



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



Climate Detectives

Οι μαθητές του **Στ1** τμήματος του σχολείου μας με τον εκπαιδευτικό τους κ. Μοσχίδη Χρήστο, ολοκλήρωσαν τη συμμετοχή τους στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα **Climate Detectives**, ενός από τα project της ESA (European Space Agency) το οποίο υποστηρίζεται από το Γραφείο ESERO στην Ελλάδα (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης).

Για μερικούς μήνες (Νοέμβριος 2022-Απρίλιος 2023), οι μαθητές έγιναν 'ντεντέκτιβ για το κλίμα', εντόπισαν και διερεύνησαν ένα κλιματικό πρόβλημα/θέμα χρησιμοποιώντας διαθέσιμα δεδομένα παρατήρησης της Γης (ποσοτικά δεδομένα μέτρησης επίγειου μετεωρολογικού σταθμού και δορυφορικές εικόνες). Πρότειναν δράσεις για την επίλυση του κλιματικού προβλήματος.

Συγκεκριμένα: Ο **τίτλος του πρότζεκτ** μας ήταν: 'Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε προστατευόμενες περιοχές του ποταμού Νέστου'.

Το ερευνητικό ερώτημα που μας απασχόλησε ήταν: 'Ποιες είναι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ποιότητα της βλάστησης, στις πλημμύρες και στις ξηρασίες σε περιβαλλοντικά προστατευόμενες περιοχές στα κατάντη του φράγματος του Τεμένους-Νέστου;'

Περιγράψαμε το τοπικό κλιματικό πρόβλημα που εντοπίσαμε ως εξής: 'Σενάρια κλιματικής αλλαγής προβλέπουν θερμοκρασιακές αυξήσεις, κλιμάκωση του φαινομένου της εξάτμισης και διακυμάνσεις των βροχοπτώσεων, με τα πιο ακραία από αυτά να αναφέρονται στην υποβάθμιση του υδρολογικού καθεστώτος οικολογικά σημαντικών περιοχών και κατά συνέπεια στην υποβάθμιση της ποιότητας της βλάστησής τους.

Ειδικότερα, για τις προστατευόμενες μέσω εθνικών και διεθνών συνθηκών περιοχών στα κατάντη του φράγματος του Τεμένους-Νέστου, πιθανές σημαντικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής μπορεί να εντοπιστούν στην ποιότητα της βλάστησης και στον υδάτινο όγκο τους.

Σύγχρονες μελέτες έχουν δείξει τη διατήρηση της βιωσιμότητας αυτών των περιοχών, όμως οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες και παρατεταμένες ανομβρίες της τελευταίας πενταετίας εγείρουν εκ νέου ερωτήματα σχετικά με πιθανές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Για το λόγο αυτό, θέλαμε να διερευνήσουμε τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ποιότητα της βλάστησης και στον υδάτινο όγκο των παραπάνω οικολογικά σημαντικών περιοχών, κατά την τελευταία πενταετία.'

Για το σκοπό της εργασίας μας: Εστίασαμε στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις περιοχές α) του αισθητικού δάσους των στενών Νέστου, β) των λιμνών γλυκού νερού του άνω τμήματος του δέλτα, γ) του παραποτάμιου δάσους στις εκβολές του ποταμού και δ) λιμνοθάλασσες Κεραμωτής, μελετώντας δεδομένα που αντλήσαμε από το εργαλείο Sentinel Hub EO Browser και από τα τοπικά κλιματικά δελτία της EMY για τα έτη 2018-2022.

Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήσαμε εικόνες από τους δορυφόρους Sentinel-1,3 εφαρμόζοντας το Δείκτη Κανονικής Διαφοράς Βλάστησης (NDVI) για να υπολογίσουμε την πυκνότητα της βλάστησης, τον Κανονικοποιημένο Δείκτη Νερού (NDWI) για να χαρτογραφήσουμε τους υδάτινους όγκους των περιοχών που μας ενδιέφεραν, τον Κανονικοποιημένο δείκτη υγρασίας (NDMI) για να προσδιορίσουμε την περιεκτικότητα σε νερό και να παρακολουθήσουμε την ξηρασία, το θερμικό υπέρυθρο κανάλι εκπομπής φωτιάς IR του δορυφόρου Sentinel-3 για παρακολουθήσουμε συμβάντα πυρκαγιών και υψηλής θερμοκρασίας.

Επίσης, αναλύσαμε στατιστικά, δεδομένα μετρήσεων θερμοκρασιών και υετού, για τις παραπάνω περιοχές, για την πενταετία 2018-2022.

Με τα παραπάνω θέλαμε να εντοπίσουμε τυχόν διαφορές στην ποιότητα βλάστησης και στον όγκο των υδάτινων όγκων των περιοχών, συγκρίνοντας δορυφορικές εικόνες για του μήνες Νοέμβριο και Αύγουστο των ετών 2018-2022. Οι συγκεκριμένοι μήνες επιλέχθηκαν διότι μάθαμε ότι ο Νοέμβριος είναι ο πιο βροχερός και ο Αύγουστος ο πιο θερμός του έτους. Κάναμε επίσης στατιστική ανάλυση του μέσου όρου θερμοκρασιών και υετού για τους παραπάνω μήνες για τα έτη 2018-2022.

Τα κύρια αποτελέσματα και συμπεράσματα της εργασίας μας

Η επεξεργασία των δεδομένων που αντλήθηκαν από το εργαλείο Sentinel Hub EO Browser και από τα κλιματικά δελτία της EMY για τα έτη 2018-2022 έδειξαν:

- 1) Ο συνολικός όγκος νερού του ποταμού Νέστου φαίνεται να παρέμεινε γενικά σταθερός ακόμη και στις ακραίες κλιματικές συνθήκες της περασμένη πενταετίας
- 2) Καμία σημαντική διαφορά στην πυκνότητα της βλάστησης και στους υδάτινους όγκους των περιοχών ενδιαφέροντός μας εκτός των μικρών λιμνών γλυκού νερού πέριξ του δέλτα του ποταμού κατά το έτος 2020, στις οποίες εντοπίστηκε μικρή μείωση της έκτασής τους.
- 3) Μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας και μικρότερες τιμές υετού σημειώθηκαν κατά τους θερινούς και χειμερινούς μήνες του 2020, αντίστοιχα.
- 4) Από τα πιο πάνω φαίνεται ότι η βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής, δεν διακυβεύτηκε.

Δράσεις που προτείνουμε για να 'κάνουμε τη διαφορά':

Από την έρευνά μας μάθαμε επίσης, ότι ο όγκος του νερού που εισέρχεται στο ελληνικό μέρος της λεκάνης του Νέστου, καθορίζεται σε ποσοστιαία βάση επί των υδάτων που ποταμού που σχηματίζονται στο βουλγαρικό έδαφος. Βάση ιστορικών στοιχείων που εντοπίσαμε, η μέση ετήσια απορροή του ποταμού εκτιμάται σε 1,5 δισεκατομ. m³ και η Ελλάδα συμφωνείται να λαμβάνει το 29% της απορροής αυτής. Ο όγκος της μέσης ετήσιας απορροής επανεξετάζεται κάθε επτά χρόνια από μια κοινή Επιτροπή Υδροοικονομίας. Αν και η συμφωνία Ελλάδα-Βουλγαρίας αναφέρεται σε μέτρα που αποσκοπούν στη βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων, κανένα εναλλακτικό σενάριο δεν έχει προβλεφθεί για την προστασία των οικοσυστημάτων στην περίπτωση ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως πλημμύρες και ξηρασίες.

Αν και οι μετρήσεις μας έδειξαν τη βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων κατά την τελευταία πενταετία, γνώμη μας είναι ότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί υπαρκτή και διαρκή απειλή για τα ευαίσθητα οικοσυστήματα του Νέστου.

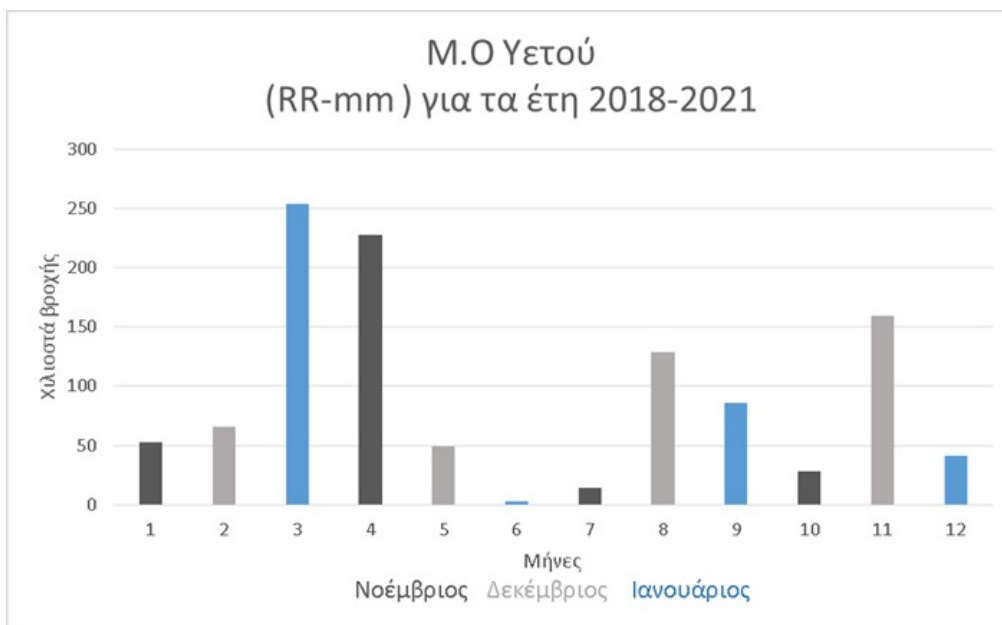
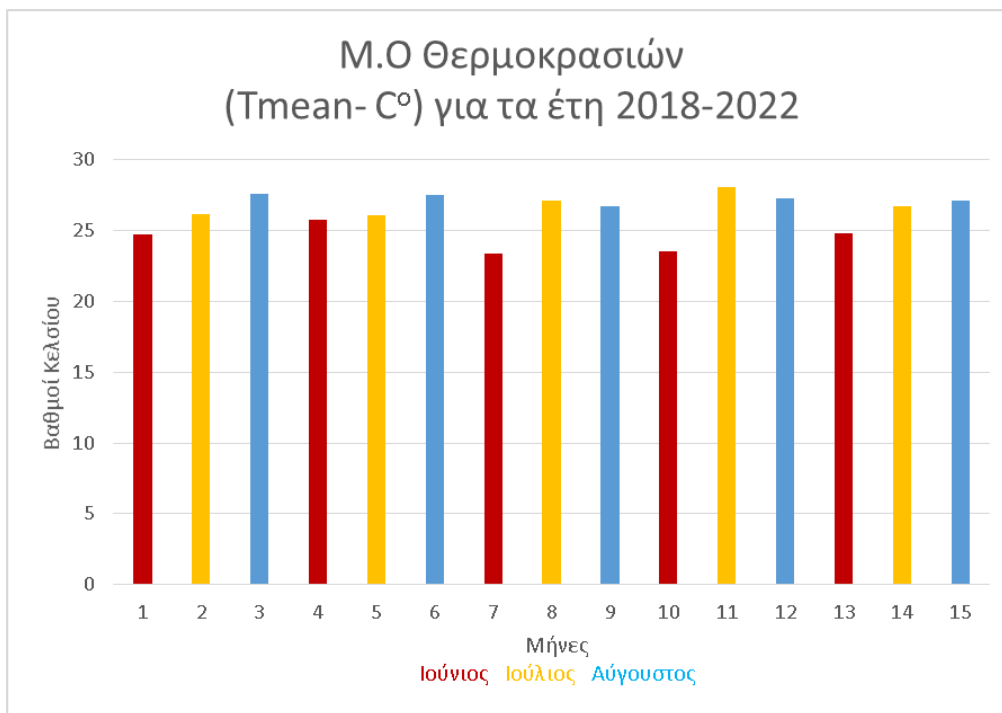
Προτείνουμε:

Τη διαρκή επαγρύπνηση με συχνότερες μετρήσεις παρόμοιες με τις δικές μας και μελέτη των οικολογικά σημαντικών οικοσυστημάτων του Νέστου.

Την ετοιμότητα για επαναδιαπραγμάτευση του ποσοστού του όγκου νερού που εισέρχεται στο ελληνικό μέρος της λεκάνης του Νέστου.

Την υλοποίηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων για όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες με περιβαλλοντικό προσανατολισμό προκειμένου να αυξηθούν οι σχετικές γνώσεις των μαθητών, να επιτευχθεί η αλλαγή των στάσεων τους απέναντι στο περιβάλλον και να καλλιεργηθούν περιβαλλοντικές δεξιότητες.

Γραφήματα που ετοιμάσαμε από τα μετεωρολογικά δεδομένα που συλλέξαμε:

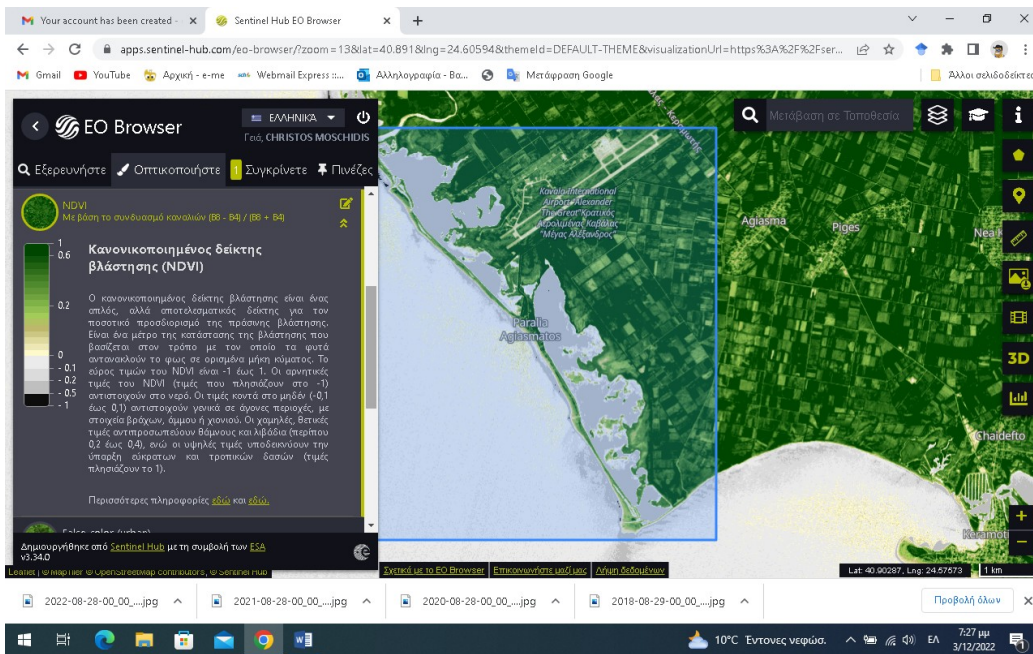


Πηγή: http://www.emy.gr/emy/el/climatology/climatology_city

Σύνδεσμος του βίντεο της εργασίας μας:

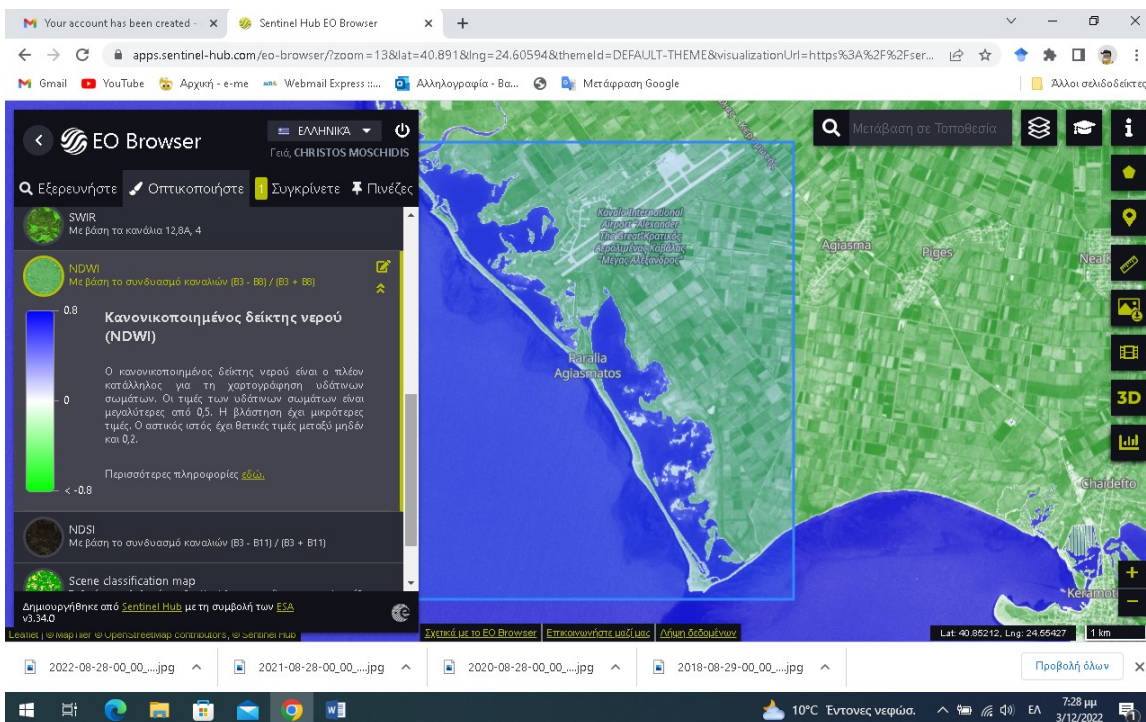
<https://drive.google.com/file/d/1YKjBblaYp5M2RTGKAJHuEZZd8smyot8o/view?usp=sharing>

Οι κανονικοποιημένοι δείκτες που χρησιμοποιήσαμε*:



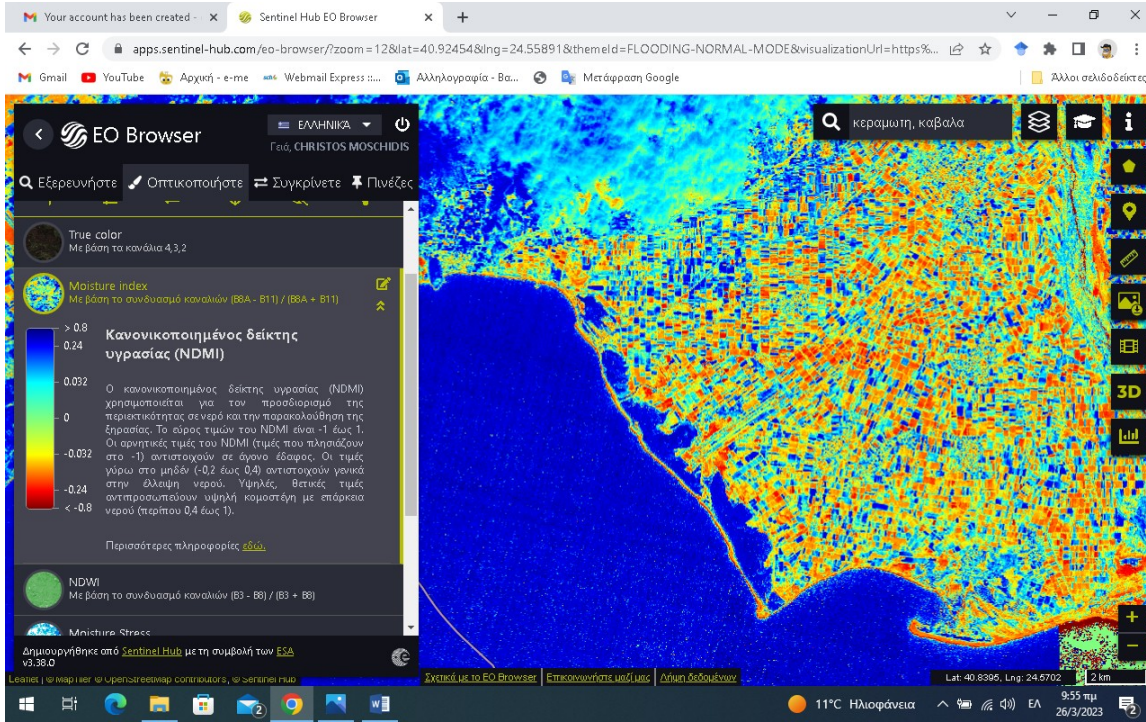
Κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης (NDVI)

Ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης είναι ένας απλός, αλλά αποτελεσματικός δείκτης για τον ποσοτικό προσδιορισμό της πράσινης βλάστησης. Είναι ένα μέτρο της κατάστασης της βλάστησης που βασίζεται στον τρόπο με τον οποίο τα φυτά αντανακλούν το φως σε ορισμένα μήκη κύματος. Το εύρος τιμών του NDVI είναι -1 έως 1. Οι αρνητικές τιμές του NDVI (τιμές που πλησιάζουν στο -1) αντιστοιχούν στο νερό. Οι τιμές κοντά στο μηδέν (-0,1 έως 0,1) αντιστοιχούν γενικά σε άγονες περιοχές, με στοιχεία βράχων, άμμου ή χιονιού. Οι χαμηλές, θετικές τιμές αντιπροσωπεύουν θάμνους και λιβάδια (περίπου 0,2 έως 0,4), ενώ οι υψηλές τιμές υποδεικνύουν την ύπαρξη εύκρατων και τροπικών δασών (τιμές πλησιάζουν το 1).



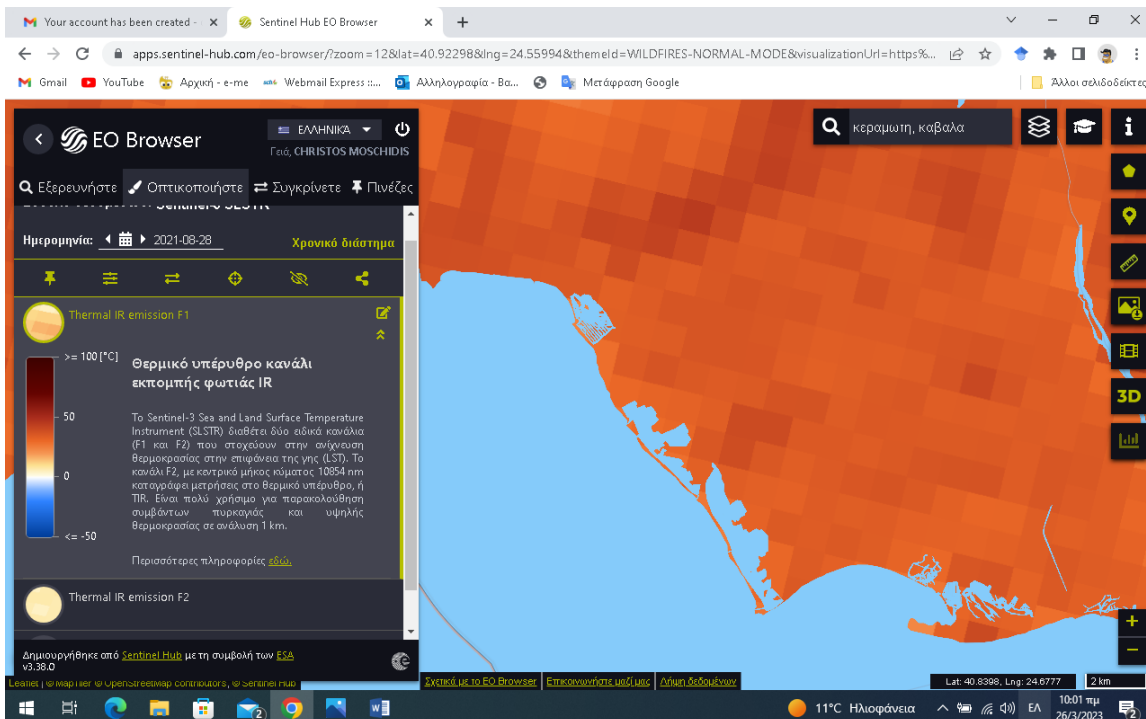
Κανονικοποιημένος δείκτης νερού (NDWI)

Ο κανονικοποιημένος δείκτης νερού είναι ο πλέον κατάλληλος για τη χαρτογράφηση υδάτινων σωμάτων. Οι τιμές των υδάτινων σωμάτων είναι μεγαλύτερες από 0,5. Η βλάστηση έχει μικρότερες τιμές. Ο αστικός ιστός έχει θετικές τιμές μεταξύ μηδέν και 0,2.



Κανονικοποιημένος δείκτης υγρασίας (NDMI)

Ο κανονικοποιημένος δείκτης υγρασίας (NDMI) χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε νερό και την παρακολούθηση της ξηρασίας. Το εύρος τιμών του NDMI είναι -1 έως 1. Οι αρνητικές τιμές του NDMI (τιμές που πλησιάζουν στο -1) αντιστοιχούν σε άγονο έδαφος. Οι τιμές γύρω στο μηδέν (-0,2 έως 0,4) αντιστοιχούν γενικά στην έλλειψη νερού. Υψηλές, θετικές τιμές αντιπροσωπεύουν υψηλή κομοστέγη με επάρκεια νερού (περίπου 0,4 έως 1).



Θερμικό υπέρυθρο κανάλι εκπομπής φωτιάς IR

Το Sentinel-3 Sea and Land Surface Temperature Instrument (SLSTR) διαθέτει δύο ειδικά κανάλια (F1 και F2) που στοχεύουν στην ανίχνευση θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης (LST). Το κανάλι F2, με κεντρικό μήκος κύματος 10854

νη καταγράφει μετρήσεις στο θερμικό υπέρυθρο, ή TIR. Είναι πολύ χρήσιμο για παρακολούθηση συμβάντων πυρκαγιάς και υψηλής θερμοκρασίας σε απόσταση 1 km. Η εικόνα είναι από το κανάλι F1 το οποίο και χρησιμοποιήθηκε στην εργασία.

Πηγή: EO Browser

* Όλες οι δορυφορικές εικόνες αφορούν στις λιμνοθάλασσες Κεραμωτής

Οδηγίες χρήσης του EO Browser:

<https://esero.gr/%ce%bd%ce%ad%ce%bf%cf%82-%ce%bf%ce%b4%ce%b7%ce%b3%cf%8c%cf%82-%cf%87%cf%81%ce%ae%cf%83%ce%b7%cf%82-%cf%84%ce%bf%cf%85-eo-browser/>

Φωτογραφίες από την επίσκεψή μας στο φράγμα του Θησαυρού

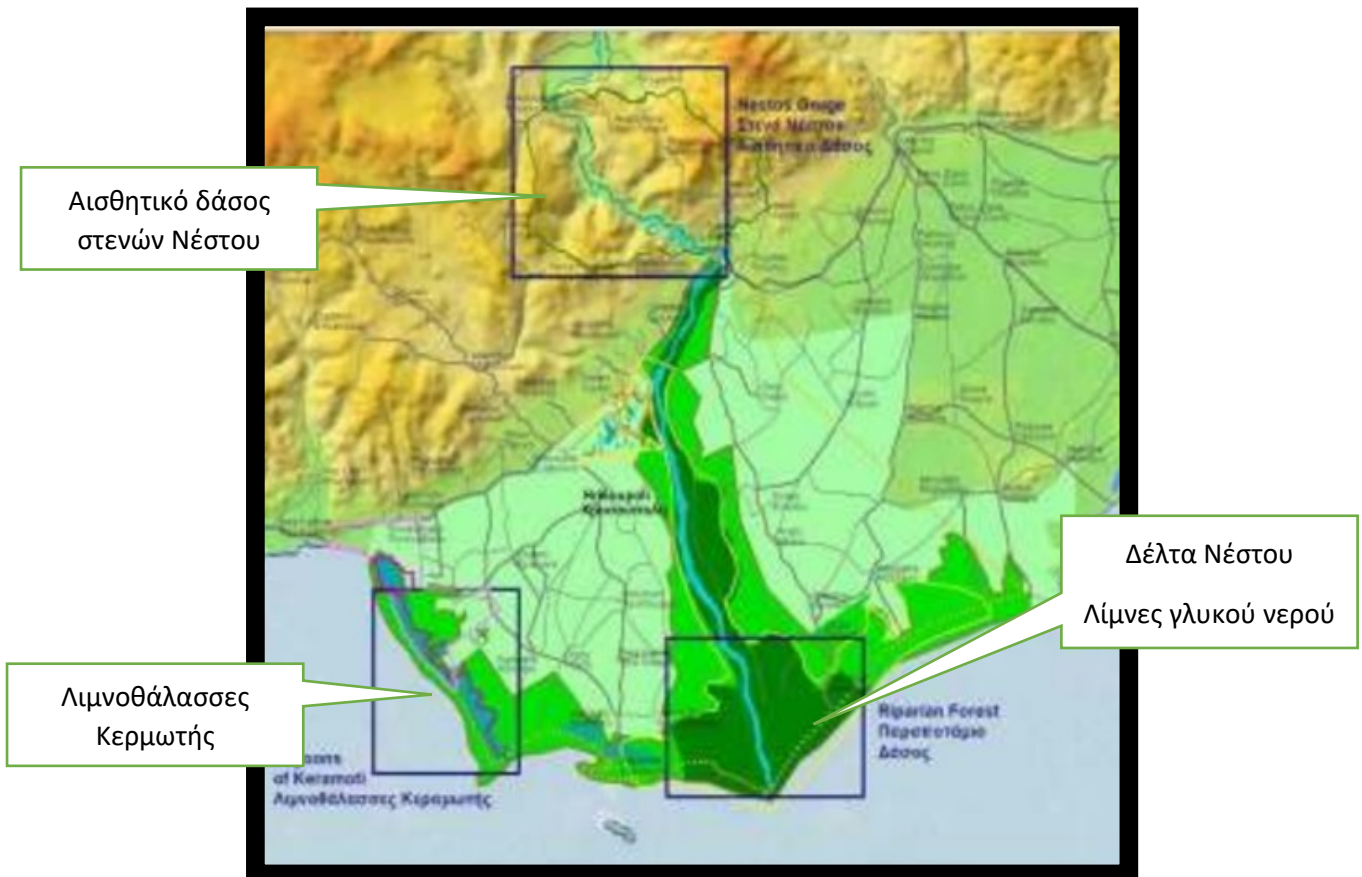


Χρήσιμες πληροφορίες για το Νέστο και τα οικοσυστήματά του

Ο Νέστος είναι ένα από τα πέντε μεγαλύτερα ποτάμια της Ελλάδας, ενώ ο ρους του οριοθετεί τα σύνορα ανάμεσα στη Μακεδονία και τη Θράκη. Η συνολική του πορεία καλύπτει 243 χλμ, 130 από τα οποία βρίσκονται σε Ελληνικό έδαφος. Πηγάζει από τα όρη Ρίλα της Βουλγαρίας, ενώ εκβάλλει στο Θρακικό Πέλαγος, αφού πρώτα έχει διασχίσει τους ορεινούς όγκους της Δυτικής Ροδόπης και το όρος Φαλακρό.



Στα κατόντη του φράγματος του Τεμένους υπάρχουν πολλές περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως προστατευόμενες περιοχές μέσω εθνικών και διεθνών συνθηκών. Αυτές οι περιοχές είναι το αισθητικό δάσος των στενών του Νέστου, οι λίμνες γλυκού νερού στο άνω τμήμα του δέλτα, το παραποτάμιο δάσος στις εκβολές του ποταμού και οι λιμνοθάλασσες της Κεραμωτής στα δυτικά του δέλτα.



Το παραποτάμιο δάσος στο Δέλτα του Νέστου



Το παραποτάμιο δάσος του Νέστου ξεκινάει από το χωριό Τοξότες και καταλήγει στη θάλασσα ακολουθώντας τη ροή του ποταμού. Το μήκος του είναι 27 χιλιόμετρα, ενώ το πλάτος του κυμαίνεται από 3 ως 7 χιλιόμετρα, με αποτέλεσμα η συνολική έκτασή του να είναι 7.200 εκτάρια. Το δάσος αυτό, το οποίο είναι το μεγαλύτερο στο είδος του στην περιοχή της Νοτιοανατολικής Ευρώπης, προστατεύεται από το Ευρωπαϊκό δίκτυο περιβαλλοντικής προστασίας NATURA 2000.

Κάποτε ξεπερνούσε τα 125.000 στρέμματα και προστατεύονταν κάθε φορά που η περιοχή βρισκόνταν στα χέρια ξένων κατακτητών είτε σαν βασιλικό πάρκο, είτε σαν απαγορευμένο δάσος. Η καταστροφή του προήλθε από ελληνικά χέρια και το μεγαλύτερο μέρος του εκχερσώθηκε κατά τη δεκαετία του 1950. Σήμερα έχουν απομείνει μόλις 4.500 στρέμματα (συνολικά και από τις δύο πλευρές του ποταμού), τα οποία είναι περιφραγμένα και στην αρμοδιότητα του Δασαρχείου Ξάνθης.

Το αισθητικό δάσος των στενών Νέστου

Το αισθητικό δάσος των στενών του Νέστου είναι ένα παραποτάμιο δάσος το οποίο καλύπτει έκταση της τάξης των 238 εκταρίων και βρίσκεται στα σύνορα του ορεινού τμήματος της λεκάνης και του δέλτα. Το δάσος αυτό, το οποίο προστατεύεται περιβαλλοντικά, αποτελεί καταφύγιο για σημαντικό αριθμό σπάνιων αρπακτικών πτηνών και θηλαστικών όπως η βίδα.



Λιμνοθάλασσες Κεραμωτής

Στο νομό Καβάλας υπάρχουν οι λιμνοθάλασσες της Βάσσοβας, του Ερατεινού, του Αγιάσματος και του Μοναστηρακίου με συνολική έκταση 12.000 στρεμμάτων. Η διαδικασία σχηματισμού των λιμνοθαλασσών σχετίζεται με υλικά (άμμος και λάσπη) που μεταφέρονται από τον ποταμό Νέστο στη θάλασσα. Τα υλικά αυτά οδηγούνται από τα θαλάσσια ρεύματα σε συγκεκριμένα σημεία και σχηματίζουν επιμήκεις αναχώματα, τα οποία λειτουργούν ως φυσικά φράγματα για την παγίδευση του νερού.



Οι λιμνοθάλασσες της Κεραμωτής θεωρούνται υγροβιότοποι διεθνούς σημασίας και προστατεύονται από τη διεθνή συνθήκη RAMSAR. Όλη η περιοχή είναι ένας παράδεισος για τους φυσιολάτρεις, καθώς αποτελεί έναν μοναδικό τόπο παρατήρησης, έρευνας και ενημέρωσης για την πλούσια χλωρίδα και πανίδα. Στην περιοχή ζουν σημαντικοί πληθυσμοί από πάπιες, χήνες, κύκνους, ερωδιούς, κορμοράνους, φλαμίνγκο, καθώς και πολλά αρπακτικά όπως γεράκια. Σπανιότερα παρατηρούνται η Αγκαθοκαλημάννα, ο Θαλασσαετός, ο Ροδοπελεκάνος, το Φοινικόπτερο και η Αβοκέτα.

Λίμνες γλυκού νερού Νέστου



Στο Δέλτα του Νέστου ανήκουν επίσης 18 μικρού και μέτριου μεγέθους λίμνες γλυκού νερού. Εδώ βρίσκουν καταφύγιο πολλά είδη πουλιών (ανάμεσά τους και μερικά πολύ σπάνια), θηλαστικών, ψαριών, αμφίβιων και ερπετών, ενώ φύονται πολλά είδη σπάνιων λουλουδιών. Για τη διάσωση και τη διατήρησή τους έχει εκπονηθεί το πρόγραμμα «Λίμνες Ζωής» (μέρος του ευρύτερου προγράμματος «Life» της Ε.Ε., με σκοπό τη διάσωση των πιο σημαντικών λιμνών παγκοσμίως). Στόχοι του μεγαλόπνοου αυτού σχεδίου είναι η διατήρηση της ζωής στις Λίμνες του Νέστου και η ευαισθητοποίηση του κοινού. Οι υγροβιότοποι της περιοχής του δέλτα, διοικητικά ανήκουν στις Νομαρχιακές ενότητες Καβάλας και Ξάνθης, ενώ το σύνολο των υγροβιότοπων αυτών αποτελεί μέρος του Εθνικού Πάρκου Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης.