ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΦΥΣΕΩΣ



Απεικόνιση: UN DGC

Βασίλειος Γκίκας - ΑΜ: 1112202000038

Μάθημα: Η Διδασκαλία μέσω επίλυσης προβλήματος – Μαθηματικοποίηση

Διδάσκουσα μαθήματος: Χρυσαυγή Τριανταφύλλου

Ακαδημαϊκό Έτος: 2023-24

Εκπομπές καυσαερίων στην Ελλάδα

Η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου - όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO2) και το μεθάνιο (CH4) - επιταχύνει την κλιματική αλλαγή. Η Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat) εκτιμά ότι το 2021, οι εκπομπές καυσαερίων στην Ελλάδα ισοδυναμούσαν με την εκπομπή 58.982.000 τόνων CO2.

α) Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛΣΤΑΤ), το 2021 ο μόνιμος πληθυσμός της Ελλάδας ήταν 10.482.487. Να βρεθεί πόσοι τόνοι CO2 **περίπου** αντιστοιχούν σε κάθε μόνιμο κάτοικο.

β) Σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα, η ελληνική οικονομία θα πρέπει να είναι κλιματικά ουδέτερη μέχρι το 2050.

Μελετήστε τον παρακάτω πίνακα με δεδομένα από την κυβερνητική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (Environmental Protection Agency – EPA). Με πράσινο σημειώνονται δραστηριότητες που μειώνουν τις εκπομπές και με κόκκινο αυτές που τις αυξάνουν.

|  |  |
| --- | --- |
| Δράση | Εκπομπές καυσαερίων (σε τόνους C02) |
| Χρήση βενζινοκίνητου οχήματος για ένα έτος | 4,49 |
| Παραγωγή ηλεκτρισμού από σταθμό με χρήση φυσικού αερίου για ένα έτος | 397.959,7 |
| Απορρόφηση CO2 από φύτευση δέντρου μέσα σε 10 χρόνια | 0,06 |
| Ανακύκλωση μιας σακούλας αντί για απόρριψη στα οργανικά σκουπίδια | 0,0231 |

Προτείνετε δράσεις που μπορεί να λάβει: i) ένας πολίτης και ii) το κράτος, ώστε να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός. Σε τι βαθμό **περίπου** θα πρέπει να πραγματοποιηθεί η κάθε ενέργεια ξεχωριστά, ώστε να μηδενιστούν οι εκπομπές ;

γ) Σκεφτείτε αν είναι εύκολο να μηδενιστούν οι εκπομπές, επιλέγοντας μία μόνο ενέργεια για τη μείωσή τους. Τι συμπέρασμα βγάζετε;

**Ενδεικτική Λύση**

α) Διαιρούμε τις εκπομπές καυσαερίων με τον μόνιμο πληθυσμό. Το αποτέλεσμα ισούται με περίπου **5.63** τόνους ανά άτομο έπειτα από στρογγυλοποίηση. Ωστόσο, η διαδικασία μπορεί να είναι σχετικά χρονοβόρα αν δε γίνει χρήση αριθμομηχανής. Οι μαθητές, λοιπόν, μπορούν να στρογγυλοποιήσουν το ποσό των εκπομπών σε 59.000.000 και τους κατοίκους σε 10.500.000 ενδεικτικά, οπότε να βρουν **5.6** ή **5.62** τόνους ανά άτομο (η στρογγυλοποίηση μπορεί να γίνει και με λιγότερη ακρίβεια, πχ 60.000.000 τόνους και 10.000.000 άτομα, με αποτέλεσμα όμως μεγαλύτερη ανακρίβεια στις πράξεις – βγαίνει αποτέλεσμα **6**). Ο εκπαιδευτικός μπορεί να κρίνει αν θα επιτραπεί χρήση αριθμομηχανής, ανάλογα με το επίπεδο της τάξης και τους εκπαιδευτικούς στόχους. Ωστόσο, το να μην καθοριστεί ποιες στρογγυλοποιήσεις «επιτρέπονται» θα οδηγήσει σε πλήθος λύσεων και θα ωθήσει τους μαθητές να σκεφτούν πότε η στρογγυλοποίηση συμφέρει και πότε το περιθώριο λάθους γίνεται υπερβολικό.

β) Εκ πρώτης όψεως, οι δράσεις από τον πίνακα που μπορεί να λάβει **ο πολίτης** είναι **η** **μη χρήση βενζινοκίνητου αυτοκινήτου** – για παράδειγμα, μπορεί να περπατάει, να κάνει χρήση των ΜΜΜ ή ποδηλάτου ή και πατινιού – και **να ανακυκλώνει ό,τι μπορεί**. Το **κλείσιμο εργοστασίων φυσικού αερίου** – που φυσικά προϋποθέτει αντικατάστασή τους μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας – είναι μια ενέργεια που μπορεί να λάβει το **κράτος.** Τέλος, η **δενδροφύτευση** μπορεί να ανήκει **και στις δύο κατηγορίες**: είτε εθελοντικά από πολίτες (πχ αναδάσωση) , είτε οργανωμένα από το κράτος (πχ φύτευση δέντρων σε αστικές περιοχές).

Με βάση τον διαχωρισμό που έγινε, βλέπουμε ότι η μείωση που απαιτείται ισοδυναμεί με τη **μη χρήση** 5**,63/4,49 ≈ 1,25 αυτοκινήτων** ανά πολίτη ή την α**νακύκλωση 5,63/0,0231 ≈ 244 σακουλών.**

Συνολικά απαιτείται μείωση ισοδύναμη με το **κλείσιμο 59.000.000/400.000 ≈ 148 εργοστασίων φυσικού αερίου ή με τη φύτευση 59.000.000/0,06 ≈ 983.000.000 δέντρων.**

Οι απαντήσεις προκύπτουν με τη χρήση της απλής μεθόδου των 3, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

|  |  |
| --- | --- |
| 1 αυτοκίνητο | 4,49 τόνοι |
| x αυτοκίνητα | 5,6 τόνοι |

x = 5,6/4,9 \* 1 **≈ 1,25** αυτοκίνητα για κάθε πολίτη.

Η διαδικασία είναι ανάλογη για όλα τα δεδομένα.

γ) Βλέποντας τις απαντήσεις στο β ερώτημα, συνειδητοποιούμε ότι είναι δύσκολο έως αδύνατο να μηδενιστούν οι εκπομπές, επιλέγοντας μόνο μία από τις μεθόδους που προτείνονται στο πρόβλημα. Ο μέσος πολίτης φυσικά δεν οδηγά πάνω από 1,25 αυτοκίνητα τον χρόνο, ούτε παράγει τόσο πολλά απορρίμματα, πόσο μάλλον ανακυκλώσιμα. Αντίστοιχα, δε λειτουργούν τόσο πολλά εργοστάσια φυσικού αερίου, ενώ η φύτευση 983.000.000, δηλαδή σχεδόν 1 δισεκατομμυρίου δέντρων είναι σίγουρα πρακτικά ανέφικτη.

Το συμπέρασμα είναι ότι πρέπει να γίνει μια πολυσχιδής προσπάθεια για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, με την αρωγή του κράτους και των πολιτών, αλλά και των επιχειρήσεων, ώστε να αποφευχθούν οι χειρότερες συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Ένα ακόμα συμπέρασμα είναι ότι κάποιες ενέργειες που προωθούνται ως φιλικές στο περιβάλλον, και άρα ικανές να βοηθήσουν στη μάχη κατά της κλιματικής αλλαγής, στην πραγματικότητα έχουν πολύ μικρό αντίκτυπο και δεν μπορούν να αναιρέσουν τη ρύπανση που προκαλούν καθημερινές δραστηριότητες σε ικανοποιητικό βαθμό. Συγκεκριμένα, οι δύο πράσινες ενέργειες στον πίνακα μειώνουν ελάχιστα το λεγόμενο αποτύπωμα άνθρακα. Επομένως, η αποφυγή της ρύπανσης φαίνεται να έχει μεγαλύτερη σημασία.

# Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Ξεκίνησα τον σχεδιασμό του προβλήματος από το περιβαλλοντικό ζήτημα, δηλαδή τη ρύπανση που προκαλείται από ανθρώπινες δραστηριότητες και συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή. Η επιλογή έγινε με αφορμή την παγκόσμια διάσκεψη COP 28 που έλαβε χώρα από τις 30 Νοεμβρίου μέχρι τις 12 Δεκεμβρίου στο Ντουμπάι στα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα. Σε αυτήν, παγκόσμιοι ηγέτες συναντήθηκαν ώστε να συνεργαστούν για να καταπολεμήσουν την κλιματική αλλαγή. Η δέσμευση χωρών για περιορισμό του περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος είναι απαραίτητη για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και του περιορισμού της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας σε μέχρι 1.5°C.

Αφού επέλεξα το θέμα, αποφάσισα να δημιουργήσω ένα πρόβλημα με βάση τα ελληνικά δεδομένα και τις δεσμεύσεις για μείωση των εκπομπών άνθρακα. Αυτό ενείχε κάποιες δυσκολίες. Συγκεκριμένα, πηγές που είχαν μεγάλο αριθμό δεδομένων από πολλές χώρες τα είχαν συλλέξει από άλλες πηγές, οι οποίες επίσης μπορεί να μη χρησιμοποιούσαν αυθεντικά δεδομένα. Αποφάσισα να ανατρέξω σε δεδομένα από την ΕΛΣΤΑΤ, ωστόσο τα πιο πρόσφατα δεδομένα ήταν από το 2020, ενώ άλλες πηγές είχαν και μεταγενέστερα δεδομένα. Στο τέλος χρησιμοποίησα μια εκτίμηση της Eurostat για το έτος 2021.

Στη συνέχεια, επέλεξα ορισμένες δραστηριότητες που συνεπάγονται αύξηση ή μείωση των εκπομπών θερμοκηπίου με δεδομένα από την EPA. Σημαντικό ήταν να είναι δόκιμη η χρήση αμερικανικών δεδομένων για το ελληνικό πρόβλημα. Για παράδειγμα, η παραγωγή ηλεκτρισμού σε Ελλάδα και ΗΠΑ μπορεί να έχει σημαντικά διαφορετικό αποτύπωμα άνθρακα ανά μονάδα ενέργειας, οπότε έπρεπε να αποφευχθούν ενέργειες που σχετίζονταν με τη μείωση της ηλεκτροπαραγωγής. Ακόμα και οι εκπομπές καυσαερίων ανά αυτοκίνητο είναι πιθανώς διαφορετικές για την Ελλάδα και τις ΗΠΑ, αφού οι οδηγοί μπορεί να έχουν διαφορετικές συνήθειες ή το μέσο όχημα να έχει άλλο αποτύπωμα στις δύο χώρες.

Με βάση την πορεία που ακολούθησα συμπέρανα πως το πρόβλημα θα απευθυνόταν καλύτερα σε μαθητές Ε΄ ή Στ΄ Δημοτικού, καθώς το μαθηματικό κομμάτι απαιτεί πραγματοποίηση πράξεων και στρογγυλοποίηση, οπότε δεν προσφέρεται για μεγαλύτερες τάξεις.

# Το Περιβαλλοντικο ζητημα

Παρά το ότι στο πρόβλημα εξετάζεται η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου από την Ελλάδα, το ζήτημα είναι παγκόσμιο και αφορά όλες τις χώρες. Όλα τα κράτη, και ειδικά τα ανεπτυγμένα, πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές τους ώστε να περιοριστεί η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας.

Σχεδόν κάθε ζήτημα σχετικά με το περιβάλλον και ειδικότερα την κλιματική αλλαγή είναι αμφιλεγόμενο. Πέρα, ωστόσο, από την πλήρη άρνηση της κλιματικής αλλαγής ή της πρόκλησής της από ανθρώπινη δραστηριότητα, ο ίδιος ο καταμερισμός των εκπομπών του κράτους στους πολίτες, είτε με απλή διαίρεση όπως στο πρόβλημα είτε με υπολογισμό για τον κάθε άνθρωπο χωριστά, το λεγόμενο «αποτύπωμα άνθρακα», είναι αμφισβητήσιμος. Σύμφωνα με ένα άρθρο στο Rolling Stone, η BP δημιούργησε το 2005 τον υπολογιστή αποτυπώματος άνθρακα ως «το υπέρτατο εργαλείο για να φορτώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στους καταναλωτές». Στο ίδιο άρθρο αναφέρονται και άλλες περιπτώσεις στις οποίες επιχειρήσεις προσπαθούν να μεταθέσουν την ευθύνη για την κλιματική αλλαγή στους καταναλωτές. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι οι δύο από τρεις ιστοσελίδες στη σχετική παράγραφο στις οποίες παραπέμπει το άρθρο δεν είναι πλέον προσπελάσιμες.

Αμφιλεγόμενες μπορεί να είναι και οι μέθοδοι που εφαρμόζονται για τη μείωση των εκπομπών. Συγκεκριμένα, ο Thomas W. Crowther, καθηγητής Οικολογίας στο ETH Ζυρίχης, δημοσίευσε μία έρευνα το 2019 μαζί με συναδέλφους του, η οποία υπολόγιζε τις δυνατότητες δέσμευσης άνθρακα που είχε η γη, αν σε αυτήν αφεθεί να αναρρώσουν δάση. Ωστόσο, σε πρόσφατο άρθρο του το 2019 στο LinkedIn διευκρίνισε ότι δεν ήταν υπέρμαχος της δημιουργίας εκτενών φυτειών δέντρων, κάτι που χαρακτηρίζει ως “greenwashing” (πράσινο ξέπλυμα), όταν χρησιμοποιείται ως αφορμή για τη μη μείωση των εκπομπών.

Για να αντιμετωπιστούν αυτές οι επιφυλάξεις, στο πρόβλημα δε γίνεται καμία νύξη στην έννοια του αποτυπώματος άνθρακα. Μάλιστα, η ίδια η διαδικασία του υπολογισμού του και της προσπάθειας μηδενισμού του οδηγεί στο συμπέρασμα ότι είναι πολύ δύσκολο να μηδενιστούν οι εκπομπές μόνο με προσπάθεια του ατόμου. Επίσης, οι «πράσινες» ενέργειες στον πίνακα μάλλον εδραιώνουν το συμπέρασμα ότι προτάσεις που ακούγονται συχνά για μείωση ή δέσμευση εκπομπών, όπως η δενδροφύτευση και η ανακύκλωση, είναι πολύ αναποτελεσματικές και δεν αναιρούν ρυπογόνες δραστηριότητες όπως η οδήγηση αυτοκινήτου.

# Πλαίσιο διδασκαλίας

Το πρόβλημα προτείνεται για τη διδασκαλία του μαθήματος των Μαθηματικών Ε΄ ή Στ΄ Δημοτικού, στο θεματικό πεδίο της Αριθμητικής – Άλγεβρας. Σε αυτές τις τάξεις εμφανίζεται η έννοια της στρογγυλοποίησης και γίνεται χρήση της απλής μεθόδου των τριών. Λόγω της σημασίας που έχει το περιβαλλοντικό ζήτημα, το πρόβλημα θα μπορούσε επίσης να διδαχθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μαθήματος, όπως των Φυσικών Ε΄ ή Στ΄Δημοτικού.

Οι διδακτικοί στόχοι του προβλήματος είναι η ανάπτυξη κριτικής σκέψης, εμπέδωση των υπαρχουσών δεξιοτήτων και η ευαισθητοποίηση για το περιβαλλοντικό ζήτημα της κλιματικής αλλαγής. Συγκεκριμένα, συνήθως οι μαθητές καλούνται να στρογγυλοποιήσουν έναν αριθμό σε συγκεκριμένη θέση. Ωστόσο, στο πρόβλημα δε διευκρινίζεται σε ποια θέση μπορεί να γίνει στρογγυλοποίηση, ούτε σε ποια φάση – πριν ή μετά τη διαίρεση - , αφήνοντάς το στην κρίση του κάθε μαθητή. Έτσι, θα πρέπει ο ίδιος να επιλέξει μία θέση, ώστε ο στρογγυλοποιημένος αριθμός να βρίσκεται ικανοποιητικά κοντά στο πραγματικό αποτέλεσμα. Σε ό,τι αφορά στο περιβαλλοντικό κομμάτι, ποσοτικοποιείται το πρόβλημα των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, οπότε οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν πόσο ρυπογόνος μπορεί να είναι μια δραστηριότητα σε σχέση με μια άλλη.

Ακριβώς λόγω της ελευθερίας στην στρογγυλοποίηση, το πρόβλημα αποκτά ανοιχτή μορφή. Οι μαθητές πιθανότατα θα βρουν διαφορετικά αποτελέσματα στα αριθμητικά ερωτήματα, ανάλογα με το πόσες στρογγυλοποιήσεις έκαναν και πόσο «αυστηρές» ήταν. Για παράδειγμα, στο πρώτο ερώτημα κάποιοι μπορεί να απαντήσουν 5.62, άλλοι 5.6, ενώ ακόμα και το 6 είναι μια πιθανή απάντηση. Ενδεχομένως κάποιοι πιο τολμηροί να αγνοήσουν την υπόδειξη προς στρογγυλοποίηση που δίνεται, να διαιρέσουν τους δύο αριθμούς και να σταματήσουν μετά από μερικά δεκαδικά ψηφία.

Αυτές ακριβώς οι μικροδιαφορές στις απαντήσεις στα αριθμητικά ερωτήματα μπορούν να οδηγήσουν σε μια συζήτηση στην τάξη, όπου μαθητές θα αιτιολογούν τις επιλογές που έκαναν. Για παράδειγμα, μπορεί κάποιος να ισχυριστεί ότι το 5.6 είναι αρκετά καλή προσέγγιση, αλλά το 6 απέχει αρκετά από το πραγματικό νούμερο και δε θα έπρεπε να γίνουν τόσο μεγάλες στρογγυλοποιήσεις. Αντίστοιχα, στο δεύτερο υποερώτημα θα μπορούσε κάποιος να επιχειρηματολογήσει ότι η διατήρηση δεκαδικών ψηφίων αντί της στρογγυλοποίησης δε βοηθά στην κατανόηση (για παράδειγμα στις σακούλες ανά άτομο) και αντενδείκνυται. Στο τρίτο υποερώτημα επίσης αναμένονται διαφορετικές απαντήσεις. Μπορεί να διατυπωθεί η άποψη ότι ακόμα και αν αποφύγει κάποιος τις εκπομπές που σχετίζονται με τη χρήση αυτοκινήτου, θα χρησιμοποιεί ΜΜΜ και άρα οι εκπομπές άνθρακα δε μηδενίζονται, οπότε χρειάζεται ακόμα μεγαλύτερη προσπάθεια για τη μείωση των εκπομπών. Στο τέλος, οι μαθητές θα μπορούσαν να προτείνουν ορισμένους εύλογους συνδυασμούς από τις δράσεις στον πίνακα, ώστε να μειωθεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της χώρας.

Σημαντικό είναι να ενθαρρυνθεί η συμμετοχή όσο το δυνατόν περισσότερων μαθητών, να ακουστούν διάφορες απόψεις, χωρίς να επιλεγεί μία μοναδική ως σωστή.

# Βιβλιογραφικες αναφορες

1. Ελληνική Στατιστική Αρχή (2023). *Αποτελέσματα Απογραφής Πληθυσμού -Κατοικιών 2021****.*** [***https://elstat-outsourcers.statistics.gr/Booklet\_%CE%91%CF%80%CE%BF%CF%84%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CF%83%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CE%B8%CF%85%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%852023\_II%20GR\_FINAL2\_WEB.pdf***](https://elstat-outsourcers.statistics.gr/Booklet_%CE%91%CF%80%CE%BF%CF%84%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CF%83%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CE%B8%CF%85%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%852023_II%20GR_FINAL2_WEB.pdf)
2. Eurostat (2022). *Air emissions accounts by NACE Rev. 2 activity* (env\_ac\_ainah\_r2) [Data set]. <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/env_ac_ainah_r2_sims.htm>
3. ΦΕΚ Β4893 (2019). <https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/11/%CE%A6%CE%95%CE%9A-%CE%92-4893.2019.pdf>
4. EPA. *Greenhouse Gases Equivalencies Calculator - Calculations and References.*

<https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gases-equivalencies-calculator-calculations-and-references>

1. Westervelt, A. (2021, May 14). *Big Oil Is Trying to Make Climate Change Your Problem to Solve. Don’t Let Them.* Rolling Stone. <https://www.rollingstone.com/politics/politics-news/climate-change-exxonmobil-harvard-study-1169682/>
2. Crowther, Thomas W. (2023, November 13). *We need to kill greenwashing for nature, people and climate.* [Images and links attached] [Article]. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/we-need-kill-greenwashing-nature-people-climate-thomas-w-crowther-hx5af/>
3. COP28. *COP28 UAE FREQUENTLY ASKED QUESTIONS.* <https://www.cop28.com/en/cop28-faqs>
4. UNFCC. *The Paris Agreement.* United Nations. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>