν κατά κάποιο τρόπο και έχουμε αύξηση κατά μεγάλο ποσοστό των κοινών περιοχών. Επιγραμματικά οι χαρτογραφημένες καμένες περιοχές από τα δυο συστήματα είχαν διαφορετικό αποτέλεσμα και σε επίπεδο συνολικών καμένων εκτάσεων αλλά και σε διαφορετικότητα των χαρτογραφημένων πυρκαγιών .

Σε σχέση με τις χρήσεις γης έχουμε την πολύ σημαντική παρατήρηση η οποία έχει να κάνει με μια σημαντική και εμφανή διαφοροποίηση. Το MODIS έχει χαρτογραφήσει πολύ περισσότερες καμένες περιοχές με χρήση γης «γεωργικές περιοχές» σε σχέση με το EFFIS. Το ευρωπαϊκό σύστημα έχει καταγράψει μεγαλύτερο ποσοστό δασικών περιοχών από ότι γεωργικών και τις 3 χρονιές σε αντίθεση με το MODIS που έχει καταγράψει τα ακριβώς αντίθετα αποτελέσματα. Μια πιθανή εξήγηση έχει να κάνει με τον αλγόριθμο του MODIS ο οποίος δεν έχει αποκλείσει τις αγροτικές εργασίες από τις καταστροφικές φωτιές που μας ενδιαφέρουν. Το EFFIS έχει καταγράψει και τις τρεις χρονιές περισσότερες περιοχές δασικές σε σχέση με τις αγροτικές που φαίνεται και ως πιο λογικό καθώς και στόχος μας είναι οι πυρκαγιές που συμβαίνουν στις δασικές-φυσικές περιοχές. Πιο συγκεκριμένα στην χρήση γης «Μη αρδευόμενες αροτραίες εκτάσεις» οι χαρτογραφημένες κατά MODIS καμένες περιοχές και για τα τρία έτη είναι πολύ περισσότερες από το EFFIS. Επιπλέον για την χρήση γης «Μεταβατικές

δασικές – θαμνώδεις εκτάσεις» οι καταγραφές του EFFIS και για τα τρία έτη είναι σαφώς παραπάνω από αυτές του MODIS. Όμοια για την χρήση γης «Κωνοφόρα δάση» το EFFIS έχει πάντα μεγαλύτερο μέγεθος χαρτογραφημένων ως καμένων περιοχών.

Τα συμπεράσματα σε σχέση με το υψόμετρο των καμένων χαρτογραφημένων περιοχών. Διακρίνεται μια δυνατή τάση οι περιοχές του MODIS να έχουν μεγαλύτερο ποσοστό περιοχών με χαμηλό υψόμετρο σε σχέση με το EFFIS εκτός από το έτος 2006 όπου έχουμε ισορροπημένα αποτελέσματα μεταξύ των δυο. Ο μέσος όρος του υψομέτρου των καμένων περιοχών του EFFIS για τα έτη 2007 και 2005 υπερτερεί των περιοχών του MODIS, σε αντίθεση με το έτος 2006 όπου έχουμε αντίθετα αποτελέσματα. Επιπλέον οι περιοχές που έχει χαρτογραφήσει μόνο το MODIS και για τα τρία έτη έχει σαφώς μικρότερο μέσο όρο από τις περιοχές που έχει χαρτογραφήσει μόνο το EFFIS.

Σε σχέση με την έκθεση των καμένων περιοχών τα αποτελέσματα και η σύγκριση δίνει ουδέτερα αποτελέσματα καθώς οι διαφοροποιήσεις είναι ελάχιστες μεταξύ των δυο συστημάτων. Μια μικρή τάση διακρίνεται για τα δυο από τα τρία έτη στις επίπεδες περιοχές όπου το αμερικανικό δορυφορικό σύστημα χαρτογραφεί περισσότερες περιοχές από το ευρωπαϊκό.

Η ιδιότητα της κλίσης των καμένων περιοχών μας δίνει την μεγαλύτερη στατιστική διαφοροποίηση καθώς οι περιοχές του MODIS δίνουν κατά πολύ μεγαλύτερο ποσοστό περιοχές με μικρή κλίση δηλαδή ( $0^{\circ}$ - $10^{\circ}$ ) σε αντίθεση με το άλλο σύστημα που έχει μεγαλύτερη διασπορά στις διαφορές τιμές των κλίσεων. Η συγκεκριμένη τάση επικρατεί εμφανώς και για τις τρεις χρονιές με πιθανή εξήγηση έχει να κάνει στο γεγονός ότι οι γεωργικές περιοχές κατά κανόνα έχουν μικρότερες κλίσεις από τις δασικές. Επιπλέον για την κατηγορία ( $11^{\circ}$ - $20^{\circ}$ ) τα ποσοστά επί του συνόλου των χαρτογραφημένων περιοχών του EFFIS είναι και για τα τρία έτη αυξημένα σε σχέση με τα αντίστοιχα του MODIS. Όμοια αποτελέσματα παρατηρούνται και στην επομένη κατηγορία ( $21^{\circ}$ - $30^{\circ}$ ).

Ο τελευταίος παράγοντας του δείκτη υγρασίας για το έτος 2007 μας δίνει μια στατιστική ομοιότητα μεταξύ των δυο συστημάτων. Για τα άλλα δυο έτη παρατηρούμε ότι οι περιοχές του ευρωπαϊκού συστήματος χαρτογράφησης έχουν μικρότερη τάση να συγκρατούν υγρασία σε σχέση με το άλλο σύστημα το οποίο έχει περισσότερες περιοχές με μεγαλύτερες τιμές του δείκτη υγρασίας.



### 5.3. Προτάσεις για μελλοντική συνέχιση της εργασίας

Η παρούσα ανάλυση μπορεί να έχει συνέχεια και προοπτική για περαιτέρω ανάπτυξη της έρευνας. Εφαρμόστηκε η μεθοδολογία με σταθερούς παράγοντες χρήσεις γης, υψόμετρο, κλίση, έκθεση και δείκτη υγρασίας. Υπάρχει η προοπτική και η δυνατότητα να γίνει αλλαγή στην μεθοδολογία που ακολουθήσαμε, στα βήματα έτσι ώστε να καταλήξουμε στα αποτελέσματα, δηλαδή υπάρχει περιθώριο για διαφορετική εκτέλεση της ανάλυσης. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα να εισάγουμε και νέους σταθερούς παράγοντες πέρα από αυτούς που έχουμε αναδείξει, όπως: κλιματολογικοί υγρασία, άνεμος, ηλιοφάνεια και θερμοκρασία. Άλλη μια πρόταση είναι να επικεντρωθούμε σε μια συγκεκριμένη πυρκαγιά σε συγκεκριμένη περιοχή η οποία έχει μεγάλη σημαντικότητα και να αναδείξουμε αποτελέσματα και τις αναλύσεις για την συγκεκριμένη περίπτωση σε σχέση με το σύνολο. Άλλη δυνατότητα μελέτης μπορεί να γίνει σε δυο φάσεις: στην πρώτη θα γίνει οι ίδια ανάλυση αλλά μόνο για τις περιοχές με κάλυψη γης «δασικές περιοχές», σε δεύτερη φάση να γίνουν οι αναλύσεις στις περιοχές με τις υπόλοιπες χρήσεις γης. Επιπλέον υπάρχει δυνατότητα να εισάγουμε δεδομένα για άλλες χρονιές πέρα από τα 2007, 2006 και 2005 ίσως για πιο πρόσφατες χρονιές έτσι ώστε να αναδειχθούν και οι αναβαθμίσεις που γίνονται συνεχώς στα δυο συστήματα ανίχνευσης γενικά αλλά και σε σχέση με τον αλγόριθμο καταγραφής. Άλλη πρόταση έχει να κάνει με του σταθερούς παράγοντες της μελέτης, τους οποίους μπορούμε να το εισάγουμε στην εργασία με καλύτερη χωρική ανάλυση, δηλαδή με υψηλότερη ποιότητα, με αυτό τον τρόπο θα έχουμε αποτελέσματα με μεγαλύτερη ακρίβεια. Επιπλέον θα μπορούσαμε να εργαστούμε με χαρτογραφημένες καμένες περιοχές των τελευταίων ετών όπου και οι δορυφορικές τεχνολογίες έχουν εξελιχτεί κατά πολύ και παρέχονται τα προϊόντα με καλύτερη χωρική ανάλυση και βελτιωμένο αλγόριθμο. Επιπλέον μια επέκταση της εργασίας έχει να κάνει με την περιοχή μελέτης. Είναι δυνατό να επεκταθούμε πέρα από τον Ελληνικό χώρο και για παράδειγμα να μελετήσουμε όλες τις περιοχές της Μεσογείου οι οποίες ως γνωστό αντιμετωπίζουν το πρόβλημα των πυρκαγιών σε έντονο βαθμό.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **1. ΕΛΛΗΝΙΚΗ**

- Καρτέρης, Μ. Α., (2004): Τηλεπισκόπηση Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη: Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο
- Καρτάλης Κ., Φείδας Χ., (2006): Αρχές & εφαρμογές δορυφορικής Τηλεπισκόπησης, Εκδόσεις «Β. Γιούρδαφ», Αθήνα, 2, 550 – 559
- Κούτσιας Ν., Καρτέρης Μ., Καλαμποκίδης, (2001): Χωρική πολυμεταβλητή εκτίμηση μακροπρόθεσμης δασικής πυρο-επικινδυνότητας σε εθνική γεωγραφική κλίμακα, Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Τόμος ΜΑ/1998
- Μιχελάκης Δ., (2010): Άρθρα Τηλεπισκόπηση, <http://www.gistech.gr/>
- Μιχελάκης Δημήτρης, (2010): ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ - Η ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ
- Μέρτικας Σ., (2006): Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας, Αθήνα, Εκδόσεις «ΙΩΝ», 1
- Φωτίου Α, Λιβιεράτος, Ε. (2000): Ελλειψοειδής Γεωδαισία & Γεωδαιτικά Δίκτυα, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ζήτη, σελ. 116-117

### **2. ΔΙΕΘΝΗΣ**

- Agee J.K., (1993): Fire Ecology of Pacific Northwest forests, Island Press, Washington, D.C.
- Barbosa, P.M., Gregoire, J.-M. and Pereira, J.M.C. (1999): An algorithm for extracting burned areas from time series of AVHRR GAC data applied at a continental scale. Remote Sensing of Environment, 69, pp. 253–263
- Beven, K. J., Kirkby, M. J., (1979): A Physically Based, Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology. Hydrological Sciences Bulletin

- Boschetti L., Roy D., Barbosa P., Boca R., Justice C., (2008): A Modis assessment of the summer 2007 extent burned in Greece, *Journal international of Remote Sensing*, 29: 8, 2433 – 2436
- Brigitte Leblon, (2001): Forest wildfire hazard monitoring using remote sensing: A review, *Remote Sensing Reviews*
- Chandler, C., P. Cheney, P. Thomas, L. Traband, and D. Williams, (1983): Fire in Forestry, Volume I. Forest Fire Behavior and Effects, A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons, 449
- Chirici G, Corona P, (2005): An overview of passive remote sensing for post-fire monitoring, 282-289. [online] URL: <http://www.sisef.it/>
- Chou, Y.H., (1992<sup>a</sup>): Status report USFS/UCR joint research on wildland fire Management, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 58(8),1245-1248
- Chou, Y.H., (1992<sup>b</sup>): Management of wildfires with a geographical information system, *International Journal of Geographical Information Systems*, 6:123-140
- Chou, Y.H., R.A. Minnich, L.A. Salazar, J.D. Power and R.J. Dezzani, (1990): SpatialAutocorrelation of Wildfire Distribution in the Idyllwild Quadrangle, SanJacinto Mountain, California, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*,56:1507-1513
- Chuvieco, E., Martin, M.P. and Palacios, A. (2002): Assessment of different spectral indices in the red–near-infrared spectral domain for burned land discrimination. *International Journal of Remote Sensing*, 23, pp. 5103–5110
- C.O. Justicea, L. Gigliob, S. Korontzia, J. Owensa, J.T. Morisettec, D. Roya, J. Descloitresb, S. Alleaumed, F. Petitcoline, Y. Kaufmanc, (2002): The MODIS fire products, *Remote Sensing of Environment* 83,244–262
- David P. Roy and Luigi Boschetti, (2009): Southern Africa Validation of the MODIS, L3JRC,and GlobCarbon Burned-Area Products, *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*, VOL. 47, NO. 4
- Eduardo E. Maeda, Gustavo F.B. Arcoverde, Petri K.E. Pellikka, Yosio E. Shimabukuro, (2010): Fire risk assessment in the Brazilian Amazon using MODIS imagery and change vector analysis, *Applied Geography*
- European Communities, (2006): Forest Fires in Europe 2005, Report No 6

- European Communities, (2007): Forest Fires in Europe 2006, Report No 7
- European Communities, (2008): Forest Fires in Europe 2006, Report No 8
- Gessler, P.E., I.D. Moore, N.J. McKenzie, and P.J. Ryan, (1995): Soil-landscape modeling and spatial prediction of soil attributes. *International Journal of GIS*. Vol 9, No 4, 421-432
- Jonathan C.B. Nesmitha, Anthony C. Capriob, Anne H. Pfaff c, Thomas W. McGinnisc, Jon E. Keeleyc,(2011): A comparison of effects from prescribed fires and wildfires managed for resource objectives in Sequoia and Kings Canyon National Parks, *Forest Ecology and Management*
- Kozłowski T.T., C.E Ahlgren, (1974): *Fire and Ecosystems*, Academic Press, New York, USA
- Koutsias, N., Karteris, M., Fenandez-Palacios, A., Navarro, C., Jurado, J., Navarro, R., & Lobo, A. (1999): Burnt land mapping at local scale. In E. Chuvieco (Ed.), *Remote sensing of large wildfires in the European Mediterranean basin* ( pp. 159–187). Berlin: Springer-Verlag
- Louis Giglio<sup>a,b,\*</sup>, Jacques Desclotresa, Christopher O. Justicec, Yoram J. Kaufman, (2003): An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS, *Remote Sensing of Environment*
- Luigi Boschetti, David Roy, Anja A. Hoffmann, (2009): MODIS Collection 5 Burned Area Product - MCD45, Version 2
- Maria Vanda, (2005): *IMAGE2000 and CLC2000 Products and Methods*, European Environment Agency
- Moore, ID., Gessler, P.E., Nielsen, G.A., and Petersen, G.A., (1993): Terrain attributes: estimation methods and scale effects. In *Modeling Change in Environmental Systems*, edited by A.J. Jakeman M.B. Beck and M. McAleer (London: Wiley), pp. 189 - 214
- Pyne S.J., Andrews P.L, and Laven R.D, (1996): *Introduction to Wildland Fire*, second edition. John Wiley & Sons, Inc, New York
- Rees, W. G., (2001). *Physical Principles Of Remote Sensing*. Cambridge: Cambridge University Press

- Rouse, J.W., JR., Haas, R.H., Deering, D.W., Schell, J.A. and Harlan, J.C. (1974): Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. NASA/GSFC Type III Final Report (Greenbelt, MD: NASA)
- Salvador R, Pons X, (1995): The role of fire in a Mediterranean area as a long term landscape modifier, In: Chuvieco E (ed) Remote Sensing and GIS applications to forest fire management, Universidad de Alcalá de Henares, Spain, pp 69-71
- Stroppiana, D., Pinnock, S., Pereira, J.M.C. and Gregoire, J.-M., (2002): Radiometric analysis of SPOT-VEGETATION images for burnt area detection in Northern Australia. Remote Sensing of Environment, 82, pp. 21–37
- Suresh Kumar, Anil Kumar, S. K. Saha, Ajay Kumar, (2007): Stereo Cartosat-1 Satellite Remote Sensing Data in Assessing Topographic Potential of Soil Erosion, p. 163
- Trigg S. and Flasse S., (2000): Characterising the spectral–temporal response of burned savannah using in situ spectroradiometry and infrared thermometry. International Journal of Remote Sensing, 21, pp. 3161–3168
- White JD, Ryan KC, Key CC, S.W., Running, (1996): Remote sensing of forest fire severity and vegetation recovery. International Journal of Wildland Fire 6, 125–136.Z

### 3. ΣΥΔΕΣΜΟΙ

- WWW1: MODIS WEB,(2010): NASA, <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/>
- WWW2:MODIS LAND, (2011): NASA, <http://modis-land.gsfc.nasa.gov/index.htm>
- WWW3: EFFIS WEB, (2011), <http://effis.jrc.ec.europa.eu/about>
- WWW4: EFFIS WEB, (2011), <http://effis.jrc.ec.europa.eu/about/brief-history>
- WWW5: EFFIS WEB, (2011), <http://effis.jrc.ec.europa.eu/about/technical-background/rapid-damage-assessment>
- WWW6: <http://asterweb.jpl.nasa.gov/>
- WWW7: <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>
- WWW8: <http://www.eea.europa.eu/>, Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος