

Επίπεδο 4 Εκτίμηση κινδύνου από ακραία καιρικά φαινόμενα που έχουν το δυναμικό να προκαλέσουν καταιγιδοφόρα επεισόδια.

Η καταιγίδα αποτελεί μέχρι σήμερα ένα δύσκολο φαινόμενο σε ότι αφορά την πρόβλεψή της. Τα επιχειρησιακά μοντέλα πρόγνωσης καιρού από μόνα τους δεν μπορούν να εκτιμήσουν πάντα ορθά τον τόπο και το χρόνο εκδήλωσης των έντονων φαινομένων που τη συνοδεύουν (Cohuet κ.α. 2010). Η διαδικασία ανάπτυξης των καταιγίδων αρχικά περιλαμβάνει συνθήκες που οδηγούν στην δημιουργία έντονων ανοδικών κινήσεων, οι οποίες ακολουθούνται από την δημιουργία νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, τα οποία στη συνέχεια καθίστανται καταιγιδοφόροι πυρήνες (Pajek κ.α. 2007). Η αναγνώριση των συνθηκών που ευνοούν την ανάπτυξη καταιγιδοφόρων συστημάτων, δηλαδή ο εντοπισμός καταιγιδοφόρων πυρήνων αλλά και η ανάλυσή τους μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση δορυφορικών εικόνων, συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στη βελτίωση της πρόγνωσης περιπτώσεων εκδήλωσης ακραίων καιρικών φαινομένων.

Προσπάθειες για τον έγκαιρο εντοπισμό των καταιγιδοφόρων πυρήνων έχουν πραγματοποιηθεί με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων (Feidas & Cartalis 2001; Feidas & Cartalis 2005). Οι δορυφορικές εικόνες καθώς και οι συνδυαστικοί δείκτες που προκύπτουν από το συνδυασμό δορυφορικών καναλιών και που αναδεικνύουν φυσικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, τα οποία δεν είναι ευδιάκριτα από μια απλή δορυφορική εικόνα, έχουν χρησιμοποιηθεί σε μελέτες για την ανάλυση και τον εντοπισμό των καταιγιδοφόρων πυρήνων στην Ευρώπη (Feidas 2012; Pajek κ.α. 2007). Οι Gallino & Turato (2006) πρότειναν τη χρήση του συνδυαστικού δείκτη Convection, ο οποίος περιλαμβάνει τα απαραίτητα κανάλια για την αποτύπωση των έντονων ανοδικών κινήσεων, ενώ οι Putsay κ.α. (2009) εκτός από το δείκτη Convection για την ανάλυση μιας περίπτωσης εμφάνισης καταιγιδοφόρων πυρήνων στην Ουγγαρία χρησιμοποίησαν και τον δείκτη Airmass.

Η Μεσόγειος πλήττεται συστηματικά από έντονη κακοκαιρία που συνδέεται με την ανάπτυξη καταιγιδοφόρων πυρήνων με εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων στην επιφάνεια (Cohuet κ.α. 2011). Οι πλημμύρες έχουν αναγνωριστεί ως ένας από τους σημαντικότερους κινδύνους που μπορεί να προκαλέσουν μερικές καταστροφές ή και να ευθύνονται για την ολική καταστροφή περιοχών πολιτιστικής κληρονομιάς. Στην Ελλάδα υπάρχει πληθώρα αρχαιολογικών χώρων ευάλωτων σε πλημμύρες που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. (Mentzafou A & Dimitriou E. 2022) Τα παραπάνω, μαζί με την ανάγκη διασφάλισης της ασφάλειας των επισκεπτών/τουριστών, φανερώνουν την ανάγκη για έγκαιρη εκτίμηση πιθανής ανάπτυξης τους. Στο παραδοτέο αυτό αναπτύσσεται μια μεθοδολογία βασισμένη σε δορυφορικά δεδομένα για τον έγκαιρο εντοπισμό και την παρακολούθηση των καταιγιδοφόρων πυρήνων που έχουν το δυναμικό να προκαλέσουν καταιγιδοφόρα επεισόδια.

Οι μεθοδολογία βασίζεται στη χρήση δεδομένων από τους δορυφόρους Meteosat Second Generation (MSG) της EUMETSAT, οι οποίοι παρέχουν δεδομένα ανά τέταρτο (ή ανά πέντε λεπτά), με χωρική διακριτική ικανότητα 3 km σε δώδεκα φασματικά κανάλια. Με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων Meteosat είναι δυνατή η εξαγωγή πληροφοριών για τα κρίσιμα χαρακτηριστικά που μπορεί να οδηγήσουν στην εκδήλωση ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως το οπτικό πάχος των

νεφών, το μέγεθος και τη φάση των σωματιδίων του νέφους, η υγρασία στην ατμόσφαιρα, η θερμοκρασία της κορυφής των νεφών, η συνένωση ή η διάσπαση καταιγιδοφόρων πυρήνων κ.α. Για την εξαγωγή των πληροφοριών αυτών, απαιτείται η δημιουργία συνδυασμών των φασματικών καναλιών στο ορατό και στο υπέρυθρο φάσμα. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται οι συνδυαστικοί δείκτες Airmass και Convection. Στη συνέχεια παρατίθενται η εφαρμογή της μεθοδολογίας σε δύο περιπτώσεις εκδήλωσης ακραίων φαινομένων, τα οποία έπληξαν εκτεταμένες περιοχές στην Ελλάδα (περιλαμβάνοντας και αρχαιολογικούς χώρους), προκαλώντας πλημμύρες, υλικές καταστροφές, ακόμη και την απώλεια ανθρωπίνων ζωών.

Οι δορυφόροι Meteosat

Οι δορυφόροι Meteosat αποτελούν τους πιο σημαντικούς μετεωρολογικούς δορυφόρους, οι οποίοι λειτουργούν υπό την αιγίδα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Μετεωρολογικών Δορυφόρων (EUMETSAT). Το κύριο όργανο που διαθέτουν οι Meteosat δεύτερης γενιάς είναι ο απεικονιστής με την ονομασία SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager). Αυτός παρακολουθεί τη γη σε 12 διαφορετικές φασματικές περιοχές (Εικόνα 1), ενώ καταγράφει και στέλνει τα δεδομένα κάθε 5 (rapid scan) και 15 λεπτά. Για να αξιοποιήσουμε την πληροφορία που παρέχεται από το δορυφόρο Meteosat σε ότι αφορά το οπτικό πάχος των νεφών, το μέγεθος και τη φάση των σωματιδίων του νέφους, την υγρασία στην ατμόσφαιρα και την θερμοκρασία της κορυφής των νεφών, απαιτείται η δημιουργία συνδυασμών των καναλιών στο ορατό και στο υπέρυθρο φάσμα.

Αριθμός Καναλιού	Φασματική Ζώνη (μm)	Εφαρμογή
1	VIS0.6	Surface, clouds, wind fields <i>Τα διάφανα νέφη αποτυπώνονται καλύτερα στο κανάλι VIS 0.6 εξαιτίας της μικρότερης επιφανειακής ανακλαστικότητας</i>
2	VIS0.8	Surface, clouds, wind fields <i>Στο κανάλι VIS 08 αποτυπώνονται καλύτερα τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας εξαιτίας της αυξημένης ανακλαστικότητας του εδάφους και της βλάστησης.</i>
3	NIR1.6	Surface, cloud phase <i>Διαφορετική αποτύπωση των νεφών από παγοκρυστάλλους και των νεφών από υδροσταγονίδια . Μεγαλύτερη απορρόφηση στη φάση του πάγου</i>
4	IR3.9	Surface, clouds, wind fields <i>Η ανάκλαση στο IR3.9 παρουσιάζει ευαισθησία στο μέγεθος των σωματιδίων</i>
5	WV6.2	Water vapor, high level clouds, atmospheric instability <i>Εντοπίζει την υγρασία στο στρώμα 500-200 hPa</i>
6	WV7.3	Water vapor, atmospheric instability <i>Εντοπίζει την υγρασία στο στρώμα 700-400 hPa</i>
7	IR8.7	Surface, clouds, atmospheric instability <i>Ατμοσφαιρικό παράθυρο</i>
8	IR9.7	Ozone <i>Χρήσιμο για τον εντοπισμό υψηλής συγκέντρωσης στρατοσφαιρικού όζοντος.</i>
9	IR10.8	Surface, clouds, wind fields, atmospheric instability <i>Ατμοσφαιρικό παράθυρο</i>
10	IR12.0	Surface, clouds, atmospheric instability <i>Ατμοσφαιρικό παράθυρο</i>
11	IR13.4	Cirrus cloud height, atmospheric instability

Εικόνα 1 Σύνδεση των φασματικών καναλιών με φυσικές ιδιότητες των νεφών και των αερίων μαζών

Στον Πίνακα 1 παρατίθενται τα φασματικά κανάλια (και οι διαφορές τους) που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό παραμέτρων που επιτρέπουν τον εντοπισμό και τη μελέτη των καταιγδοφόρων πυρήνων. Σημειώνεται ότι η χρονική διακριτική ικανότητα των δορυφορικών δεδομένων είναι της τάξης των 5-15 λεπτών γεγονός που επιτρέπει την επιχειρησιακή παρακολούθηση των καταιγδοφόρων συστημάτων και την υποστήριξη του nowcasting. Αντίθετα η μέτρια χωρική διακριτική ικανότητα αν και επιτρέπει τον εντοπισμό των καταιγδοφόρων πυρήνων, εντούτοις περιορίζει τη δυνατότητα ακριβούς εντοπισμού της θέσης τους και συνεπώς του ακριβούς εντοπισμού της περιοχής εκδήλωσης των ακραίων φαινομένων στην επιφάνεια. Κατά συνέπεια πρόκειται για τη συνδυαστική αξιοποίηση της χωρικής, της χρονικής και της φασματικής διακριτικής ικανότητας που συμβάλλει στην αναγνώριση των καταιγδοφόρων πυρήνων καθώς και στην παρακολούθηση της εξέλιξης τους χωρικά και χρονικά.

Πίνακας 1 Σύνδεση των διαφορών των φασματικών καναλιών με φυσικές ιδιότητες των νεφών και των αερίων μαζών

Φασματικό κανάλι/Διαφορά φασματικών καναλιών	Παράμετρος
VIS0.6, VIS 0.8	Οπτικό πάχος και περιεχόμενο σε νερό/πάγο
NIR1.6, IR3.9	Μέγεθος υδροσταγόνων/παγοκρυστάλλων και φάση νεφοσταγονιδίων
IR8.7, IR10.8, IR12	Θερμοκρασίας κορυφής νέφους
WV6.2-WV7.3	Διάκριση μέσων και υψηλών νεφών λόγω εντοπισμού ύψους κορυφής
IR3.9-IR10.8	Οπτικό πάχος, φάση και μέγεθος νεφοσταγονιδίων. Διαχωρισμός χαμηλών νεφών από θάλασσα.
NIR1.6-VIS0.6	Φάση νεφοσταγονιδίων στην κορυφή του νέφους
IR9.7-IR10.8	Διαχωρισμός μεταξύ μαζών πλούσιων και πτωχών σε όζον.

Συνδυαστικοί δείκτες

Οι συνδυαστικοί δείκτες είναι συνδυασμός δορυφορικών καναλιών που αναδεικνύουν φυσικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, τα οποία δεν είναι ευδιάκριτα από μια απλή δορυφορική εικόνα. Στον Πίνακα 2 αποτυπώνεται το σύνολο των πιο διαδεδομένων σύνθετων δεικτών που προκύπτουν από το συνδυασμό των καναλιών των δορυφόρων MSG.

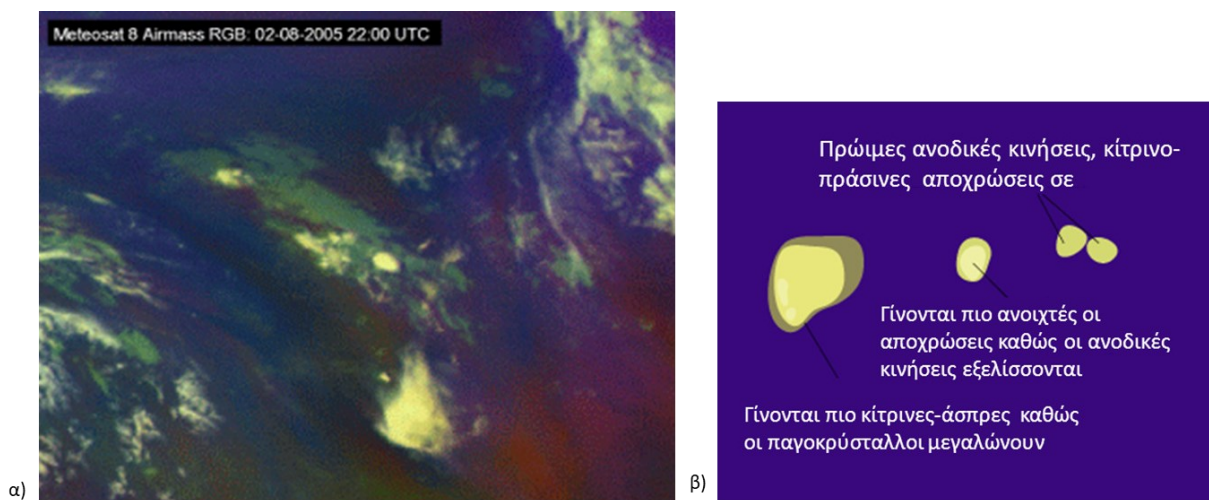
Πίνακας 2 Συνδυαστικοί δείκτες με τη χρήση των καναλιών των δορυφόρων MSG

Συνδυαστικοί Δείκτες	Κανάλια	Βασικές Εφαρμογές
Airmass	WV6.2-WV7.3, IR9.7-IR10.8, WV6.2i	Κυκλογέννηση, Αεροχείμαρρος, Αέριες μάζες
Convection	WV6.2-WV7.3, IR3.9-IR10.8, NIR1.6-VIS0.6	Καταιγδοφόρα συστήματα, ανοδικές κινήσεις
Natural Colors	NIR1.6, VIS0.8, VIS0.6	Γήινη Επιφάνεια (βλάστηση, έρημος, χιόνι, κλπ.), Χαμηλά Νέφη
Snow - Fog	VIS0.8, NIR1.6, IR3.9r	Χιόνι, Ομίχλη, Χαμηλά νέφη
Day microphysics	VIS0.8, IR3.9r, IR10.8	Ανάλυση νεφών, Ανοδικές κινήσεις, Πυρκαγιές
Night Microphysics	IR12-IR10.8, IR10.8-IR3.9, IR10.8	Ανάλυση νεφών, Ομίχλη, Χιόνι
24hr Cloud Microphysics	IR 12.0-IR10.8,IR10.8-IR8.7, IR10.8	Ανάλυση νεφών, Σκόνη

Συνδυαστικός δείκτης Airmass RGB

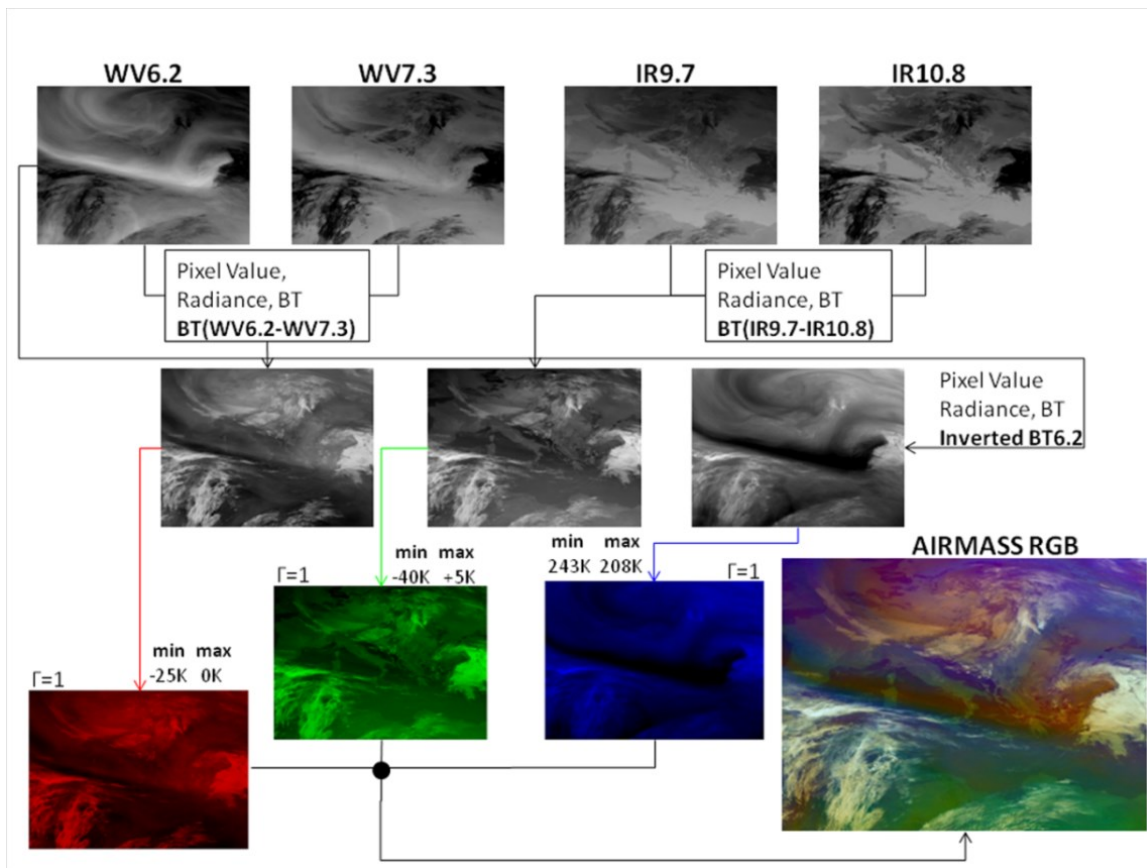
Ο δείκτης Airmass χρησιμοποιεί συνδυασμό φασματικών καναλιών στα κανάλια των υδρατμών και του θερμικού υπέρυθρου, με στόχο τον εντοπισμό κυκλογένεσης που οδηγεί στον σχηματισμό χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων. Η σύνθεση των εικόνων Airmass RGB δεν χρησιμοποιεί κανάλια του ορατού, κατά συνέπεια η χρήση των εικόνων καλύπτει όλο το 24ωρο.

Πυκνά νέφη με μεγάλο ύψος κορυφής όπως τα cumulonimbus απεικονίζονται με λευκό χρώμα και διακρίνονται εύκολα, ενώ οι θερμές και οι ψυχρές αέριες μάζες απεικονίζονται με πράσινες και μπλε αποχρώσεις αντίστοιχα. Τα καταιγιδοφόρα νέφη αποτυπώνονται με άσπρες αποχρώσεις στην εικόνα. Αν και αυτός ο συνδυαστικός δείκτης δεν προορίζεται για τον εντοπισμό ανοδικών κινήσεων, στη διάρκεια της νύχτας μπορεί να χρησιμοποιηθεί (Εικόνα 2) (KNMI).



Εικόνα 2 Συνδυαστικός δείκτης Airmass RGB α) αποτύπωση καταιγίδων (κίτρινες-άσπρες αποχρώσεις) πάνω από την περιοχή των Βαλκανίων και β) αποχρώσεις του δείκτη για τις ανοδικές κινήσεις. (Πηγή: Μετάφραση από Eumetrain)

Στην Εικόνα 3 αποτυπώνεται η διαδικασία δημιουργίας του συνδυαστικού δείκτη Airmass από τέσσερις δορυφορικές εικόνες. Μετατρέποντας τις τιμές των εικονοστοιχείων (pixel value) σε θερμοκρασία λαμπρότητας (BT: Brightness Temperature) και εφαρμόζοντας την έγχρωμη κλίμακα RGB στις τρεις εικόνες που προέκυψαν ύστερα από τη δημιουργία διαφορών των αρχικών εικόνων κατασκευάζεται μία εικόνα, συνδυαστικός δείκτης (Kerkmann και άλλοι, 2006).



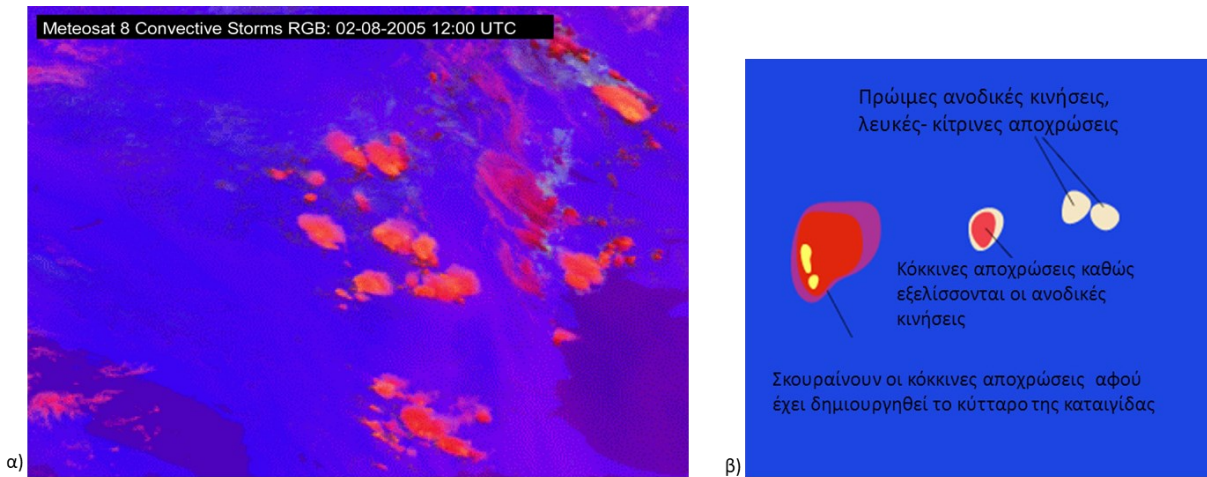
Εικόνα 3 Διαδικασία δημιουργίας του συνδυαστικού δείκτη Airmass.
(Πηγή: ίδια επεξεργασία)

Συνδυαστικός δείκτης Severe Convection RGB

Ο δείκτης Convection χρησιμοποιεί συνδυασμό φασματικών καναλιών στο ορατό, εγγύς υπέρυθρο, θερμικό υπέρυθρο καθώς και στο κανάλι των υδρατμών. Είναι κατάλληλος για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση ισχυρών καταιγιδοφόρων νεφών που διακρίνονται για την κατακόρυφη ανάπτυξη τους.

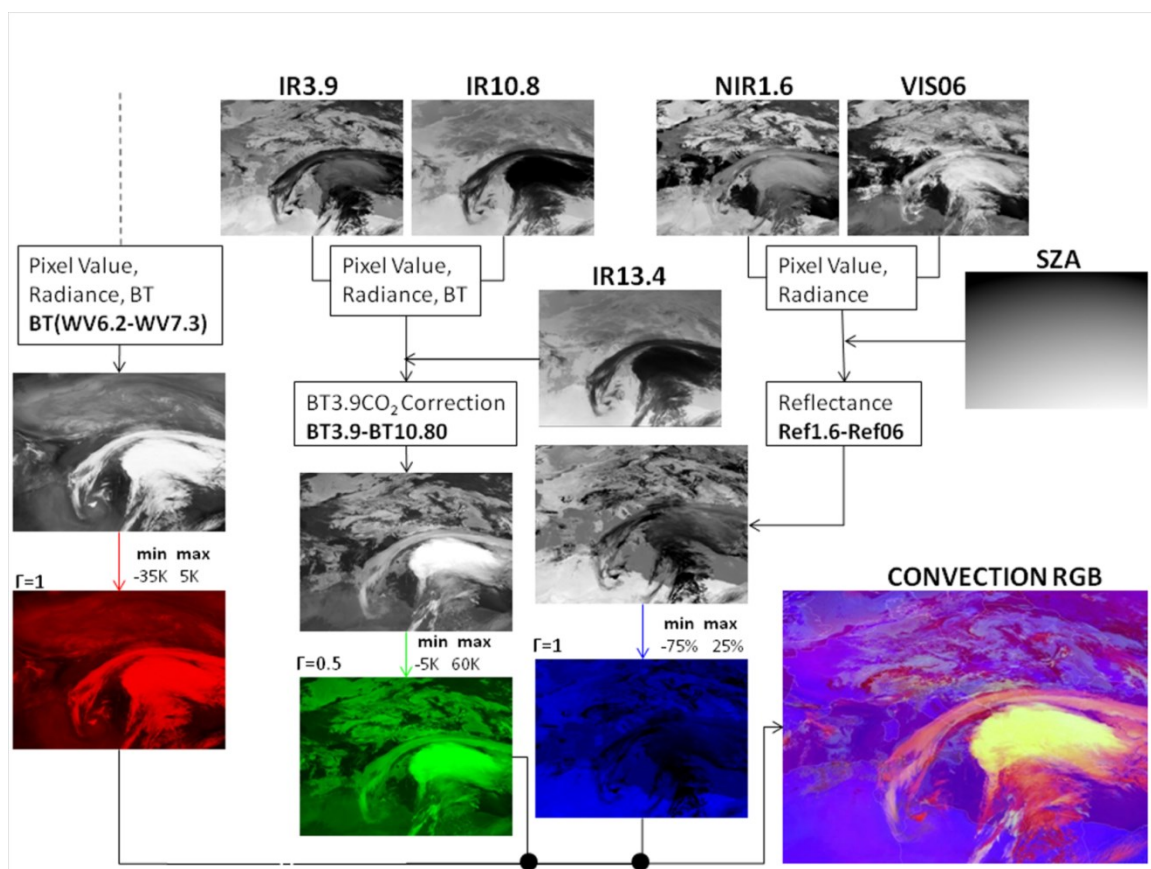
Πριν την φάση της ωρίμανσης των νεφών και επομένως της βροχόπτωσης, τα ισχυρά ανοδικά ρεύματα μεταφέρουν τους παγοκρυστάλλους στην κορυφή των νεφών με αποτέλεσμα την αναγνώριση τους μέσα από το συνδυασμό των φασματικών καναλιών στα 3.9 και 10.8 μm .

Στις εικόνες αυτού του τύπου ψυχρές κορυφές νεφών με μικρούς παγοκρυστάλλους εμφανίζονται με κίτρινες αποχρώσεις και καλά σχηματισμένα βροχοφόρα νέφη με μεγάλους παγοκρυστάλλους εμφανίζονται με κόκκινες αποχρώσεις. Σε περιπτώσεις ισχυρών καταιγίδων, όπως αυτές που μελετάμε, μικρά σωματίδια ή ακόμα και σταγόνες νερού μπορούν να μεταφερθούν στην κορυφή του νέφους από τα έντονα ανοδικά ρεύματα και να αποτυπωθούν στην εικόνα με πολύ φωτεινές αποχρώσεις του κίτρινου και του λευκού (Εικόνα 4) (KNMI)



Εικόνα 4 Συνδυαστικός δείκτης Convection και ερμηνεία των αποχρώσεων που συνδέονται με ανοδικές κινήσεις. (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

Στην Εικόνα 5 αποτυπώνεται και πάλι η διαδικασία δημιουργίας του συνδυαστικού δείκτη Convection από τέσσερις δορυφορικές εικόνες. Μετατρέποντας τις τιμές των εικονοστοιχείων (pixel value) σε θερμοκρασία λαμπρότητας (BT: Brightness Temperature) και εφαρμόζοντας την έγχρωμη κλίμακα RGB στις τρεις εικόνες που προέκυψαν ύστερα από τη δημιουργία διαφορών των αρχικών εικόνων κατασκευάζεται μία εικόνα, συνδυαστικός δείκτης (Kerkmann και άλλοι, 2006).



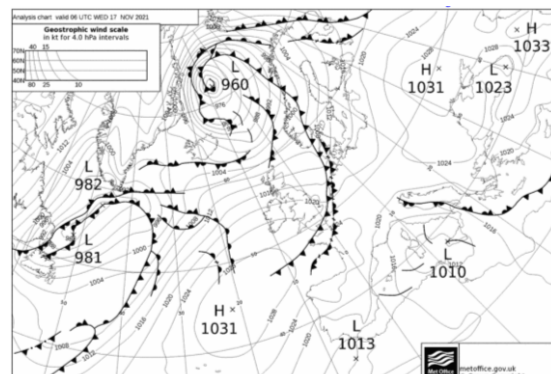
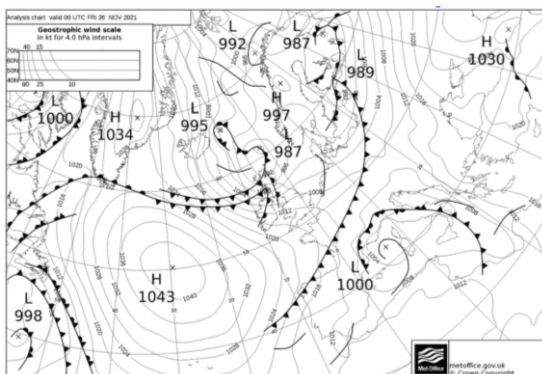
Εικόνα 5 Διαδικασία δημιουργίας του συνδυαστικού δείκτη Convection. (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

Περίπτωση εκδήλωσης ακραίων καιρικών φαινομένων: 26^η Νοεμβρίου 2021

Στις 26 Νοεμβρίου 2021 εκδηλώθηκαν ακραία καιρικά φαινόμενα στην Ηλεία και στην ευρύτερη περιοχή της Πελοποννήσου και των Ιόνιων νήσων, καθώς το συνεσφιγμένο μέτωπο ενός βαρομετρικού χαμηλού (Εικόνα 6) που είχε αναπτυχθεί τις προηγούμενες ημέρες στην νοτιοδυτική Μεσόγειο επηρέασε αρχικά τη δυτική και στη συνέχεια την υπόλοιπη Ελλάδα. Τα έντονα φαινόμενα προκάλεσαν τον θάνατο ενός ανθρώπου λόγω των πλημμυρών καθώς επίσης και αρκετές υλικές ζημιές, προβλήματα σε μετακινήσεις, κατολισθήσεις κ.α.



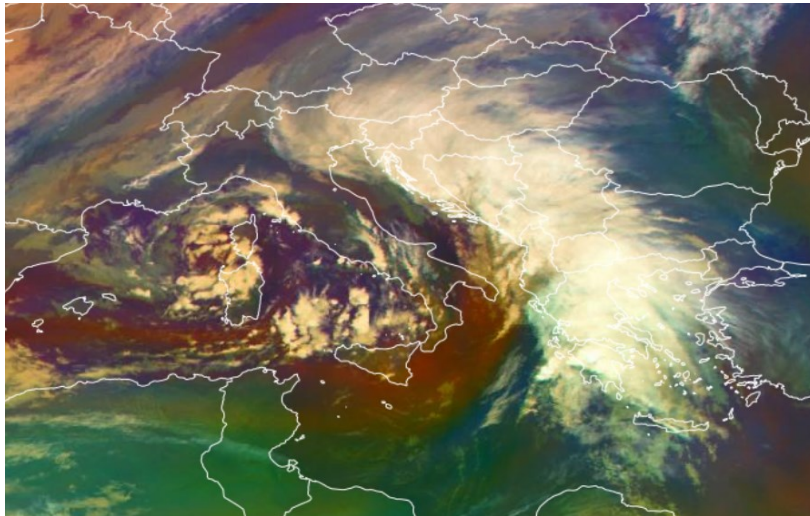
Πηγή: <https://www.avgi.gr/>



α) β)
Εικόνα 6 Χάρτες επιφανείας 26/11/2021 α) 00.00 UTC και β) 06.00 UTC

Όπως φαίνεται στην εικόνα 7, η συνοπτική κατάσταση αποτυπώνεται και μέσω του δείκτη Airmass. Το συνεσφιγμένο μέτωπο παρατηρείται μέσω της εκτεταμένης νέφωσης κατά μήκος του μετώπου, ενώ οι ανοδικές κινήσεις που παρατηρούνται, μέσω της ανάπτυξης καταγιδροφόρων πυρήνων, πάνω

και δυτικά από την Ιταλία σε συνδυασμό με την ύπαρξη ξηρού στρατοσφαιρικού αέρα (κόκκινες αποχρώσεις) υποδηλώνουν την ύπαρξη βαρομετρικού χαμηλού.

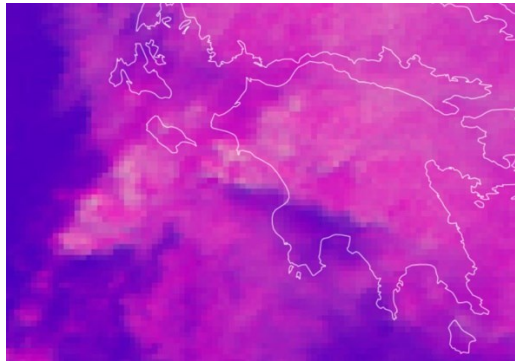


Εικόνα 7 Συνδυαστικός δείκτης Airmass 26 Νοεμβρίου 2021 στις 06.00 UTC

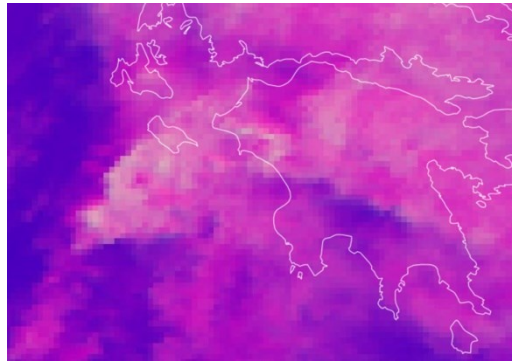
Σύμφωνα με τα δεδομένα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών ([meteo.gr-https://www.meteo.gr/weather_cases.cfm](https://www.meteo.gr/weather_cases.cfm)) καταγράφηκαν μεγάλα ύψη βροχόπτωσης στις 26 Νοεμβρίου. Αναλυτικότερα καταγράφηκαν 132.6 mm στο Βαρθολομιά, 72.4 mm στη Ζάκυνθος, 41.6 mm στο Ρίο και 31 mm, 69.2 km/h (ριπές) στην Κέρκυρα.

Για τον έγκαιρο εντοπισμό και την παρακολούθηση των ακραίων καιρικών φαινομένων χρησιμοποιήθηκαν τα δορυφορικά προϊόντα Convection (Εικόνα 8) και Airmass (Εικόνα 7-9) που αποτυπώνουν την κατάσταση της ατμόσφαιρας (ύπαρξη ανοδικών κινήσεων, ανάπτυξη καταγιδοφόρων πυρήνων, θερμές/ψυχρές αέριες μάζες, κλπ.) ανά 15 λεπτά.

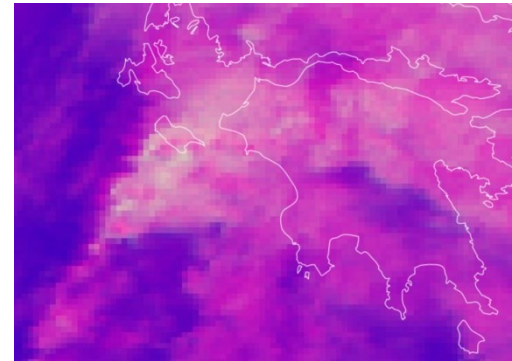
Στις 06.30 UTC στο συνδυαστικό δείκτη Convection (Εικόνα 8) παρατηρείται ο σχηματισμός καταγιδοφόρων πυρήνων και έντονες ανοδικές κινήσεις (ανοιχτές κίτρινες αποχρώσεις) δυτικά της Πελοποννήσου, οι οποίες γίνονται εντονότερες με το πέρασμα του χρόνου. Η ίδια κατάσταση εμφανίζεται και στον δείκτη Airmass (Εικόνα 9), όπου φαίνεται ο σχηματισμός καταγιδοφόρων πυρήνων, οι αποχρώσεις των νεφών με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά καταγιδοφόρων πυρήνων αποτυπώνονται πιο λευκά και λαμπρά, ενώ στη συνέχεια (μετά τις 08.30 UTC) παρατηρείται εκτεταμένη νέφωση που συνοδεύει το κύτταρο της καταιγίδας. Συνεπώς, από τα παραπάνω φαίνεται η χρησιμότητα των δεικτών για τον εντοπισμό καταγιδοφόρων πυρήνων πριν την ανάπτυξη του κυττάρου της καταιγίδας και την εκδήλωση των φαινομένων στην επιφάνεια.



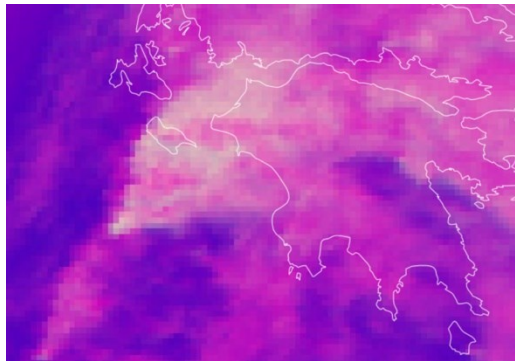
06.00 UTC



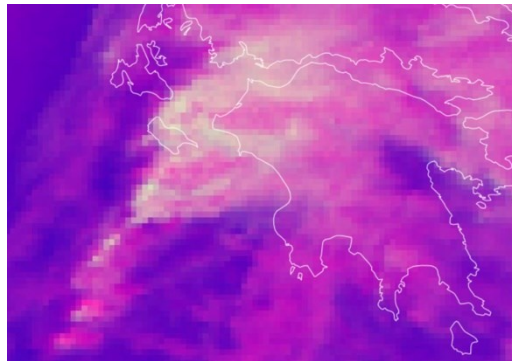
06.15 UTC



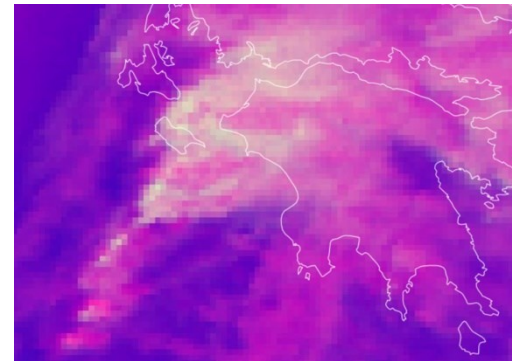
06.30 UTC



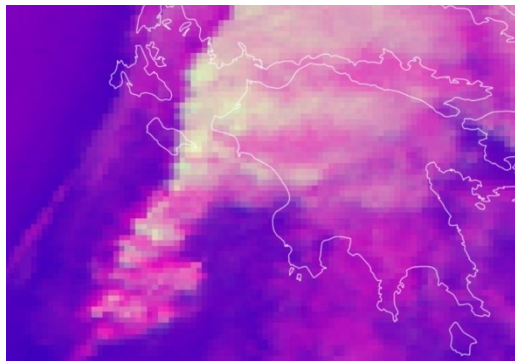
06.45 UTC



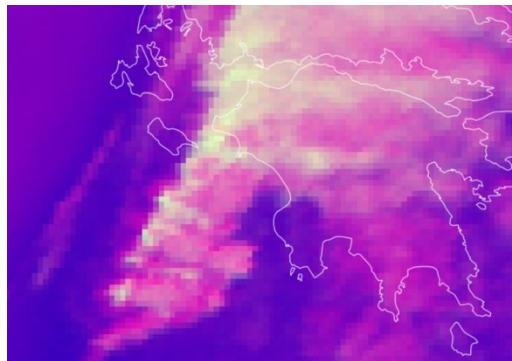
07.00 UTC



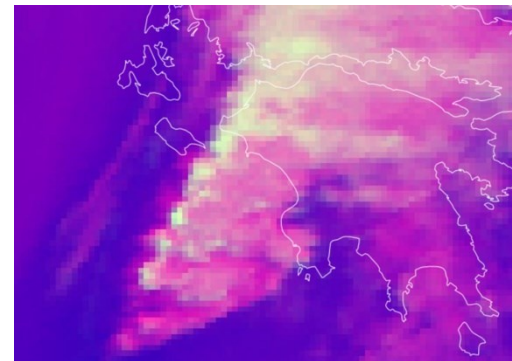
07.15 UTC



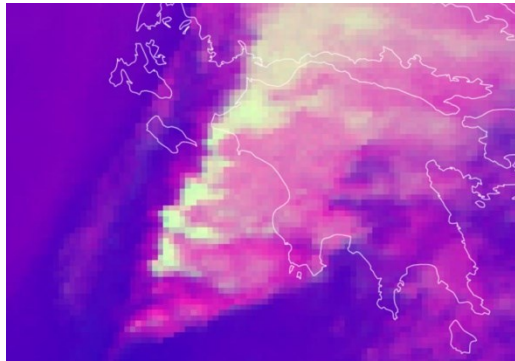
07.30 UTC



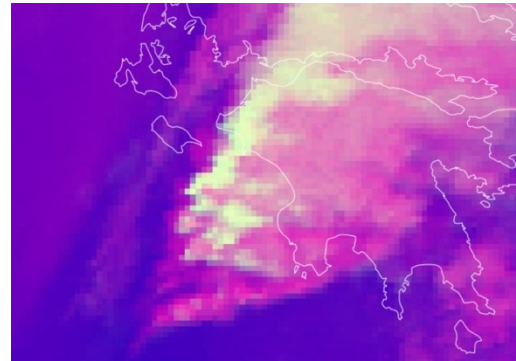
07.45 UTC



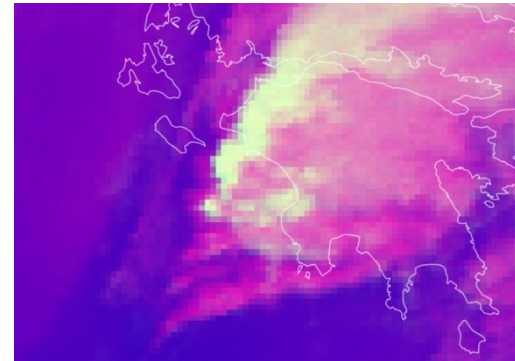
08.00 UTC



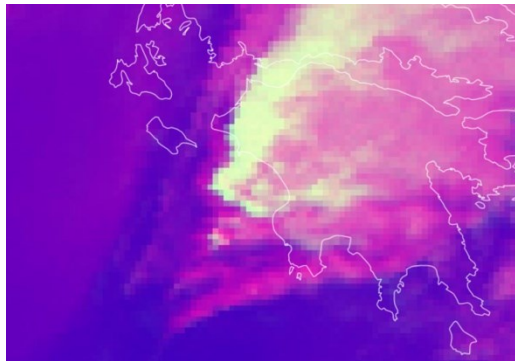
08.15 UTC



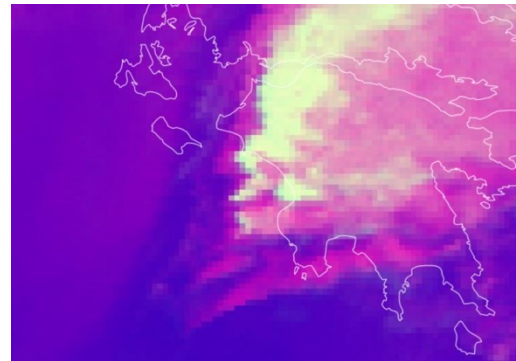
08.30 UTC



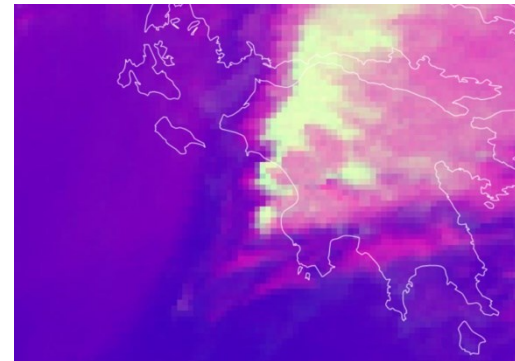
08.45 UTC



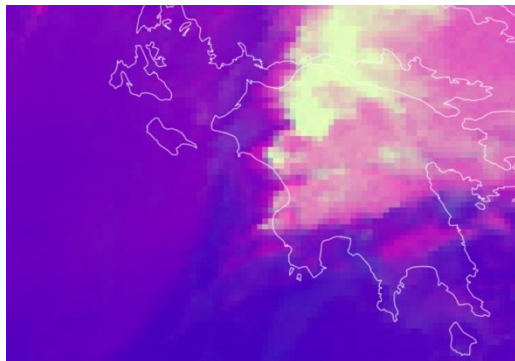
09.00 UTC



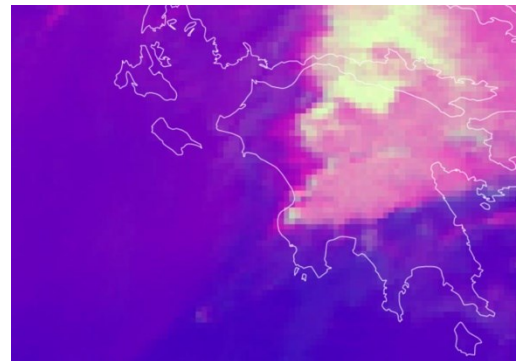
09.15 UTC



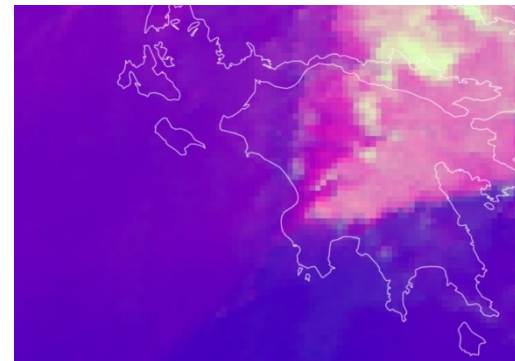
09.30 UTC



09.45 UTC

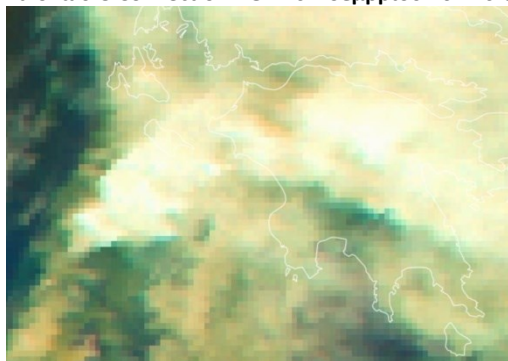


10.00 UTC



10.15 UTC

Εικόνα 0-8 Convection RGB 26 Νοεμβρίου 2021 6:00-10:15 UTC



06.00 UTC



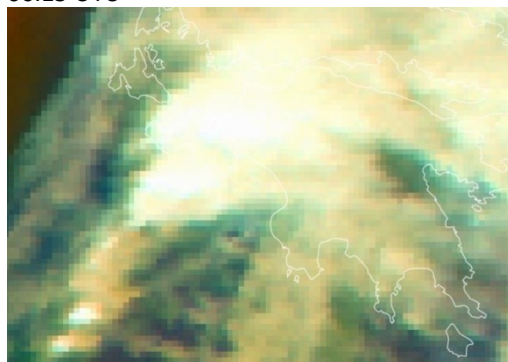
06.15 UTC



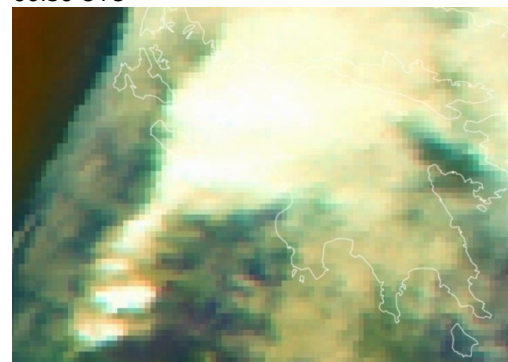
06.30 UTC



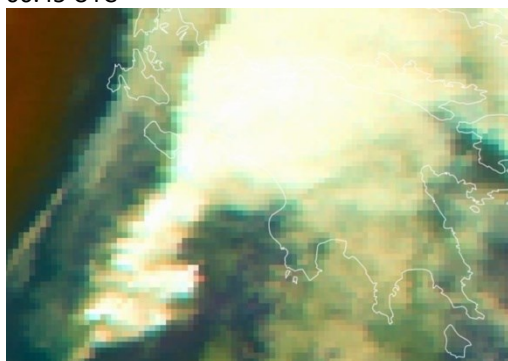
06.45 UTC



07.00 UTC



07.15 UTC



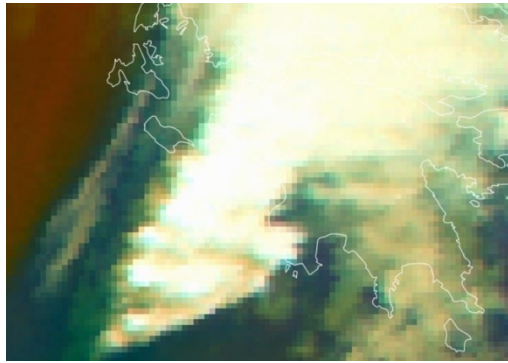
07.30 UTC



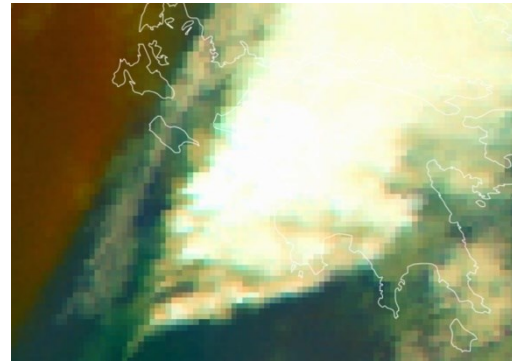
07.45 UTC



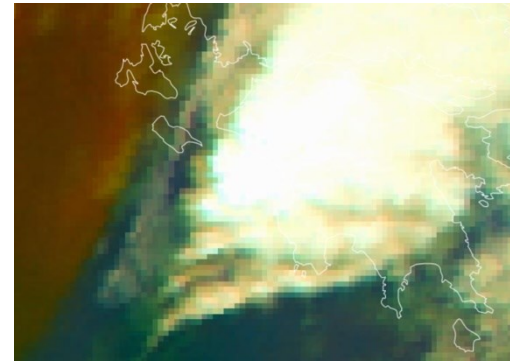
08.00 UTC



08.15 UTC



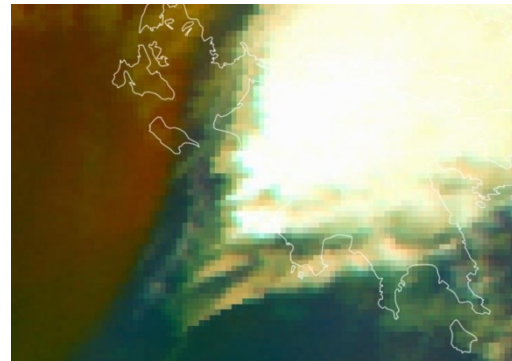
08.30 UTC



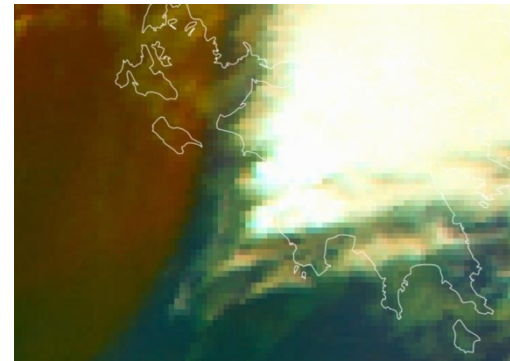
08.45 UTC



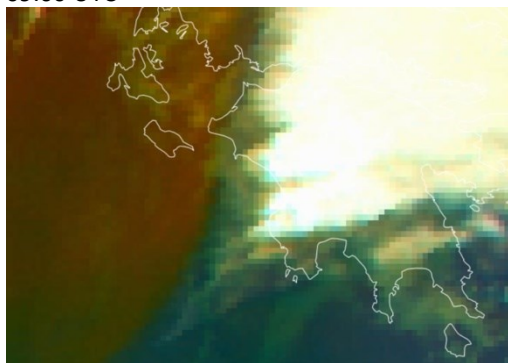
09.00 UTC



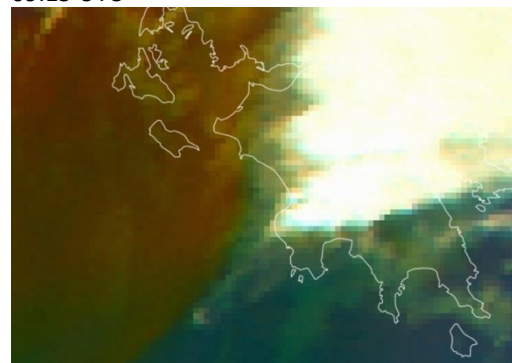
09.15 UTC



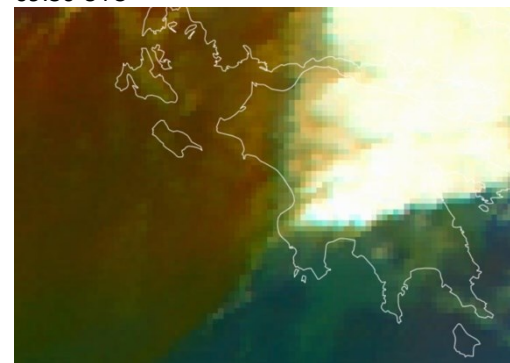
09.30 UTC



09.45 UTC



10.00 UTC

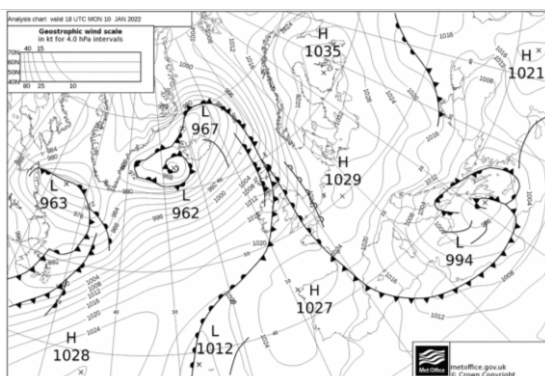


10.15 UTC

Εικόνα 9 Convection RGB 26 Νοεμβρίου 2021 6:00-10:15 UTC

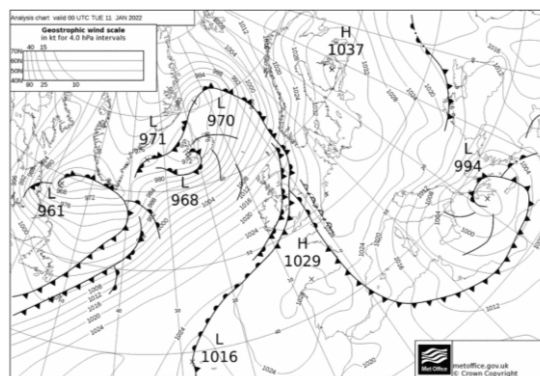
Περίπτωση εκδήλωσης ακραίων καιρικών φαινομένων: 10-11 Ιανουαρίου 2022

Στις 10-11 Ιανουαρίου 2022 εκδηλώθηκαν ακραία καιρικά φαινόμενα στη Σάμο αλλά και σε πολλές ακόμα περιοχές της Ελλάδας (δύο νεκροί λόγω πλημμύρας στις Σέρρες, κατολισθήσεις και ζημιές σε υποδομές σε Σάμο, Καρδίτσα, Λάρισα, Μαγνησία, Φθιώτιδα, ισχυροί άνεμοι και παγετός προκάλεσαν προβλήματα ηλεκτροδότησης και μετακινήσεων σε Ιωάννινα, Χαλκιδική, Έβρο.), καθώς ένα βαρομετρικό χαμηλό (Εικόνα 10) που είχε αναπτυχθεί τις προηγούμενες ημέρες στην νοτιοδυτική Μεσόγειο επηρέασε την Ελλάδα. Τα έντονα φαινόμενα προκάλεσαν τον θάνατο ενός ανθρώπου λόγω των πλημμυρών καθώς επίσης και αρκετές υλικές ζημιές, προβλήματα σε μετακινήσεις, κατολισθήσεις κ.α.



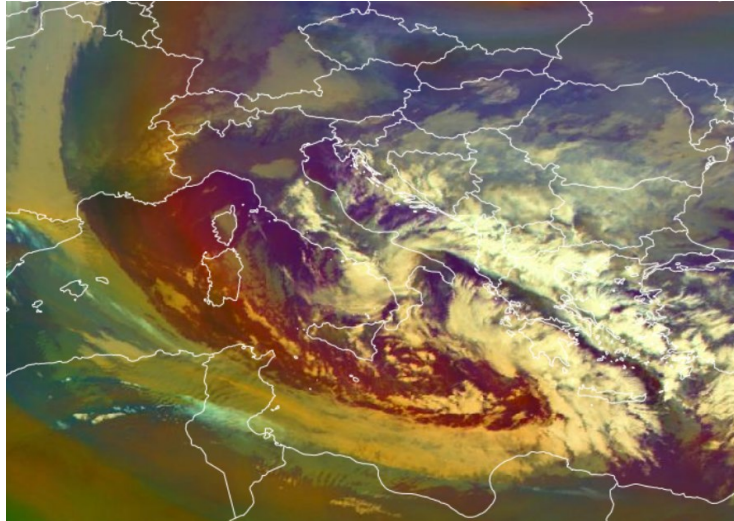
α)

Εικόνα 10 Χάρτες επιφανείας α) 10/01/2022 18.00 UTC και β) 11/01/2022 00.00 UTC



β)

Όπως φαίνεται στην εικόνα 11, η συνοπτική κατάσταση αποτυπώνεται και μέσω του δείκτη Airmass. Στις 10 Ιανουαρίου 2022 18.00UTC το βαρομετρικό χαμηλό βρίσκεται στα δυτικά της Ελλάδας, παρατηρείται εκτεταμένη νέφωση στο θερμό τομέα, ανοδικές κινήσεις στο κέντρο του χαμηλού πίσω από το ψυχρό μέτωπο, το οποίο φαίνεται με την παρουσία νεφών κατά μήκος του μετώπου. Παρατηρείται επίσης, το συνεσφιγμένο πάνω από μέτωπο πάνω από την ανατολική Ελλάδα με προσανατολισμό βορειοδυτικό νοτιοανατολικό.

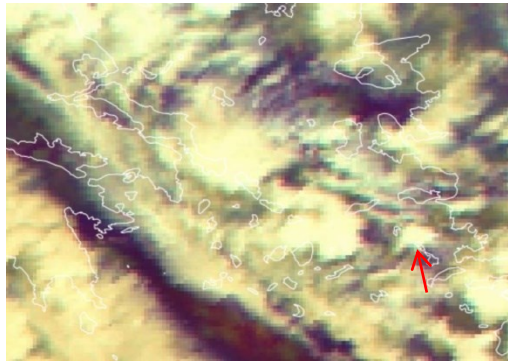


Εικόνα 11 Συνδυαστικός δείκτης Airmass 20 Ιανουαρίου 2022 στις 18.00 UTC

Σύμφωνα με τα δεδομένα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών ([meteo.gr-https://www.meteo.gr/weather_cases.cfm](https://www.meteo.gr/weather_cases.cfm)) καταγράφηκαν μεγάλα ύψη βροχόπτωσης στις 10-11 Ιανουαρίου 2022. Αναλυτικότερα καταγράφηκαν 56 mm Καρλόβασι Σάμου, 340 mm Πορταριά, 155 mm Καρδίτσα, 98 mm Βαμβακού Λάρισας και 60 mm Παλαιοχώρι Φθιώτιδας.

Για τον έγκαιρο εντοπισμό και την παρακολούθηση των ακραίων καιρικών φαινομένων χρησιμοποιήθηκε ο δορυφορικός δείκτης Airmass (Εικόνα 12) (ο δείκτης Convection παρέχει δεδομένα μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας καθώς υπολογίζεται από δεδομένα στο κανάλι του ορατού) αποτυπώνοντας την κατάσταση της ατμόσφαιρας (ύπαρξη ανοδικών κινήσεων, ανάπτυξη καταγιδοφόρων πυρήνων, θερμές/ψυχρές αέριες μάζες, κλπ.) ανά 15 λεπτά.

Στις 16.30 UTC στο συνδυαστικό δείκτη Convection (Εικόνα 12) παρατηρείται ο σχηματισμός καταιγιδοφόρου πυρήνα, ο οποίος στη συνέχεια αυξάνει σε μέγεθος και κινείται πάνω από την περιοχή της Σάμου. Ταυτόχρονα, στην ευρύτερη περιοχή παρατηρείται αστάθεια και έντονες ανοδικές κινήσεις (σχηματισμός καταιγιδοφόρων πυρήνων). Στη συνέχεια (μετά τις 23.00 UTC), αυτοί οι καταιγιδοφόροι πυρήνες μεγαλώνουν σε μέγεθος, συνενώνονται, πλήττοντας για μεγάλο χρονικό διάστημα το νησί της Σάμου αλλά και την ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου. Στη συνέχεια τα φαινόμενα επηρεάζουν τη Στερεά Ελλάδα. Συνεπώς, από τα παραπάνω φαίνεται η χρησιμότητα του δείκτη για τον εντοπισμό καταιγιδοφόρων πυρήνων πριν την ανάπτυξη του κυττάρου της καταιγίδας και την εκδήλωση των φαινομένων στην επιφάνεια.



16.30 UTC



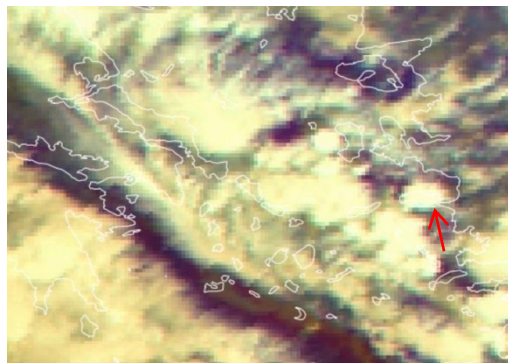
16.45 UTC



17.00 UTC



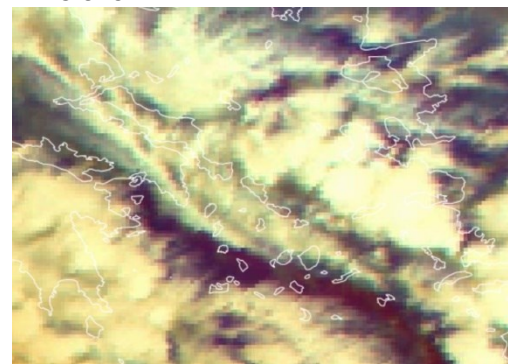
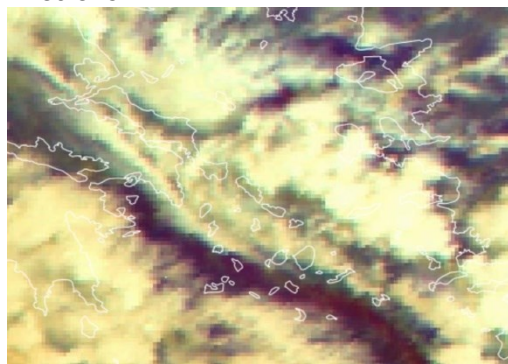
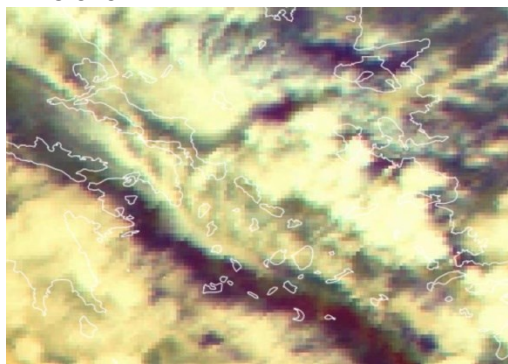
17.15 UTC



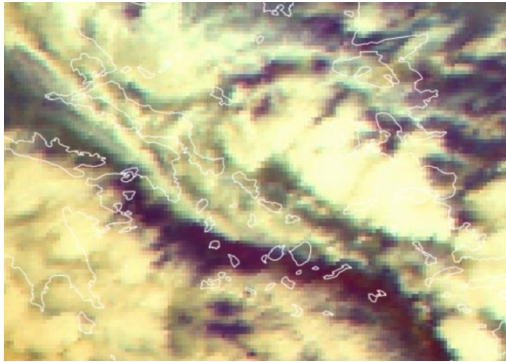
17.30 UTC



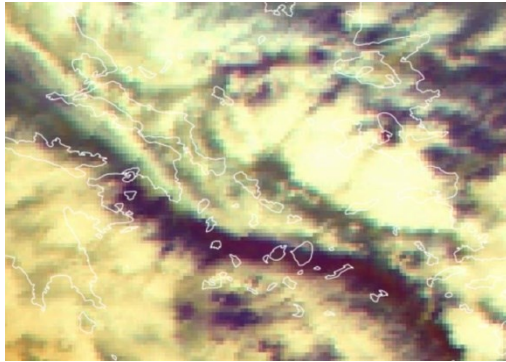
17.45 UTC



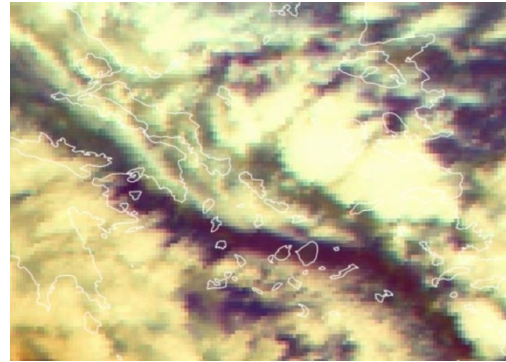
18.00 UTC



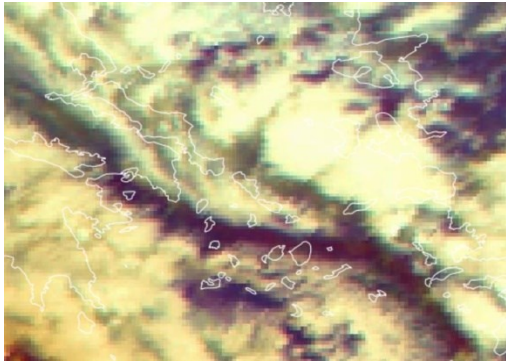
18.15 UTC



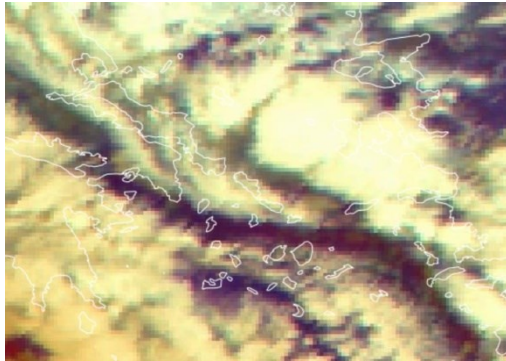
18.30 UTC



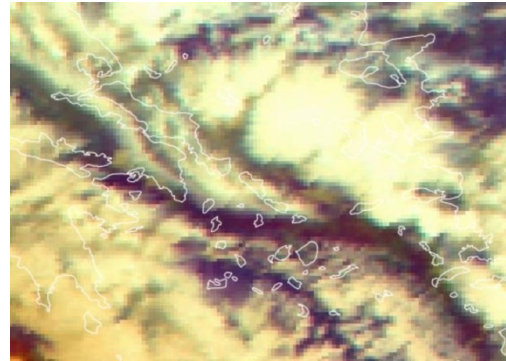
18.45 UTC



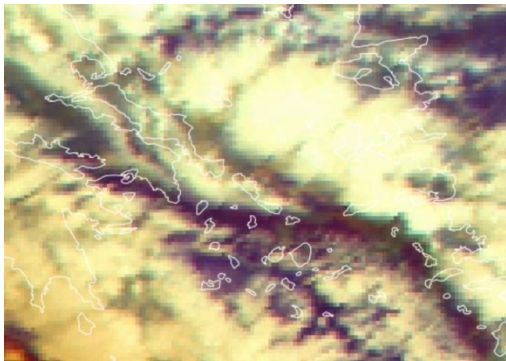
19.00 UTC



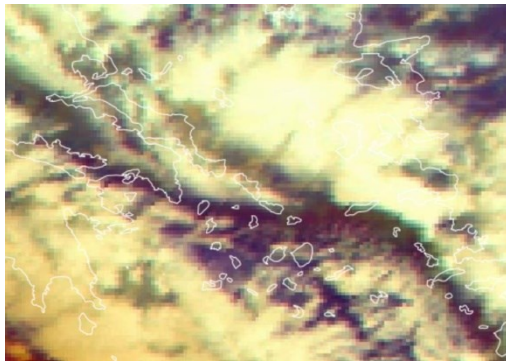
19.15 UTC



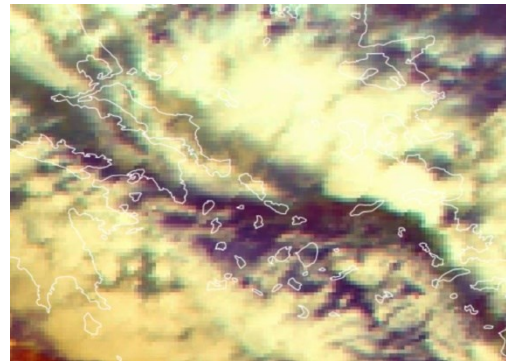
19.30 UTC



19.45 UTC



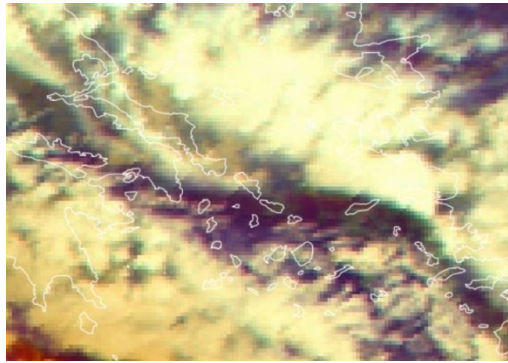
20.00 UTC



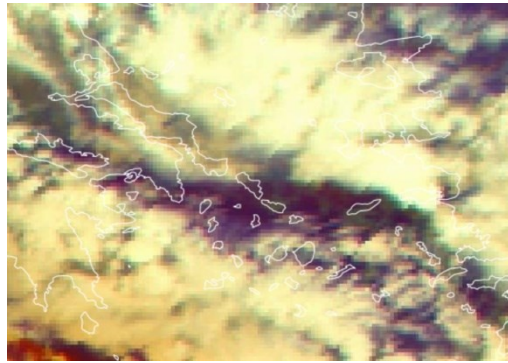
20.15 UTC

20.30 UTC

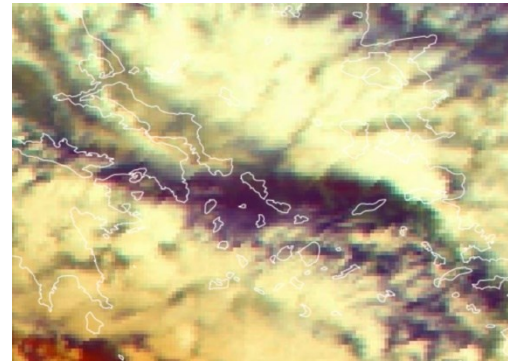
20.45 UTC



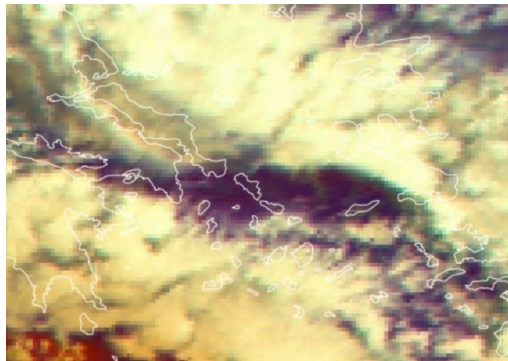
21.00 UTC



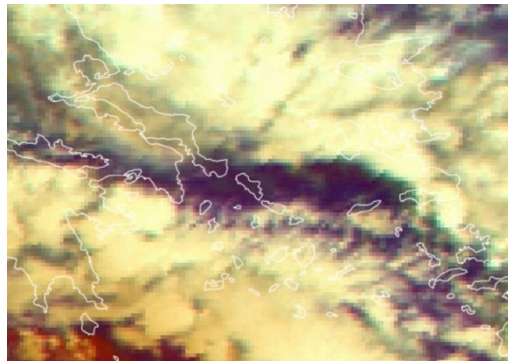
21.15 UTC



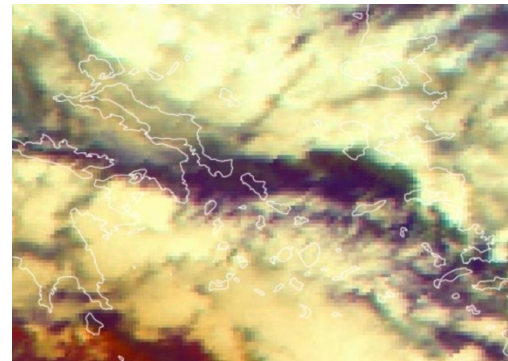
21.30 UTC



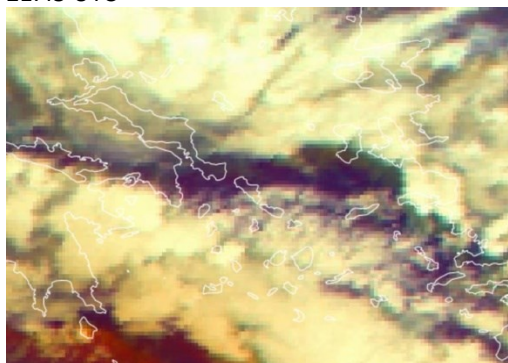
21.45 UTC



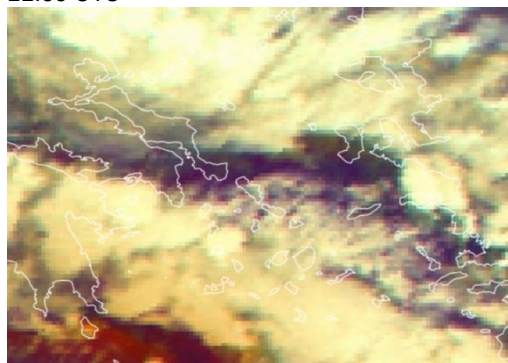
22.00 UTC



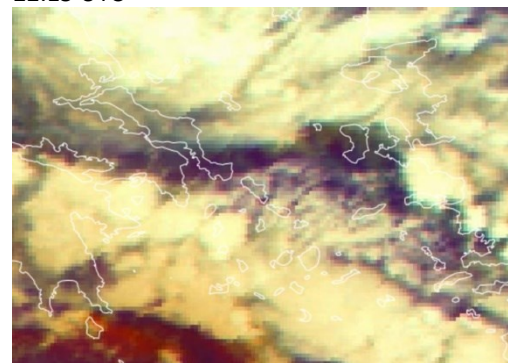
22.15 UTC



22.30 UTC



22.45 UTC



23.00 UTC

Στις παραπάνω ενότητες περιγράφεται το σύστημα έγκαιρης ανίχνευσης ακραίων καιρικών φαινομένων με τη χρήση δορυφορικών εικόνων MSG. Συγκεκριμένα το σύστημα χρησιμοποιεί τους συνδυαστικούς δείκτες Airmass και Convection για τον εντοπισμό καταιγιδοφόρων πυρήνων και έντονων ανοδικών κινήσεων στην ατμόσφαιρα που συνδέονται με την εκδήλωση ακραίων καιρικών φαινομένων στην επιφάνεια. Από την ανάλυση των περιπτώσεων μελέτης, συμπεραίνεται ότι οι συνδυαστικοί δείκτες Airmass και Convection μπορούν λόγω της πολυφασματικής τους σύνθεσης, να βοηθήσουν στην έγκαιρη ανίχνευση και συνεχή (ανά 5-15') παρακολούθηση καταιγιδοφόρων πυρήνων που μπορεί να οδηγήσουν σε πλημμυρικά φαινόμενα. Συμπερασματικά, το παραπάνω σύστημα έγκαιρης ανίχνευσης ακραίων καιρικών φαινομένων μπορεί να εντοπίζει και να παρακολουθεί νεφικά συστήματα που συνδέονται με ακραία καιρικά φαινόμενα, επιτρέποντας την επιχειρησιακή παρακολούθηση των νεφικών συστημάτων και υποστηρίζοντας τη δυνατότητα nowcasting. Εντούτοις η δυνατότητα ακριβούς εντοπισμού της εκδήλωσης των ακραίων καιρικών φαινομένων στην επιφάνεια είναι περιορισμένη λόγω της μέτριας χωρικής διακριτικής ικανότητας του δορυφόρου.

Βιβλιογραφία

- Cohuet, J., Romero, R., Homar, V., Ducrocq V. & Ramis, C. (2010) Initiation of severe thunderstorm over the Mediterranean Sea. *Atmospheric Research*. 100. P. 603-620.
- Feidas, H. & Cartalis, C. (2001) Monitoring Mesoscale Convective Cloud Systems Associated with Heavy Storms Using Meteosat Imagery. *Journal of Applied Meteorology*. 40. p. 491-512.
- Feidas, H. & Cartalis, C. (2005) Application of an automated cloud-tracking algorithm on satellite imagery and monitoring small mesoscale convective cloud systems. *International Journal of Remote Sensing*. 26. p. 1677-1698.
- Feidas, H. (2012). Study of a Mesoscale Convective Complex Over Balkans with Meteosat Data. *Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics Springer Atmospheric Sciences* 2013, pp 79-85
- Gallino, S. & Turato, B. (2006) An operational approach to the nowcasting of an intense thunderstorm over Liguria. *Advances in Geosciences*. 7. p. 395-400.
- Kerkmann J., Rosenfeld, D., Bridge, G., and Roesli, H.: RGB applications patr04, RGB composites with channels 1-11 and their interpretation. Available online at <http://www.eumetrain.org/IntGuide/>, 2006 (Πρόσβαση 04/12/2021).
- KNMI-Royal Netherlands Meteorological Institute. "Cumulonimbus Cluster - Cloud Structure In Satellite Images". <http://www.zamg.ac.at/docu/Manual/SatManu/main.htm?/docu/Manual/SatManu/CMs/CbC/structure.htm> (Πρόσβαση 04/12/2021).
- Mentzafou A & Dimitriou E. 2022 Hydrological Modeling for Flood Adaptation under Climate Change: The Case of the Ancient Messene Archaeological Site in Greece

Pajek, M., R. Iwanski, M. Konig And P. Struzik. (2007) Extreme Convective Cases - The use of Satellite Products for Storm Nowcasting and Monitoring, EUMETSAT Conference Report, Darmstadt, Germany.

Putsay, M., Szenyan, I. & Simon, A. (2009) Case study of Mesoscale Convective Systems over Hungary on 29 June 2006 with satellite, radar and lightning data. Atmospheric Research 93. p. 82-92.