

**Τα μαθηματικά ερμηνεύουν φαινόμενα της πραγματικής ζωής:
«Στατιστική μελέτη της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης στην
περιοχή της Λαμίας για την περίοδο 1970-2021: μέσο και ακραίο
κλίμα», μια μελέτη του 4^{ου} Γενικού Λυκείου Λαμίας**

Ραχιώτου Λεμονιά

Μαθηματικός, 4ο Γενικό Λύκειο Λαμίας
lrachiotou@sch.gr

Τρίγγα Ευσταθία (Στέφη)

Υπ. Διδάκτορας, Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ
tringaen@geo.auth.gr

Περίληψη

Σ' ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο κλίμα η έγκυρη και έγκαιρη ενημέρωση είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την ασφάλεια της κοινωνίας. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας οι μαθητές Λυκείου μιας σχολικής μονάδας ενημερώθηκαν για το κλίμα, τις μεταβολές του και τις σημαντικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει σήμερα η κοινωνία λόγω της αβεβαιότητας των κλιματικών μεταβολών. Πραγματοποιήθηκε μια κλιματολογική ανάλυση για το διάστημα 1970-2010 για τον σταθμό της Λαμίας, με στόχο την κατανόηση των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή αυτή. Η ανάλυση διεξάχθηκε σε πρόγραμμα λογιστικών φύλλων Excel. Επίσης, παρουσιάζεται σαν μελέτη περίπτωσης η προσπάθεια που έγινε από ομάδα μαθητών της Α' Λυκείου του 4^{ου} ΓΕΛ Λαμίας να μελετήσουν και να ερμηνεύσουν τα μετεωρολογικά δεδομένα που συλλέχθηκαν από τον Μετεωρολογικό σταθμό που έχει εγκατασταθεί στο σχολείο. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν πτωτική τάση στις μέσες ετήσιες ελάχιστες θερμοκρασίες και αυξητική τάση στις μέσες ετήσιες μέγιστες θερμοκρασίες. Αντίστοιχα, πτωτική τάση παρουσιάζει η βροχόπτωση κατ' έτος, οι ημέρες βροχόπτωσης κατ' έτος καθώς και η ένταση της βροχόπτωσης.

Λέξεις κλειδιά: κλιματολογική ανάλυση, μέσο κλίμα, ακραίο κλίμα

Εισαγωγή

Είναι χρήσιμο οι μαθητές να διδάσκονται και άλλα μαθήματα, πέραν αυτών που υπάρχουν στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών του σχολείου. Οι μαθητές πρέπει να εφοδιάζονται και με άλλες γνώσεις που θα τους οδηγήσουν σε δεξιότητες μάθησης και καινοτομίας και θα τους προετοιμάσουν για μια πιο περίπλοκη ζωή και για τα περιβάλλοντα εργασίας του 21 αιώνα (Ραχιώτου, 2021). Σημαντικό επίσης, είναι να έχουν γνώσεις για το περιβάλλον μέσα στο οποίο ζουν. Η αβεβαιότητα των κλιματικών μεταβολών θεωρείται μια από τις πιο σημαντικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει η κοινωνία μας σήμερα. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα γίνονται όλο και πιο συχνά, προκαλώντας έντονη ανησυχία. Για τον λόγο αυτό το 4^ο ΓΕΛ Λαμίας και ο Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας του ΑΠΘ συνεργάστηκαν με στόχο να ενημερώσουν και να εφοδιάσουν τους μαθητές με τις κατάλληλες γνώσεις γύρω από το κλίμα και τις μεταβολές του.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας (World Meteorological Organization, WMO) με τον όρο κλίμα αναφερόμαστε στο σύνολο των καιρικών συνθηκών που επικρατούν σε μια περιοχή για μία μακρά χρονική περίοδο. Τα χαρακτηριστικά του κλίματος ενός τόπου προκύπτουν με την παρατήρηση και την καταγραφή των διαφορετικών μετεωρολογικών μεταβλητών που παρατηρούνται σ' έναν συγκεκριμένο τόπο (WMO). Βάσει της διεθνούς βιβλιογραφίας το κλίμα ορίζεται από τη μέση θερμοκρασία, τη μέση συχνότητα βροχοπτώσεων, αλλά και από τους ανέμους οι οποίοι αποτελούν ένα βασικό κλιματικό γνώρισμα και χαρακτηρίζουν μια περιοχή. Αφορά δηλαδή τις καιρικές συνθήκες οι οποίες

επικρατούν συνήθως στην εν λόγω περιοχή και επαναλαμβάνονται με περίπου τον ίδιο τρόπο κάθε έτος. Πιο συγκεκριμένα το κλίμα αποτελείται από το σύνολο των ατμοσφαιρικών συνθηκών οι οποίες περιλαμβάνουν τη θερμότητα, την υγρασία και την κίνηση του αέρα μέσα σε μεγάλες χρονικές περιόδους (Μπαλαφούτης, 1985, Φλόκας, 1994). Οι βασικότεροι παράγοντες οι οποίοι έχουν άμεση σχέση με την μεταβολή του κλίματος από περιοχή σε περιοχή είναι 1) η ηλιακή ακτινοβολία, 2) το γεωγραφικό μήκος - πλάτος, 3) το υψόμετρο 4) κατανομή ξηράς – θάλασσας 5) τα ωκεάνια Ρεύματα, 6) η τοπογραφία, 7) η βλάστηση και 8) οι επικρατούντες άνεμοι (Φλόκας, 1986).

Ο προσδιορισμός του κλίματος της γης εκτός από τους φυσικούς παράγοντες επηρεάζεται και από τους ανθρωπογενείς παράγοντες (Efsthathiou et al. 2007). Κατά βάση όμως το κλίμα είναι το αποτέλεσμα της απορρόφησης και της αναδιανομής της ηλιακής ακτινοβολίας από το σύστημα ατμόσφαιρας – υδρόσφαιρας – γης. Συνεπώς η ηλιακή ακτινοβολία δίνει την απαραίτητη ενέργεια ώστε να κινηθούν τα καιρικά φαινόμενα και διαμορφώνει το κλίμα (Μακρογιάννης, 1998). Οποιαδήποτε αναδιανομή της ενέργειας, δηλαδή μεταβολή στους παράγοντες που επιδρούν τόσο στην εισερχόμενη όσο και στην εξερχόμενη ακτινοβολία οδηγούν στην αλλαγή του κλίματος.

Κίνητρο της παρούσας εργασίας ήταν να ενημερωθούν οι μαθητές και να λάβουν τις κατάλληλες γνώσεις για το κλίμα της πόλης τους και τις μεταβολές του. Θεωρήθηκε ότι ο καλύτερος τρόπος, είναι να έρθουν σε άμεση επαφή με τον Μετεωρολογικό σταθμό που τοποθετήθηκε στο 4^ο ΓΕΛ Λαμίας, για να γνωρίσουν οι μαθητές τη διαδικασία της συλλογής των μετεωρολογικών δεδομένων, στη συνέχεια να τα επεξεργαστούν και τέλος να τα ερμηνεύσουν. Επιδιωκόμενος στόχος της παρούσας εργασίας είναι η στατιστική μελέτη της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης για την περιοχή της Λαμίας. Έτσι, μέσα από αυτή τη συνεργασία και την μελέτη στοχεύσαμε να βελτιώσουν οι μαθητές μας τις γνώσεις τους σε νέες επιστημονικές έννοιες και να αποκτήσουν ισχυρές γνώσεις για το κλίμα της πόλης τους.

Κλιματικά Στοιχεία

Κλιματικά η Ευρώπη ανήκει στην εύκρατη ζώνη, ενώ ένα μικρό της τμήμα τοποθετείται στη βόρεια πολική ζώνη. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της είναι ότι όλη η ήπειρος, εκτός από την ανατολική Ευρώπη, βρέχεται από θάλασσα. Το γεγονός αυτό συμβάλλει σημαντικά στα χαρακτηριστικά του κλίματος, το οποίο χαρακτηρίζεται ως εύκρατο, με εξαίρεση ένα μικρό τμήμα που ανήκει στον πολικό κύκλο και το οποίο χαρακτηρίζεται από ακραίες θερμοκρασίες τον χειμώνα (Φλόκας 1994). Σύμφωνα με την κατάταξη κατά Korppen (Korppen climate classification 1900) το κλίμα της Ευρώπης διακρίνεται σε έξι τύπους: 1) ωκεάνιο, 2) ηπειρωτικό, 3) μεταβατικό, 4) μεσογειακό, 5) πολικό και 6) ορεινό κλίμα. Η νοτιοανατολική Ευρώπη και συγκεκριμένα τα Βαλκάνια τοποθετούνται στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη, στη ζώνη μετάβασης μεταξύ του ξηρού υποτροπικού και υγρού κλίματος και είναι περιοχή ευαίσθητη στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή (Maheras, 1985). Η παρουσία της Μεσογείου η οποία θεωρείται ως κλειστή θάλασσα περιβαλλόμενη από ιδιαίτερα ορογραφικά χαρακτηριστικά ξηράς, διαμορφώνει σε σημαντικό βαθμό το κλίμα στα νότια παράλια των Βαλκανίων. Ουσιαστικά, αποτελεί μια μεταβατική ζώνη ανάμεσα στις περιοχές των υποτροπικών υψηλών και στις περιοχές των μέσων γεωγραφικών πλατών όπου επικρατούν δυτικοί άνεμοι (Michaelides et al. 2008, Michailidou et al. 2009). Γενικά, οι δυτικοί άνεμοι μεταφέρουν υγρό μεσογειακό αέρα προς τις βαλκανικές χώρες (Anagnostopoulou et al. 2017). Σχετικά με την γεωγραφική κατανομή της θερμοκρασίας στην βαλκανική χερσόνησο, μελέτες έχουν δείξει ότι οι βορειότεροι σταθμοί καταγράφουν τις πιο χαμηλές θερμοκρασίες ενώ σταδιακή αύξηση παρατηρείται από τους κεντρικούς προς τους παραθαλάσσιους και νότιους σταθμούς της χερσονήσου (Τρίγγα, 2020). Έτσι λοιπόν το κλίμα στις ακτές των Βαλκανίων που βρέχονται από τη Μεσόγειο θάλασσα χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό, δηλαδή με ήπιους χειμώνες, θερμά και ξηρά καλοκαίρια και με μεγάλη ηλιοφάνεια σχεδόν κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου (Lionello et al. 2006, Vukovic and Vujadinovic 2018).

Οι καιρικές συνθήκες της Ελλάδας, όπως και όλης της Νοτίου Ευρώπης, επηρεάζονται κατά ένα μεγάλο ποσοστό από την παρουσία της Μεσογείου, η οποία θεωρείται σαν κλειστή θάλασσα περιβαλλόμενη από ιδιαίτερα ορογραφικά χαρακτηριστικά ξηράς. Ωστόσο στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας παρουσιάζεται μια μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων. Ακόμη και σε περιοχές που βρίσκονται σε πολύ μικρή απόσταση μεταξύ τους παρατηρούνται κλιματικές διαφορές (Kostorouli, 2003). Αυτό αποτελεί ένα φαινόμενο που παρατηρείται σε λίγες μόνο χώρες σε όλο τον κόσμο. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ανάγλυφο της χώρας που παρουσιάζει μεγάλες οροσειρές κατά μήκος της κεντρικής χώρας και πλήθος ορεινών όγκων, καθώς και στο θαλάσσιο διαχωρισμό της. Έτσι, από το ξηρό κλίμα της Αττικής, των Κυκλάδων και ορισμένων άλλων επιμέρους περιοχών μεταπίπτουμε στο υγρό της Βόρειας και της Δυτικής Ελλάδας, καθώς και των ανατολικών νήσων του Αιγαίου. Γενικά, η ξηρή περίοδος έχει μεγαλύτερη διάρκεια με φορά από τα βόρεια προς τα νότια και από τα δυτικά προς τα ανατολικά (Maheras, 1985b).

Η περιοχή της Λαμίας η οποία αποτελεί την υπό μελέτη περιοχή της παρούσας εργασίας ανήκει στην Στερεά Ελλάδα και βρέχεται στα ανατολικά από τον Μαλιακό κόλπο. Το κλίμα στην περιοχή της Λαμίας είναι μεσογειακό με σχετικά πολλές και ραγδαίες βροχοπτώσεις από τον Οκτώβριο έως το Μάρτιο, ενώ οι άνεμοι που επικρατούν είναι βόρειοι και βόρειο-δυτικοί. Στις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες υπάρχουν σοβαρές αποκλίσεις με παράμετρο το υψόμετρο, τον προσανατολισμό και την εγγύτητα στον Σπερχειό Ποταμό των υπό περιοχών. Το καλύτερο μικρό κλίμα στις αστικές περιοχές παρατηρείται στα λοφώδη ημιορεινά.

Δεδομένα

Η Στερεά Ελλάδα και συγκεκριμένα η πόλη της Λαμίας αποτελεί την περιοχή ενδιαφέροντος της συγκεκριμένης εργασίας. Η τριακονταετία έχει οριστεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας ως η ελάχιστη χρονική κλίμακα μελέτης για τον καθορισμό του κλίματος κάθε περιοχής. Η συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων για την ανάλυση των κλιματικών συνθηκών υλοποιήθηκε από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY) και από τον Μετεωρολογικό σταθμό που εγκαταστάθηκε στο 4^ο ΓΕΛ Λαμίας. Από την EMY συλλέχθηκαν πρωτογενή μετεωρολογικά δεδομένα εντός του χρονικού εύρους 1970 – 2010 για τον σταθμό της Λαμίας (Πίνακας 1), ενώ από τον σταθμό του 4^{ου} ΓΕΛ Λαμίας συλλέχθηκαν δεδομένα για την περίοδο 11/2021-5/2022. Τα δεδομένα τα οποία συλλέχθηκαν ήταν η ημερήσια ελάχιστη θερμοκρασία (T_{min}), ημερήσια μέση θερμοκρασία (T_{mean}), η ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία (T_{max}) καθώς και το ημερήσιο ύψος υετού (mm). Απαιτήθηκαν ορισμένες επιπλέον διορθώσεις στα δεδομένα. Επίσης, σε ημέρες στις οποίες παρατηρήθηκε έλλειψη της τιμής της θερμοκρασίας, αυτή προσδιορίστηκε από το μέσο όρο της προηγούμενης και της επόμενης ημέρας, ενώ στην περίπτωση μεγαλύτερης ακολουθίας ελλείψεων, προσδιορίστηκε από το μέσο όρο όλων των χρόνων για εκείνες τις ημέρες. Επιπλέον, στην περίπτωση των δεδομένων του ημερήσιου υετού χρειάστηκε να συμπληρωθούν οι ημέρες κατά τις οποίες δεν υπήρχε καμία μέτρηση με τη τιμή του μηδενός. Η επεξεργασία των δεδομένων της θερμοκρασίας πραγματοποιήθηκε σε υπολογιστικό φύλλο Excel, ώστε να προκύψουν οι απαραίτητες στατιστικές παράμετροι.

Ακόμη, στην πειραματική ενότητα της παρούσας εργασίας οι μαθητές ήρθαν σε άμεση επαφή με τον Μετεωρολογικό σταθμό που έχει εγκατασταθεί στο σχολείο μας και χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Weather Link 6.0.5 πειραματίστηκαν και έμαθαν να συλλέγουν και να αναλύουν πρωτογενή μετεωρολογικά δεδομένα.

Πίνακας 1: Τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά των υπό μελέτη σταθμών

Όνομα Σταθμού	Γεωγραφικό μήκος(°)	Γεωγραφικό πλάτος(°)	Υψόμετρο (m)
Λαμία	22,43	38,87	12
Μετεωρολογικός Σταθμός 4 ^{ου} ΓΕΛ ΛΑΜΙΑΣ	22,25	38,54	12

Μεθοδολογία

Αφού συλλέχθηκαν τα δεδομένα θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για τον σταθμό της Λαμίας, στη συνέχεια έγινε η κατάλληλη επεξεργασία στο πρόγραμμα Excel έτσι ώστε να προκύψουν οι απαραίτητες στατιστικές παράμετροι. Τα δεδομένα της περιόδου των 41 ετών 1970–2010 (από εδώ και πέρα περίοδος αναφοράς) χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση του μέσου κλίματος που επικρατεί στην περίοδο αναφοράς. Αρχικά, δημιουργήθηκαν διαγράμματα που απεικονίζουν την ενδοετήσια πορεία της θερμοκρασίας για κάθε μία μεταβλητή: μέση ετήσια ελάχιστη θερμοκρασία ($MeanT_{min}$), μέση ετήσια θερμοκρασία ($MeanT_{mean}$) και μέση μέγιστη ($MeanT_{max}$) με στόχο να εντοπιστούν οι μήνες με τις χαμηλότερες και υψηλότερες θερμοκρασίες. Η μηνιαία θερμοκρασία υπολογίστηκε με τον μέσο όρο του κάθε μήνα για τα 41 χρόνια. Για παράδειγμα, για τον υπολογισμό της μηνιαίας $MeanT_{min}$ υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ημερήσιων ελαχίστων θερμοκρασιών για τον εκάστοτε μήνα. Έπειτα, πραγματοποιήθηκε διαχρονική ανάλυση των ακραίων θερμοκρασιών. Δηλαδή, χρησιμοποιήθηκαν οι ημερήσιες ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες και στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι αυτών για κάθε ένα έτος.

Ο μέσος όρος (MO) ή αλλιώς η δειγματική μέση τιμή ενός συνόλου n παρατηρήσεων αποτελεί το σπουδαιότερο και χρησιμότερο μέτρο στην επιστήμη της Στατιστικής και είναι ένα μέτρο θέσης, δηλαδή δείχνει σχετικά τις θέσεις των αριθμών στους οποίους αναφέρεται (Μαθηματικά Β' Γυμνασίου, Μαθηματικά και στοιχεία Στατιστικής Γ' Λυκείου). Η μέση τιμή συμμετέχει σε αρκετούς τύπους της στατιστικής και εξετάζεται σε σχεδόν όλες τις στατιστικές κατανομές. Γενικά ορίζεται ως το άθροισμα των παρατηρήσεων δια του πλήθους αυτών. Είναι δηλαδή η μαθηματική πράξη ανεύρεσης της «μέσης απόστασης» ανάμεσα σε δύο ή περισσότερους αριθμούς. Η μέση τιμή συμβολίζεται συνήθως με \bar{x}

Ο γενικός τύπος της μέσης τιμής είναι ο εξής: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i = \frac{1}{n} (t_1 + \dots + t_n)$

Ακόμη, μελετήθηκαν οι ημέρες μερικού παγετού και οι καλοκαιρινές ημέρες. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας (WMO) ως ημέρες μερικού παγετού ορίζονται οι ημέρες όπου η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία βρίσκεται κάτω από τους 0°C ($T_{min} < 0^\circ\text{C}$). Αντίστοιχα καλοκαιρινές ημέρες ορίζονται οι ημέρες όπου η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία είναι πάνω από 25°C ($T_{max} > 25^\circ\text{C}$).

Στη συνέχεια μελετήθηκε η ένταση και η συχνότητα της βροχής κατά τη διάρκεια του έτους. Για κάθε ένα έτος υπολογίστηκαν τα ποσά βροχόπτωσης αθροίζοντας τη βροχή για όλες τις ημέρες του έτους. Με αντίστοιχο τρόπο υπολογίστηκαν και οι ημέρες βροχόπτωσης. Τέλος, υπολογίστηκε η ένταση της ημερήσιας βροχής. Με τον όρο ένταση της βροχής εννοούμε την ποσότητα της βροχής (τα mm βροχής) ανά μονάδα χρόνου (t χρόνος). Αποτελεί σημαντική παράμετρο στη μετεωρολογία καθώς, όσο πιο μεγάλη είναι η ένταση, δηλαδή όσο πιο πολλή βροχή πέφτει σε μικρό χρονικό διάστημα, τόσο μεγαλύτερες ζημιές θα προκληθούν, όπως πλημμύρες, κατολισθήσεις κλπ.

Η τελευταία ενότητα της παρούσας εργασίας αποτελεί την πειραματική ενότητα. Οι μαθητές ήρθαν σε άμεση επαφή με τον Μετεωρολογικό σταθμό που έχει εγκατασταθεί στο σχολείο μας και ενημερώθηκαν για την συλλογή την ανάλυση και την επεξεργασία των

μετεωρολογικών δεδομένων. Μέσω του προγράμματος Weather Link 6.0.5 (Εικόνα 1) συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν δεδομένα για το διάστημα 11/2021 – 5/2022 (υπό μελέτη περίοδος). Από την παραπάνω περίοδο επιλέχθηκε ο Δεκέμβριος μήνας από την εποχή του χειμώνα και ο Μάιος μήνας από την εποχή της άνοιξης και πραγματοποιήθηκε ωριαία και ημερήσια μελέτη της θερμοκρασίας. Στο πρώτο στάδιο αυτής της ενότητας αναλύθηκε η διακύμανση της ωριαίας θερμοκρασίας για μια ημέρα του Δεκεμβρίου και μια ημέρα του Μαΐου. Στο δεύτερο στάδιο έγινε σύγκριση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ($MeanT_{mean}$) της υπό μελέτη περιόδου με αυτή της περιόδου αναφοράς ($MeanT_{mean}$). Ακόμη, για την τάση των δεδομένων επιλέχθηκε η γραμμική τάση η οποία είναι μια κατάλληλη ευθεία γραμμή που χρησιμοποιείται για απλά γραμμικά σύνολα δεδομένων. Μια γραμμική τάση συνήθως δείχνει ότι κάτι αυξάνεται ή μειώνεται με σταθερό ρυθμό.

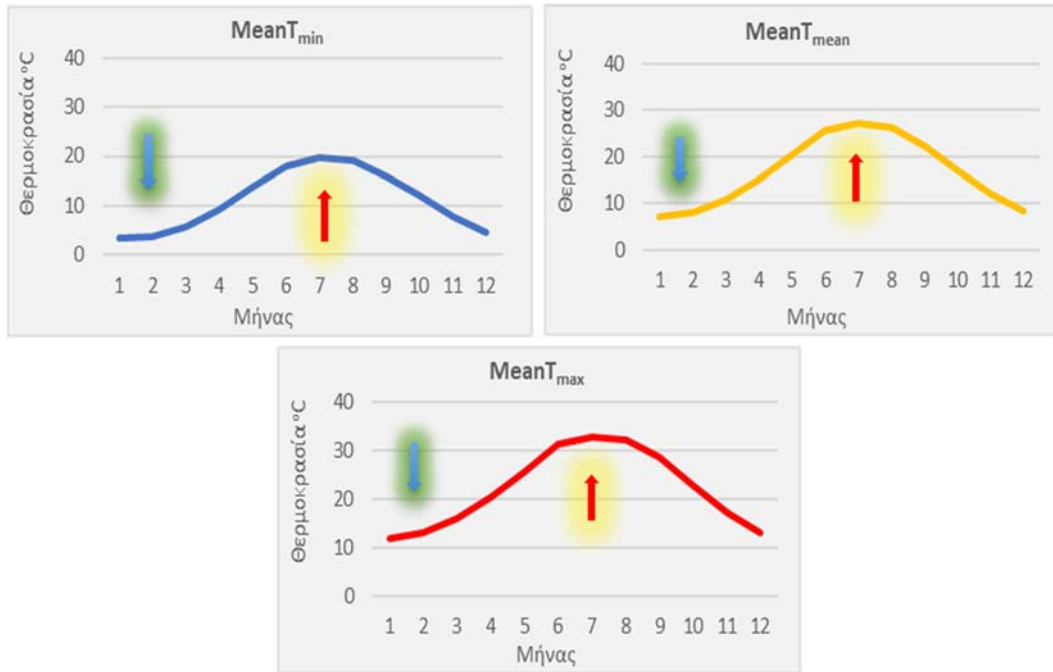
Εικόνα 1. Παράδειγμα ανάγνωσης μετεωρολογικών δεδομένων από τον σταθμό του σχολείου μέσω του προγράμματος Weather Link 6.0.5



Αποτελέσματα

Ενδοετήσια πορεία της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης

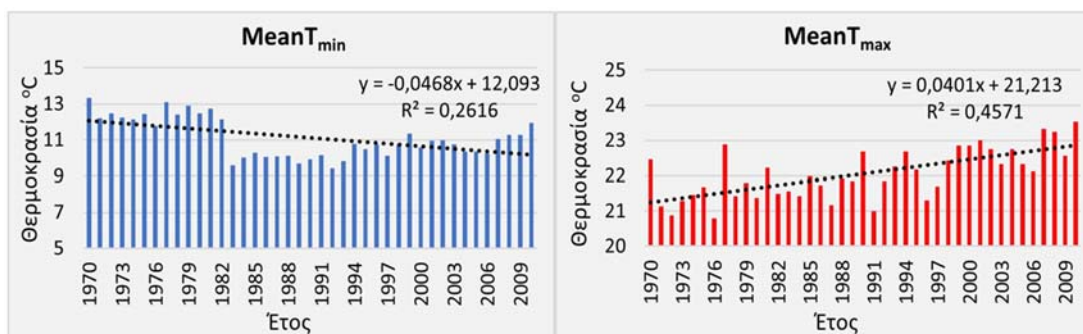
Στην παρούσα ενότητα έγινε χρήση των μετρήσεων της ΕΜΥ για τη θερμοκρασία και τον νετό της περιόδου αναφοράς 1970-2010, με στόχο να μελετηθεί η ενδοετήσια πορεία τους στον σταθμό της Λαμίας. Στο Σχήμα 1 απεικονίζεται η μέση μηνιαία διακύμανση της θερμοκρασίας για την υπό μελέτη περίοδο. Παρατηρείται ότι οι υψηλότερες μέσες τιμές της θερμοκρασίας σημειώνονται στη μέση της θερινής περιόδου (Ιούλιος) και οι ελάχιστες στη μέση της χειμερινής (Ιανουάριος). Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια του πιο θερμού μήνα (Ιούλιος) ο σταθμός της Λαμίας σημειώνει $MeanT_{min} = 19.6^{\circ}C$, $MeanT_{mean} = 27.3^{\circ}C$ και $MeanT_{max} = 32.8^{\circ}C$, ενώ κατά τη διάρκεια του ψυχρού μήνα (Ιανουάριος) σημειώνει $MeanT_{min} = 3.3^{\circ}C$, $MeanT_{mean} = 7.1^{\circ}C$ και $MeanT_{max} = 11.8^{\circ}C$.



Σχήμα 1. Μέση μηνιαία μεταβολή των θερμοκρασιών για την χρονική περίοδο 1970-2010. Με μπλε χρώμα η μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία ($MeanT_{min}$), με κίτρινο χρώμα η μέση μηνιαία θερμοκρασία ($MeanT_{mean}$) και με κόκκινο χρώμα η μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία ($MeanT_{max}$).

Διαχρονική ανάλυση μέσων ακραίων θερμοκρασιών

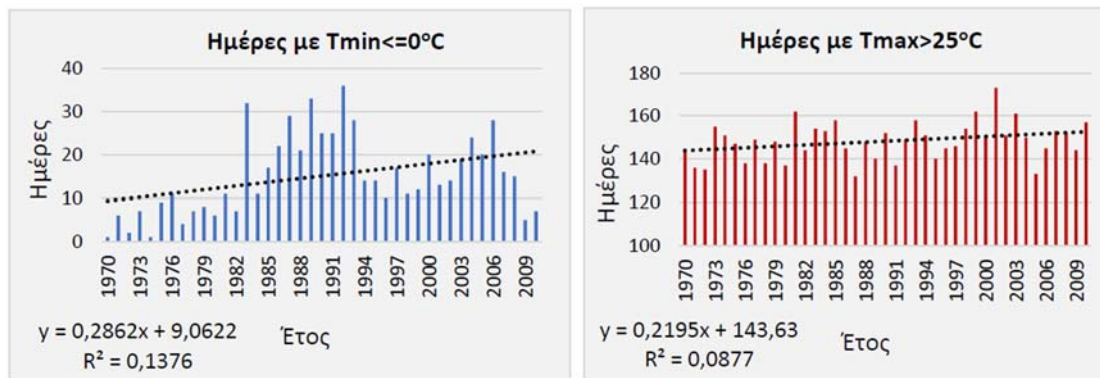
Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται οι μέσες ετήσιες ελάχιστες ($MeanT_{min}$) και μέσες ετήσιες μέγιστες θερμοκρασίες ($MeanT_{max}$) που σημειώθηκαν στον σταθμό της Λαμίας κατά τη διάρκεια της περιόδου αναφοράς καθώς και η γραμμή τάσης, η εξίσωση γραμμικής τάσης και ο συντελεστής σημαντικότητας. Γενικά παρατηρείται πτωτική τάση στις μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες ($MeanT_{min}$). Το έτος με την πιο υψηλή $MeanT_{min}$ είναι το έτος 1970 με τιμή $13.3^{\circ}C$, αντίθετα το έτος με την πιο χαμηλή $MeanT_{min}$ είναι το έτος 1992 με τιμή $9.4^{\circ}C$. Ακόμη, παρατηρείται μια απότομη πτώση της $MeanT_{min}$ το έτος 1983 που διαρκεί για περίπου 10 χρόνια έως το έτος 1993. Σχετικά με την $MeanT_{max}$ φαίνεται ότι με το πέρασμα του χρόνου αυξάνεται (αυξητική τάση). Το έτος με την πιο υψηλή $MeanT_{max}$ είναι το έτος 2010 με τιμή $23.5^{\circ}C$, ενώ το έτος με την πιο χαμηλή $MeanT_{max}$ είναι το έτος 1976 με τιμή $20.8^{\circ}C$.



Σχήμα 2. Μέση ετήσια ελάχιστη θερμοκρασία ($MeanT_{min}$) για την περίοδο 1970-2010 (αριστερά) και η ετήσια μέγιστη θερμοκρασία ($MeanT_{max}$) για την περίοδο 1970-2010 (δεξιά). Χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις της ΕΜΥ για την περίοδο 1970-2010.

Καλοκαιρινές ημέρες και ημέρες μερικού παγετού

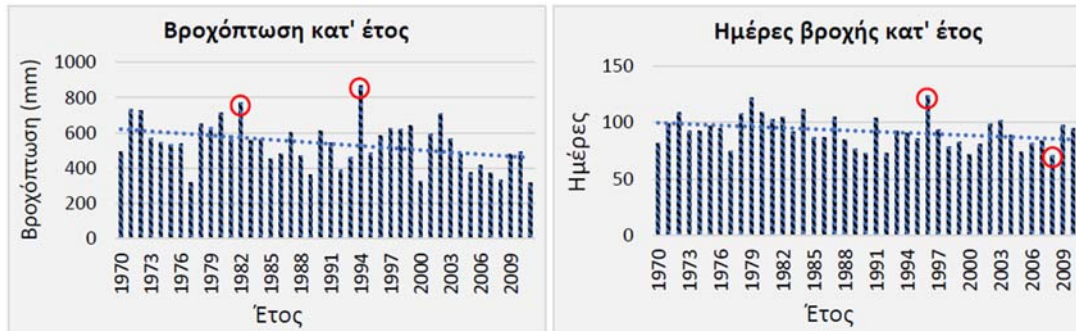
Στην παρούσα ενότητα πραγματοποιήθηκε διαχρονική ανάλυση των ημερών μερικού παγετού ($T_{min}<0^{\circ}C$) και των καλοκαιρινών ημερών($T_{max}>25^{\circ}C$) για την περίοδο αναφοράς. Στο Σχήμα 3 αριστερά παρουσιάζονται οι ημέρες μερικού παγετού, η γραμμή τάσης, η εξίσωση γραμμικής τάσης και ο συντελεστής σημαντικότητας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι κατά την δεκαετή περίοδο 1983-1993 σημειώθηκαν εξαιρετικά περισσότερες ημέρες μερικού παγετού συγκριτικά με την υπόλοιπη περίοδο αναφοράς. Το έτος 1992 καταγράφηκαν 36 ημέρες μερικού παγετού, οι περισσότερες κατά την περίοδο αναφοράς, ενώ οι λιγότερες καταγράφηκαν το έτος 1970 με μόλις μία ημέρα με $T_{min}<0^{\circ}C$. Γενικά, παρατηρείται αυξητική τάση που σημαίνει ότι με το πέρασμα των ετών κατά την περίοδο αναφοράς οι ημέρες μερικού παγετού αυξήθηκαν. Στο Σχήμα 3 δεξιά παρουσιάζονται αντίστοιχα τα αποτελέσματα από την διαχρονική ανάλυση των καλοκαιρινών ημερών. Το έτος με τις περισσότερες καλοκαιρινές ημέρες φαίνεται να είναι το έτος 2001 με 171 ημέρες με $T_{max}>25^{\circ}C$. Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται στατιστικά σημαντική αυξητική τάση των καλοκαιρινών ημερών με το πέρασμα του χρόνου.



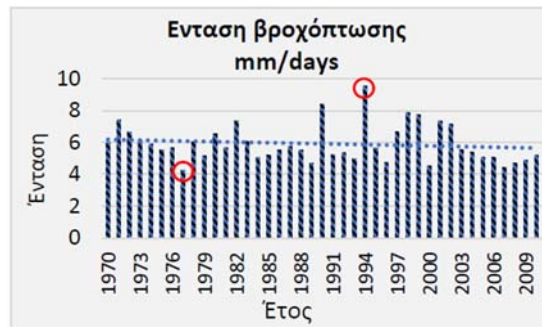
Σχήμα 3. Αριστερά (μπλε χρώμα) οι ημέρες μερικού παγετού ($T_{min}<0^{\circ}C$), δεξιά (κόκκινο χρώμα) οι καλοκαιρινές ημέρες ($T_{max}>25^{\circ}C$) για την περίοδο αναφοράς 1970-2010. Με κόκκινο κύκλο οι μέγιστες τιμές. Χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις της ΕΜΥ για την περίοδο 1970-2010.

Διαχρονική ανάλυση της βροχόπτωσης

Στην παρούσα ενότητα πραγματοποιήθηκε διαχρονική ανάλυση της βροχόπτωσης. Στο Σχήμα 4 αριστερά παρουσιάζεται η βροχόπτωση κατ' έτος, ενώ στο Σχήμα 4 δεξιά παρουσιάζονται οι ημέρες βροχόπτωσης κατ' έτος. Παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια της περιόδου αναφοράς η βροχόπτωση κυμαίνεται από 321mm (έτος 1977) έως 871mm (έτος 1994). Η τάση στα ποσά της βροχόπτωσης είναι πτωτική που σημαίνει ότι με το πέρασμα του χρόνου τα ποσά μειώνονται. Πτωτική φαίνεται να είναι και η τάση των ημερών βροχής κατ' έτος. Το έτος με τις περισσότερες ημέρες βροχόπτωσης είναι το έτος 1996 με 124 ημέρες, ενώ το έτος με τις λιγότερες ημέρες βροχής είναι το έτος 2008 με 71 ημέρες. Συγκρίνοντας τα ποσά βροχόπτωσης με τις ημέρες βροχόπτωσης κατ' έτος διακρίνεται ότι το πιο βροχερό έτος (1977) δεν είναι και το έτος με τις περισσότερες ημέρες βροχόπτωσης (1996). Πράγματι, κοιτάζοντας το Σχήμα 5 όπου απεικονίζεται η ένταση της βροχόπτωσης (mm/day) κατ' έτος, παρατηρείται ότι το έτος 1994 είναι το έτος με τη μεγαλύτερη ένταση βροχόπτωσης. Το συγκεκριμένο έτος είναι και αυτό στο οποίο καταγράφηκε το μεγαλύτερο ποσό βροχόπτωσης (Σχήμα 4, αριστερά) όχι όμως και οι περισσότερες ημέρες βροχόπτωσης. Από φυσική ερμηνεία αυτό σημαίνει ότι κατά τη διάρκεια αυτού του έτους έπεσε πολλή βροχή σε μικρό χρονικό διάστημα.



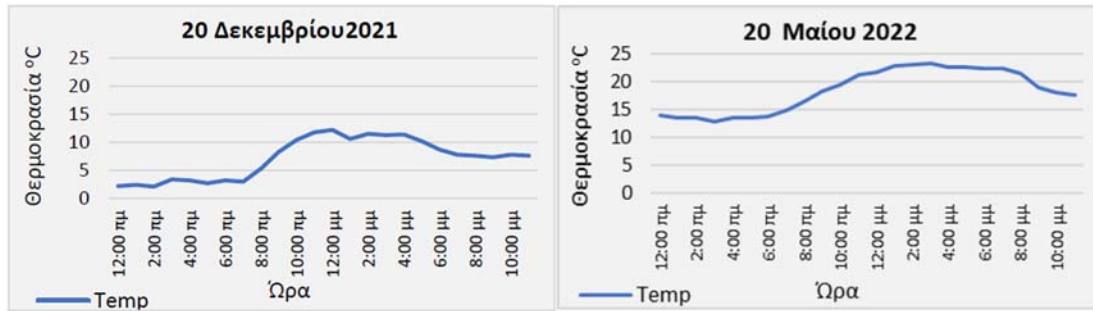
Σχήμα 4. Βροχόπτωση κατ' έτος (αριστερό σχήμα), ημέρες βροχής κατ' έτος (δεξιό σχήμα) για την περίοδο 1970-2010. Με κόκκινο κύκλο επισημαίνονται οι ακραίες τιμές. Χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις της ΕΜΥ για την περίοδο 1970-2010.



Σχήμα 5. Ένταση βροχόπτωσης κατ' έτος για την περίοδο 1970-2010. Με κόκκινο κύκλο επισημαίνονται οι ακραίες τιμές. Χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις της ΕΜΥ για την περίοδο 1970-2010.

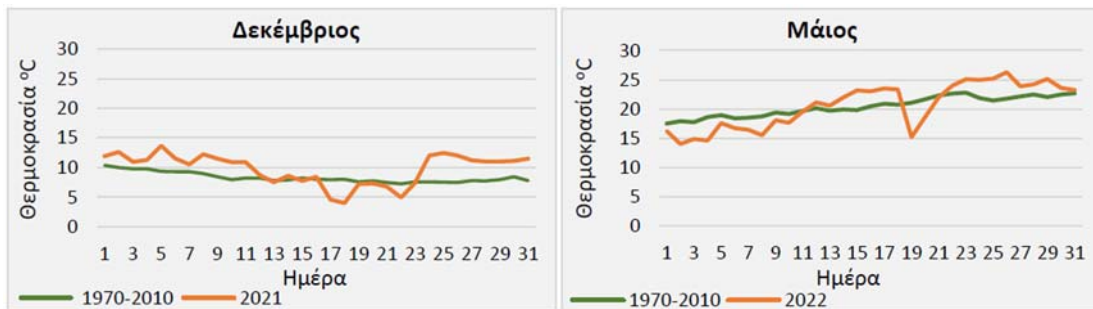
Συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση πρωτογενών δεδομένων από τον Μετεωρολογικό σταθμό του 4^{ου} ΓΕΛ ΛΑΜΙΑΣ

Για την διεκπεραίωση αυτής της ενότητας οι μαθητές ήρθαν σε άμεση επαφή με τον Μετεωρολογικό σταθμό του σχολείου και συλλέξανε τα δεδομένα. Στη συνέχεια χωρίστηκαν σε ομάδες λίγων ατόμων και τους ζητήθηκε να επεξεργαστούν και να αναλύσουν τα πρωτογενή μετεωρολογικά δεδομένα με την καθοδήγηση των υπεύθυνων για την εργασία εκπαιδευτικών. Στόχος ήταν οι μαθητές να έρθουν σε επαφή με ένα νέο για αυτούς εργαλείο (το πρόγραμμα λογιστικών φύλλων Excel) μέσω του οποίου θα πραγματοποιούσαν μια στατιστική ανάλυση. Στο Σχήμα 6 αριστερά παρουσιάζεται η ωριαία διακύμανση της θερμοκρασίας (Temp) για τις 20 Δεκεμβρίου 2021 και δεξιά η ωριαία διακύμανση της θερμοκρασίας (Temp) για τις 20 Μαΐου 2022. Και στις δύο περιπτώσεις παρατηρείται ότι οι μικρότερες θερμοκρασίες καταγράφονται κατά τις πρωινές ώρες, ενώ οι υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τις μεσημεριανές ώρες. Όπως είναι αναμενόμενο η διακύμανση της ωριαίας θερμοκρασίας τον Δεκέμβριο μήνα κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα απ' ότι τον μήνα Μάιο. Στις 20 Δεκεμβρίου 2021 η Temp κυμάνθηκε μεταξύ 12.6°C και 2.1°C. Από την άλλη στις 20 Μαΐου 2022 η Temp κυμάνθηκε μεταξύ 23.4°C και 12.9°C.



Σχήμα 6. Ωριαία διακύμανση της θερμοκρασίας, αριστερά για τις 20 Δεκεμβρίου 2021 και δεξιά για τις 20 Μαΐου 2022.

Στο Σχήμα 7 αριστερά απεικονίζεται για τον μήνα Δεκέμβριο η $MeanT_{mean}$ της περιόδου αναφοράς και η $DailyT_{mean}$ της υπό μελέτη περιόδου, αντίστοιχα δεξιά απεικονίζονται τα αποτελέσματα για τον μήνα Μάιο. Παρατηρείται, ότι τις πρώτες 13 μέρες του Δεκεμβρίου του 2021 η $DailyT_{mean}$ κυμάνθηκε σε υψηλότερες τιμές συγκριτικά με το μέσο κλίμα ($MeanT_{mean}$). Στη συνέχεια, μια σταδιακή πτώση της $DailyT_{mean}$ την οδηγεί σε τιμές χαμηλότερες του μέσου κλίματος. Πιθανόν κάποια ψυχρή εισβολή να είναι η αιτία για αυτή τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Μετά τις 24 Δεκεμβρίου η $DailyT_{mean}$ κυμάνθηκε σε υψηλότερα επίπεδα συγκριτικά με την $MeanT_{mean}$. Γενικά, συμπεραίνεται ότι ο μήνας Δεκέμβριος του 2021 ήταν ένας πιο θερμός μήνας συγκριτικά με το μέσο κλίμα. Αντίστοιχα για τον μήνα Μάιο τις πρώτες 10 μέρες η $DailyT_{mean}$ κυμάνθηκε σε κατώτερα επίπεδα από τον μέσο όρο ενώ τις υπόλοιπες βρισκόταν σε υψηλότερα επίπεδα απ’ ότι τα φυσιολογικά. Εντυπωσιακή είναι η απότομη πτώση της $DailyT_{mean}$ στις 19 Μαΐου η οποία διήρκεσε μια μέρα. Γενικά, συμπεραίνεται ότι κατά τη διάρκεια τόσο του Δεκεμβρίου όσο και του Μαΐου της υπό μελέτη περιόδου η θερμοκρασία κυμάνθηκε σε υψηλότερα επίπεδα από το μέσο κλίμα.



Σχήμα 7. Με πορτοκαλί χρώμα η μέση ημερήσια θερμοκρασία για τον μήνα της υπό μελέτης περιόδου ($DailyT_{mean}$) και με πράσινο χρώμα η μέση ημερήσια θερμοκρασία για τον μήνα της περιόδου αναφοράς ($MeanT_{mean}$). Αριστερά τα αποτελέσματα για τον Δεκέμβριο μήνα και δεξιά για τον Μάιο μήνα.

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία με σκοπό να κατανοηθούν τα χαρακτηριστικά στη μεταβλητότητα του κλίματος της περιοχής της Λαμίας υλοποιήθηκε στατιστική ανάλυση του μέσου και του ακραίου κλίματος της περιοχής. Ο στόχος ήταν οι μαθητές να διδαχθούν κάποια κεφάλαια από την επιστήμη της Μετεωρολογίας και της Κλιματολογίας και μέσω των μαθηματικών να μάθουν να αναλύουν τα δεδομένα και να ερμηνεύουν τα αποτελέσματα.

- Από την κλιματολογική ανάλυση των 41 χρόνων της υπό μελέτη περιόδου αρχικά έγιναν γνωστά τα γενικά χαρακτηριστικά του κλίματος του κάθε σταθμού. Όπως ήταν αναμενόμενο οι υψηλότερες θερμοκρασίες του έτους σημειώνονται στα μέσα του καλοκαιριού (Ιούλιος), ενώ οι μικρότερες στα μέσα του χειμώνα (Ιανουάριος).
- Η διαχρονική ανάλυση των μέσων ακραίων θερμοκρασιών ($MeanT_{min}$, $MeanT_{max}$) ανέδειξε ότι κατά την περίοδο αναφοράς 1970-2010 το πιο ψυχρό έτος ήταν το έτος 1992 και το πιο θερμό έτος ήταν το έτος 2010. Ακόμη παρατηρήθηκε μικρή πτωτική τάση της $MeanT_{min}$ και αυξητική τάση της $MeanT_{max}$, πράγμα που σημαίνει ότι στην περιοχή της Λαμίας το κλίμα τείνει γενικά να γίνει πιο ζεστό στο μέλλον όμως με εξίσου χαμηλές ακραίες θερμοκρασίες. Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στο παρελθόν σε παγκόσμια κλίμακα (Easterling et al. 1997), αποκάλυψαν αυξητικές τάσεις της θερμοκρασίας κυρίως λόγω της αύξησης των ακραίων ελαχίστων θερμοκρασιών. Εστιάζοντας στη νοτιοανατολική Ευρώπη και συγκεκριμένα στην κεντρική και ανατολική Μεσόγειο οι Efthymiadis et al. (2011), έδειξαν ότι σε ετήσια βάση οι ελάχιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του χειμώνα σημειώνουν μεγαλύτερη αύξηση απ' ότι οι μέγιστες θερμοκρασίες, γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας για τον σταθμό της Λαμίας. Σε μικρότερη κλίμακα και συγκεκριμένα για την περιοχή των Βαλκανίων οι Tringetal. 2021 πραγματοποίησαν διαχρονική ανάλυση των ακραίων ελαχίστων θερμοκρασιών και τα αποτελέσματα έδειξαν αυξητική τάση, δηλαδή ότι οι ακραίες ελάχιστες θερμοκρασίες γίνονται λιγότερο ακραίες με το πέρασμα του χρόνου.
- Οι ημέρες μερικού παγετού κατ' έτος παρουσιάζουν αυξητική τάση. Το έτος με τις περισσότερες ημέρες μερικού παγετού είναι το έτος 1992 με 36 ημέρες. Αυξητική τάση παρουσιάζουν και οι καλοκαιρινές ημέρες με τις περισσότερες να καταγράφονται το έτος 2001 (171 ημέρες). Αυξητική τάση των θερμών ημερών με πιο έντονη αύξηση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού έδειξε και η μελέτη των Kostorouli και Jones (2005), που πραγματοποίησαν για την περιοχή της ανατολικής Μεσογείου.
- Η βροχόπτωση κατ' έτος, οι ημέρες βροχόπτωσης και η ένταση της βροχόπτωσης κατ' έτος παρουσιάζουν πτωτική τάση. Ερμηνεύοντάς το φυσικά, αυτό σημαίνει ότι το κλίμα στην περιοχή της Λαμίας γίνεται όλο και πιο ξηρό με το πέρασμα του χρόνου. Άλλη μελέτη που πραγματοποιήθηκε για την χρονική κατανομή της βροχόπτωσης στην Ελλάδα έδειξε αντίστοιχα αποτελέσματα με την παρούσα έρευνα, δηλαδή μείωση της βροχόπτωσης με το πέρασμα του χρόνου και μεγαλύτερη διάρκεια της ξηρασίας (Tolika, 2018).
- Η ωριαία διακύμανση της θερμοκρασίας έδειξε ότι οι μικρότερες θερμοκρασίες καταγράφονται κατά τις πρωινές ώρες, ενώ οι υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τις μεσημεριανές ώρες.
- Η σύγκριση της $DailyT_{mean}$ της περιόδου μελέτης με την $MeanT_{mean}$ της περιόδου αναφοράς για τον Δεκέμβριο και τον Μάιο μήνα έδειξε ότι τις περισσότερες ημέρες η θερμοκρασία κυμάνθηκε σε υψηλότερα επίπεδα από τον μέσο όρο.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι το κλίμα στην περιοχή της Λαμίας γίνεται όλο πιο θερμό και ξηρό με το πέρασμα του χρόνου, ενώ παράλληλα οι ακραίες μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα.

Ως προστιθέμενη αξία δράσης διαπιστώθηκε ότι:

- Οι πρακτικές που ακολουθήθηκαν κινητοποιήσαν ταυτόχρονα τόσο οι μαθητές με χαμηλά επίπεδα ενεργοποίησης όσο και οι μαθητές που προβάλλουν αυξημένες γνωστικές απαιτήσεις. Οι μαθητές, σχεδόν όλοι, συμμετείχαν στην εργασία της μελέτης μας, με επιτυχία και ενδιαφέρον.
- Η θετική στάση των μαθητριών/τών και η ενεργοποίησή τους σχετικά με την σχεδίαση, εκτέλεση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων είτε μετά από κάθε επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων είτε μετά των πειραματικών διαδικασιών ήταν πραγματικά εκπληκτική και επιβεβαιώνει τις μελέτες των (Κώτση, 2011) και (Καμαράτου, κ.ά. 2009) που κατέγραψαν αυξημένο ενθουσιασμό και περιέργεια των μαθητριών/τών απέναντι σε πειραματικές διαδικασίες.
- Οι μαθητές βλέποντας βιωματικά πλέον ότι η μεταβολή του κλίματος δεν είναι απλά θεωρητική υπόθεση αλλά μια πραγματικότητα, την οποία διαπίστωσαν από την δική τους επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων που πήραν για την πόλη τους, έδειξαν να ευαισθητοποιούνται ακόμα και να προτείνουν μέτρα που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.
- Ακόμη, οι μαθητές απέκτησαν εμπειρίες που δεν τους παρέχει η τυπική εκπαίδευση και κατανόησαν καλύτερα τα φυσικά φαινόμενα που επηρεάζουν τη μεταβολή του κλίματος, ενώ οι εκπαιδευτικοί απέκτησαν έναν άλλο ρόλο, επιβεβαιώνοντας έτσι μελέτες που παρουσιάζουν το σχολείο του 21ου αιώνα να καλείται να εκπαιδεύσει και να δημιουργήσει πολύπλευρες προσωπικότητες, ικανές να ανταποκριθούν με επιτυχία στις απαιτήσεις του «νέου κόσμου». Μόνο ένα σχολείο ανοικτό στην κοινωνία και αποτελεσματικό στους στόχους του, με εκπαιδευτικούς με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, δεξιότητες και αυξημένες ικανότητες, μπορεί να το κάνει αυτό, με το ανθρώπινο δυναμικό του, να είναι το κλειδί της επιτυχίας του (Ραχιώτου, Λ. 2018).

Αναφορές

Anagnostopoulou, C., Tolika, K., Lazoglou, G., Maheras, P. (2017). The Exceptionally Cold January of 2017 over the Balkan Peninsula: A Climatological and Synoptic Analysis. *Atmosphere*, 8, 252, doi:10.3390/atmos8120252.

Easterling, D. R., Evans. J. L., Ya, P., Groisman et al.(2000). Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review. *Bull American Meteorological Society*, 81, 3, 417-426, doi.org/10.1175/1520-0477(2000)081<0417:OVATIE>2.3.CO;2.

Efstathiou, M. N., Feretis, H., Tzanis, C., Christodoulakis, J. (2005). Observed association between ai pollution and the biologically effective solar ultraviolet irradiance. *International Journal of Remote Sensing*, 26, 16, doi.org/10.1080/01431160500076566.

Efthymiadis, D., Goodness, C. M., Jones, P. D. (2011). Trends in Mediterranean girded temperature extremes and large-scale circulation influences. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, 2199-2214.

Kostopoulou, E. (2003). The relationships between atmospheric circulation patterns and surface climatic elements in the Eastern Mediterranean. PhD Thesis, University of East Anglia, Norwich, 407pp.

Kostopoulou, E., Jones. (2005). Assessment of climate extremes in the Eastern Mediterranean. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 89, 69-85, doi 10.1007/s00703-005-0122-2.

Lionello. P., Malanotte. P.et. al. (2006).The Mediterranean climate: An overview of the main characteristics and issues. *Developments in Earth and Environmental Sciences*, 4,1-26.

Maheras, P. (1985b). A Factorial Analysis of Mediterranean Precipitation. *Archives for Meteorology Geophysics and Bioclimatology*, Series B 36, 1-14.

Michaelides, S.C., Savvidou, K., Nicolaidis, K.A., Orphanou, A., Photiou, G., Kannaourous, C., (2008). Synoptic, thermodynamic and agroeconomic aspects of severe hail events. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8, 461-471.

Michailidou, C., Maheras, P., Arseni-Papadimitriou, A., Kolyva-Machera, F., Anagnostopoulou, Chr. (2009). A study of the weather types at Athens and Thessaloniki and their relationship to circulation types for the cold-wet period. Part I: Two step Cluster Analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 97, 163-177, doi: 10.1007/s00704-008-0057-x.

Tolika, K. (2019). On the analysis of the temporal precipitation distribution over Greece using the Precipitation Concentration Index (PCI): annual, seasonal, monthly analysis and association with the atmospheric circulation. *Theoretical and Applied Climatology*, 137, 2303-2319.

Tringa, E., Tolika, K., Kostopoulou., Anagnostopoulou, C. (2021). The Cold Winter Spells over the Balkan Peninsula: A climatological and dynamic analysis. *15th International conference on Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics*, September 2021, Ioannina.

Vuković, A., Mandić, M. V. (2018). Study on climate change in the Western Balkans region.

Αδαμόπουλος, Λ., Δαμιανού, Χ., Σβέρκος, Α. (1999) Μαθηματικά και Στοιχεία Στατιστικής Γ' Γενικού Λυκείου. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστικών και Εκδόσεων «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ».

Βλάμος, Π., Δρούτσος, Π., Πρέσβης, Γ., Ρεκούμης, Κ. (2007) Μαθηματικά Β' Γυμνασίου. Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.

Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστικών και Εκδόσεων «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ».

Καμαράτος, Μ., Κώτσης, Κ. & Παππάς, Χ. (2009). Σύγκριση πειραματικής και παραδοσιακής διδασκαλίας των φαινομένων ανάκλασης και διάθλασης του φωτός σε μαθητές Β' Γυμνασίου. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπίδης (Επιμ.), *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σ. 694-702). Φλώρινα: ΚοΔιΦΕΕΤ. Ανακτήθηκε στις 18 Ιουνίου 2021, από <http://www.uowm.gr/kodifeet>.

Κώτσης, Κ. (2011). Στάσεις των μαθητών Δημοτικού Σχολείου ως προς το πείραμα κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Στο Γ. Παπαγεωργίου, & Γ. Κουντουριώτης (Επιμ.), *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σ. 238-247). Αλεξανδρούπολη: ΚοΔιΦΕΕΤ.

Μακρογιάννης, Τ.Ι., Σαχσαμάνογλου, Χ. (1998). *Γενική Μετεωρολογία*. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ζήτη.

Μπαλαφούτης, Χ.Ι. και Μαχαίρας, Π.Χ. (1985). *Μαθήματα Γενικής Κλιματολογίας με Στοιχεία Βιοκλιματολογίας*. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Γιαχούδη.

Ραχιώτου, Λ. (2018). Ο ηγέτης-εκπαιδευτικός ενός αποτελεσματικού και ανοιχτού σχολείου. Επιστημονική Ένωση για την προώθηση της Εκπαιδευτικής Καινοτομίας. *Πρακτικά 4^{ου} Διεθνές Συνεδρίου για την «Προώθηση της Εκπαιδευτικής Καινοτομίας»*, τόμος Β', 308-313 Λάρισα.

Ραχιώτου, Λ. (2021). Όταν οι γνώσεις για τις επιστήμες συναντούν την επιχειρηματολογία: Η εμπειρία του 4^{ου} Γενικού Λυκείου Λαμίας από το πρόγραμμα Erasmus+ "Odyssey". *Νέος Παιδαγωγός*, 25, 752-764.

Τρίγγα, Ε. (2020). Στατιστική και Δυναμική μελέτη των ψυχρών χειμερινών ακολουθιών στην περιοχή της Βαλκανικής χερσονήσου. Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Θεσσαλονίκη.

Φλόκας, Α.Α. (1994). *Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Ηλεκτρονικές παραπομπές

World Meteorological Organization (WMO), (Διαθέσιμο: <https://public.wmo.int/en> προσπελάστηκε στις 28/05/2022).