



**Πολυτεχνείο Κρήτης**

**Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης**

---

Περιβαλλοντικές Ωφέλειες από την Εναλλακτική  
Διαχείριση Απορριμμάτων σε μικρό Δήμο με την  
χρήση του μοντέλου WARM

---

Διπλωματική Εργασία

**Σταμάτιος Ψαλίδας**

Επιβλέπων

Κωνσταντίνος Τσαγκαράκης, Καθηγητής

**Χανιά 2024**

# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Κωνσταντίνο Τσαγκαράκη ο οποίος με καθοδήγησε και με βοήθησε καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου που ήταν κοντά μου όλα αυτά τα χρόνια, αλλά, πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου η οποία με στήριξε με όλα τα μέσα σε όλους τους τομείς κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία μελετάει τις περιβαλλοντικές και όχι μόνο, ωφέλειες από την εναλλακτική διαχείριση απορριμμάτων σε έναν υποθετικό μικρό Δήμο Χ. Μέσα στην εργασία γίνεται εύκολα αντιληπτό πως η εναλλακτική διαχείριση αποβλήτων αποτελεί ζωτικό μέσο για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας και της προστασίας του περιβάλλοντος. Αυτό συμβαίνει όχι μόνο για τους προφανείς λόγους της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αλλά και για λιγότερο γνωστούς λόγους στο ευρύ κοινό. Για παράδειγμα, υπάρχει περιορισμένη διαθεσιμότητα χώρων για υγειονομική ταφή, καθιστώντας πρακτικά αναγκαία τη χρήση διαφορετικών τρόπων διαχείρισης των αποβλήτων όπως η ανακύκλωση η οποία μειώνει την εξάρτηση από τις πρώτες ύλες το οποίο έχει ως αποτέλεσμα και την οικονομική άνοδο μιας κοινωνίας.

Με σκοπό να με μελετηθούν τα παραπάνω, δημιουργήθηκαν πληθώρα διαφορετικών σεναρίων που συνδύαζαν ως τρόπους διαχείρισης αστικών αποβλήτων την υγειονομική ταφή, την ανακύκλωση, την κομποστοποίηση και την μείωση παραγωγής ορισμένων υλικών. Για να γίνουν οι υπολογισμοί που χρειάστηκαν, χρησιμοποιήθηκε η τελευταία έκδοση του προγράμματος Waste Reduction Model (WARM) της United States Environmental Protection Agency (US EPA). Το WARM είναι ένα φιλικό στο χρήστη πρόγραμμα το οποίο χρησιμοποιεί κυρίως ως μονάδες μέτρησης των αποτελεσμάτων του, μονάδες τις οποίες οι περισσότεροι άνθρωποι κατανοούν εύκολα, καθώς έχουν έρθει αρκετές φορές σε επαφή μαζί τους. Συγκεκριμένα, κάποιες από αυτές είναι τα βαρέλια πετρελαίου, τα αυτοκίνητα και τα γαλόνια βενζίνης.

Με τη βοήθεια του προγράμματος αυτού μπορέσαμε να εξάγουμε όλα τα αποτελέσματα τα οποία ήταν αναγκαία να αναλύσουμε, ώστε να καταλήξουμε σε ασφαλή συμπεράσματα για τα σενάρια τα οποία εξετάσαμε. Φάνηκε, λοιπόν, ότι από τις μεθόδους τις οποίες εξετάστηκαν λίγο πιο αποτελεσματική μέθοδος είναι η μείωση παραγωγής υλικών τόσο στον περιβαλλοντικό όσο και στον ενεργειακό τομέα.

**Λέξεις κλειδιά:** Αέρια του θερμοκηπίου, διαχείριση στερεών απορριμμάτων, αστικά απόβλητα, κυκλική οικονομία, περιβάλλον, WARM.

# ABSTRACT

The present dissertation examines the benefits, environmental or else, of the alternative management of waste at a hypothetical municipality X. Throughout the thesis it is easy to see that alternative waste management is a vital means of ensuring sustainability and environmental protection. This is not only for the obvious reasons of environmental pollution, but also for reasons less known to the general public. For instance, there is a limited availability of landfill sites, making it practically necessary to use different ways of managing waste, such as recycling, which reduces dependence on raw materials, which also results in the economic growth of a society.

In order to study the above, plethora of different scenarios were created which combined landfills, recycling, composting and source reduced as proposed ways of handing municipal waste. The most recent edition of Waste Reduction Model (WARM) of United States Environmental Protection Agency (US EPA) was used in order to complete the necessary calculations. WARM is a user – friendly program which can be easily understood, given that most people have encountered its reading units several times. More specifically, some of them are barrels of oil, cars and gallons of gasoline to name but a few.

Through the utilization of the above mentioned program we were able to have the results needed so as to analyze and draw solid inferences regarding the proposed scenarios. In conclusion, it appears that among the methods examined, a more effective approach is the source reduction in both the environmental and energy sectors.

**Key words:** Greenhouse gases, solid waste management, municipal waste, circular economy, environment, WARM.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	2
ABSTRACT .....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΥΤΗΣΗ .....	17
3.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ .....	17
3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΡΕΣΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ .....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	50
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 .....	51
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.....	57
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	65

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

<b>Διάγραμμα 1.</b> Εξέλιξη παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων 2004-2020. ....	11
<b>Διάγραμμα 2.</b> Μεταβολές εκπομπών MTCO <sub>2</sub> E για τα σενάρια 1 – 5. ....	17
<b>Διάγραμμα 3.</b> Μεταβολές εκπομπών MTCO <sub>2</sub> E για τα σενάρια 6 – 10. ....	18
<b>Διάγραμμα 4.</b> Μεταβολές εκπομπών MTCO <sub>2</sub> E για τα σενάρια 11 – 14. ....	19
<b>Διάγραμμα 5.</b> Μεταβολές εκπομπών MTCO <sub>2</sub> E για τα σενάρια 11 και 15 – 17. ....	19
<b>Διάγραμμα 6.</b> Μεταβολές εκπομπών MTCO <sub>2</sub> E για τα σενάρια 18 – 20. ....	20
<b>Διάγραμμα 7.</b> Μεταβολές αριθμού αυτοκινήτων για τα σενάρια 1 – 5. ....	21
<b>Διάγραμμα 8.</b> Μεταβολές αριθμού αυτοκινήτων για τα σενάρια 6 – 10. ....	21
<b>Διάγραμμα 9.</b> Μεταβολές αριθμού αυτοκινήτων για τα σενάρια 11 – 14. ....	22
<b>Διάγραμμα 10.</b> Μεταβολές αριθμού αυτοκινήτων για τα σενάρια 11 και 15 – 17. ....	22
<b>Διάγραμμα 11.</b> Μεταβολές αριθμού αυτοκινήτων για τα σενάρια 18 – 20. ....	23
<b>Διάγραμμα 12.</b> Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 1 – 5. ....	24
<b>Διάγραμμα 13.</b> Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 6 –10. ....	24
<b>Διάγραμμα 14.</b> Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 11 – 14. ....	25
<b>Διάγραμμα 15.</b> Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 11 και 15 - 17. ....	25
<b>Διάγραμμα 16.</b> Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 18 – 20. ....	26
<b>Διάγραμμα 17.</b> Μεταβολές αριθμού φιαλών προπανίου για τα σενάρια 1 – 5. ....	26
<b>Διάγραμμα 18.</b> Μεταβολές αριθμού φιαλών προπανίου για τα σενάρια 6 – 10. ....	27
<b>Διάγραμμα 19.</b> Μεταβολές αριθμού φιαλών προπανίου για τα σενάρια 11 – 14. ....	28
<b>Διάγραμμα 20.</b> Μεταβολές αριθμού φιαλών προπανίου για τα σενάρια 11 και 15 – 17. ....	28
<b>Διάγραμμα 21.</b> Μεταβολές αριθμού φιαλών προπανίου για τα σενάρια 18 – 20. ....	29
<b>Διάγραμμα 22.</b> Μεταβολές BTU για τα σενάρια 1 – 5. ....	29
<b>Διάγραμμα 23.</b> Μεταβολές BTU για τα σενάρια 6 – 10. ....	30
<b>Διάγραμμα 24.</b> Μεταβολές BTU για τα σενάρια 11 – 14. ....	31
<b>Διάγραμμα 25.</b> Μεταβολές BTU για τα σενάρια 11 και 15 – 17. ....	31
<b>Διάγραμμα 26.</b> Μεταβολές BTU για τα σενάρια 18 – 20. ....	32
<b>Διάγραμμα 27.</b> Μεταβολές ετήσιας κατανάλωσης νοικοκυριού για τα σενάρια 1 – 5. .....	33
<b>Διάγραμμα 28.</b> Μεταβολές ετήσιας κατανάλωσης νοικοκυριού για τα σενάρια 6 - 10. ....	33
<b>Διάγραμμα 29.</b> Μεταβολές ετήσιας κατανάλωσης νοικοκυριού για τα σενάρια 11 - 14. ....	34
<b>Διάγραμμα 30.</b> Μεταβολές ετήσιας κατανάλωσης νοικοκυριού για τα σενάρια 11 - 17. ....	35
<b>Διάγραμμα 31.</b> Μεταβολές ετήσιας κατανάλωσης νοικοκυριού για τα σενάρια 18 - 20. ....	35
<b>Διάγραμμα 32.</b> Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 1 – 5. ....	36

<b>Διάγραμμα 33.</b> Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 6 – 10.....	36
<b>Διάγραμμα 34.</b> Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 11 – 14.....	37
<b>Διάγραμμα 35.</b> Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 11 και 15 - 17. ....	38
<b>Διάγραμμα 36.</b> Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 18 – 20.....	38
<b>Διάγραμμα 37.</b> Μεταβολές αριθμού βαρελιών πετρελαίου για τα σενάρια 1 – 5.....	39
<b>Διάγραμμα 38.</b> Μεταβολές αριθμού βαρελιών πετρελαίου για τα σενάρια 6 - 10. .	40
<b>Διάγραμμα 39.</b> Μεταβολές αριθμού βαρελιών πετρελαίου για τα σενάρια 11 - 14.	40
<b>Διάγραμμα 40.</b> Μεταβολές αριθμού βαρελιών πετρελαίου για τα σενάρια 11 και 15 - 17. ....	41
<b>Διάγραμμα 41.</b> Μεταβολές αριθμού βαρελιών πετρελαίου για τα σενάρια 18 - 20.	41

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 1.</b> Παραγωγή στερεών αποβλήτων (σε τόνους), ανά κατηγορία απόβλητων, 2004-2020. ....	12
<b>Πίνακας 2.</b> Ποσοστιαία (%) διάρθρωση παραγωγής στερεών αποβλήτων, ανά κατηγορία αποβλήτων, 2004-2020. ....	12
<b>Πίνακας 3.</b> Παραγωγή αποβλήτων στους τομείς της στατιστικής ταξινόμησης των οικονομικών δραστηριοτήτων και στα νοικοκυριά, 2020. ....	13
<b>Πίνακας 4.</b> Διαχείριση αποβλήτων, ανά κατηγορία διαχείρισης και επικινδυνότητα, 2020. ....	13
<b>Πίνακας 5.</b> Ποσοστιαία (%) διάρθρωση διαχείρισης αποβλήτων, ανά κατηγορία διαχείρισης και επικινδυνότητα, 2020. ....	14
<b>Πίνακας 6.</b> Διαχείριση αποβλήτων ανά κατηγορία διαχείρισης και κατηγορία αποβλήτου, 2020. ....	14
<b>Πίνακας 7.</b> Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 1 έως 5. ....	42
<b>Πίνακας 8.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του. ....	42
<b>Πίνακας 9.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 1. ....	42
<b>Πίνακας 10.</b> Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 6 έως 10. ....	43
<b>Πίνακας 11.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του. ....	43
<b>Πίνακας 12.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 6. ....	43
<b>Πίνακας 13.</b> Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 11 έως 14. ....	43
<b>Πίνακας 14.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του. ....	44
<b>Πίνακας 15.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 11. ....	44
<b>Πίνακας 16.</b> Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 11 και 15 έως 17. ....	44
<b>Πίνακας 17.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του. ....	44
<b>Πίνακας 18.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 11. ....	44
<b>Πίνακας 19.</b> Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 18 έως 20. ....	45
<b>Πίνακας 20.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του. ....	45
<b>Πίνακας 21.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 18. ....	45
<b>Πίνακας 22.</b> Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 1 έως 5. ....	45
<b>Πίνακας 23.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του. ....	46
<b>Πίνακας 24.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 1. ....	46
<b>Πίνακας 25.</b> Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 6 έως 10. ....	46
<b>Πίνακας 26.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του. ....	46



<b>Πίνακας 27.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 6. ....	47
<b>Πίνακας 28.</b> Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 11 έως 14. ....	47
<b>Πίνακας 29.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του. ....	47
<b>Πίνακας 30.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 11. ....	47
<b>Πίνακας 31.</b> Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 11 και 15 έως 17. ....	48
<b>Πίνακας 32.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του. ....	48
<b>Πίνακας 33.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 11. ....	48
<b>Πίνακας 34.</b> Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 18 έως 20. ....	48
<b>Πίνακας 35.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του. ....	49
<b>Πίνακας 36.</b> Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 18. ....	49
<b>Πίνακας Π.1.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 1 (Landfilled 90% Recycled/Composted 10%). ....	51
<b>Πίνακας Π.2.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 2 (Landfilled 80% Recycled/Composted 20%). ....	51
<b>Πίνακας Π.3.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 3 (Landfilled 70% Recycled/Composted 30%). ....	51
<b>Πίνακας Π.4.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 4 (Landfilled 60% Recycled/Composted 40%). ....	52
<b>Πίνακας Π.5.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 5 (Landfilled 50% Recycled/Composted 50%). ....	52
<b>Πίνακας Π.6.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 6 (Landfilled 90% Tons Source Reduced/Composted 10%). ....	52
<b>Πίνακας Π.7.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 7 (Landfilled 80% Tons Source Reduced/Composted 20%). ....	52
<b>Πίνακας Π.8.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 8 (Landfilled 70% Tons Source Reduced/Composted 30%). ....	53
<b>Πίνακας Π.9.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 9 (Landfilled 60% Tons Source Reduced/Composted 40%). ....	53
<b>Πίνακας Π.10.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 10 (Landfilled 50% Tons Source Reduced/Composted 50%). ....	53
<b>Πίνακας Π.11.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 11 (Landfilled 80% Recycled 10% Tons Reduced 10%, Composted 20%). ....	53
<b>Πίνακας Π.12.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 12 (Landfilled 70% Recycled 20% Tons Reduced 10%, Composted 30%). ....	54
<b>Πίνακας Π.13.</b> Σενάριο 13 (Landfilled 60% Recycled 30% Tons Reduced 10%, Composted 40%). ....	54
<b>Πίνακας Π.14.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 14 (Landfilled 50% Recycled 40% Tons Reduced 10%, Composted 50%). ....	54
<b>Πίνακας Π.15.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 15 (Landfilled 70% Recycled 10% Tons Reduced 20%, Composted 30%). ....	54

<b>Πίνακας Π.16.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 16 (Landfilled 60% Recycled 10% Tons Reduced 30%, Composted 40%).	55
<b>Πίνακας Π.17.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 17 (Landfilled 50% Recycled 10% Tons Reduced 40%, Composted 50%).	55
<b>Πίνακας Π.18.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 18 (Landfilled 60% Recycled 20% Tons Reduced 20%, Composted 40%).	55
<b>Πίνακας Π.19.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 19 (Landfilled 50% Recycled 30% Tons Reduced 20%, Composted 50%).	55
<b>Πίνακας Π.20.</b> Αποτελέσματα για Σενάριο 20 (Landfilled 50% Recycled 20% Tons Reduced 30%, Composted 50%).	56
<b>Πίνακας Π.21.</b> Τα υλικά τα οποία μπορούμε να χρησιμοποιηθούν από το WARM για υπολογισμούς.	64

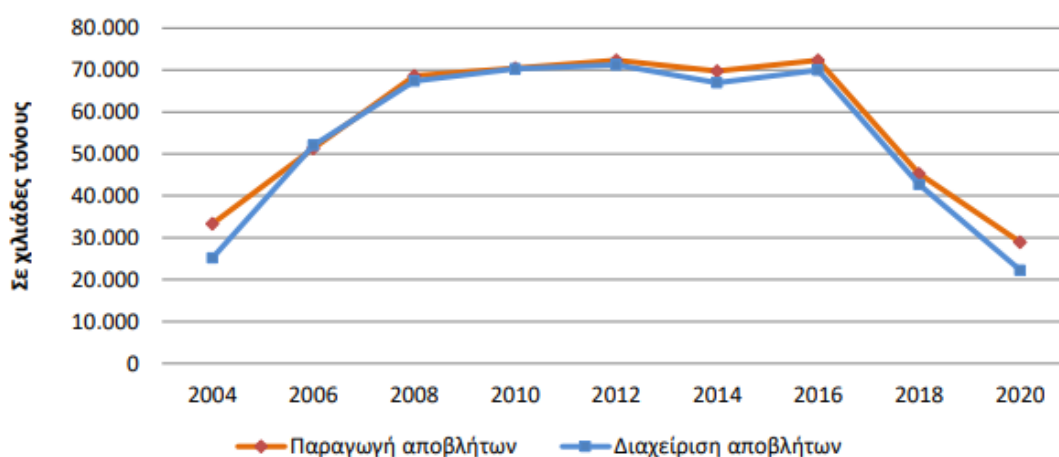
## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

<b>Εικόνα Π.1:</b> Πρόγραμμα WARM σε λογιστικό φύλλο Microsoft Excel. ....	57
<b>Εικόνα Π.2:</b> Αρχικό σενάριο για το υλικό Office Paper της κατηγορίας υλικών Paper. ....	57
<b>Εικόνα Π.3:</b> Εναλλακτικό σενάριο 1. ....	58
<b>Εικόνα Π.4:</b> Βήμα 3. ....	58
<b>Εικόνα Π.5:</b> Βήμα 4. ....	58
<b>Εικόνα Π.6:</b> Βήμα 5. ....	59
<b>Εικόνα Π.7:</b> Βήμα 6a. ....	59
<b>Εικόνα Π.8:</b> Βήμα 6b. ....	59
<b>Εικόνα Π.9:</b> Εκτίμηση απόδοσης της συλλογής αερίων υγειονομικής ταφής, αναλόγως τον τρόπο συλλογής τους. ....	60
<b>Εικόνα Π.10:</b> Βήμα 7. ....	60
<b>Εικόνα Π.11:</b> Βήμα 8a. ....	60
<b>Εικόνα Π.12:</b> Βήμα 8b. ....	61
<b>Εικόνα Π.13:</b> Βήμα 9a. ....	61
<b>Εικόνα Π.14:</b> Βήμα 9b. ....	61
<b>Εικόνα Π.15:</b> Αποτελέσματα σχετικά με MTCO <sub>2</sub> E. ....	62
<b>Εικόνα Π.16:</b> Αποτελέσματα της καρτέλας Analysis Results (MTCO <sub>2</sub> E). ....	62
<b>Εικόνα Π.17:</b> Αποτελέσματα σχετικά με την ενέργεια που εξοικονομείται. ....	63
<b>Εικόνα Π.18:</b> Αποτελέσματα της καρτέλας Analysis Results (energy). ....	63

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια μείζον θέμα αποτελεί στην ευρωπαϊκή ένωση η μετάβαση της διαχείρισης αποβλήτων των κρατών σε ένα μοντέλο κυκλικής οικονομίας. Με το μοντέλο αυτό θεωρούμε πως όλο και λιγότερα απορρίμματα καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής, ενώ η πλειονότητα αυτών ανακυκλώνεται ώστε να επαναχρησιμοποιηθεί και να παραταθεί ο κύκλος ζωής τους. Τα οφέλη από την κυκλική οικονομία ποικίλουν. Για παράδειγμα, βοηθάει στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς, ελαχιστοποιεί τη χρήση φυσικών πόρων με αποτέλεσμα να μειώνεται η εξάρτηση από τις πρώτες ύλες. Ενισχύεται η οικονομία δημιουργώντας 700.000 νέες θέσεις εργασίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση έως το 2030 αλλά και εξοικονομούνται σημαντικά ποσά αφού τα προϊόντα γίνονται ολοένα και πιο ανθεκτικά [1,2,3,4].

Τα στοιχεία πάντως για την Ελλάδα, φανερώνουν μεγάλη αδυναμία της χώρας στην αξιοποίηση των αποβλήτων. Υπάρχει, όμως, σημαντική βελτίωση τα τελευταία σε διάφορους τομείς.



**Διάγραμμα 1.** Εξέλιξη παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων 2004-2020 [5].

Παρατηρούμε πως παρά τη μεγάλη αύξηση που υπήρξε την τετραετία 2004 – 2008, την τετραετία 2016 – 2020 είχαμε σημαντική μείωση η οποία αφήνει τη χώρα να αισιοδοξεί πως θα καταφέρει να φτάσει τους στόχους που έχει θέσει για τα επόμενα χρόνια.

**Πίνακας 1.** Παραγωγή στερεών αποβλήτων (σε τόνους), ανά κατηγορία απόβλητων, 2004-2020 [5].

Έτος	Χημικά και νοσοκομειακά απόβλητα	Ανακυκλώσιμα απόβλητα	Αστικά στερεά απόβλητα	Λάσπες	Απόβλητα εξορυκτικών και λοιπών δραστηριοτήτων	Σύνολο
2004	471.779	1.701.765	5.074.791	116.678	25.981.949	33.346.962
2006	348.908	3.446.512	5.626.410	139.964	42.126.868	51.324.662
2008	171.796	3.913.450	5.159.916	158.732	59.240.070	68.643.964
2010	202.070	2.849.335	5.922.904	117.789	61.340.607	70.432.705
2012	174.524	2.193.687	5.547.016	109.274	64.303.779	72.328.280
2014	251.623	1.313.524	7.495.065	138.035	60.560.621	69.758.868
2016	474.508	2.329.179	5.483.633	116.977	63.928.056	72.332.353
2018	846.129	2.816.572	5.319.260	120.663	36.137.709	45.240.333
2020	875.403	1.998.297	6.056.479	159.379	19.854.338	28.943.897

**Πίνακας 2.** Ποσοστιαία (%) διάρθρωση παραγωγής στερεών αποβλήτων, ανά κατηγορία αποβλήτων, 2004-2020 [5].

Έτος	Χημικά και νοσοκομειακά απόβλητα	Ανακυκλώσιμα απόβλητα	Αστικά στερεά απόβλητα	Λάσπες	Απόβλητα εξορυκτικών και λοιπών δραστηριοτήτων	Σύνολο
2004	1,4	5,1	15,2	0,3	77,9	100,0
2006	0,7	6,7	10,3	0,3	82,1	100,0
2008	0,3	5,7	7,5	0,2	86,3	100,0
2010	0,3	4,0	8,4	0,2	87,1	100,0
2012	0,2	3,0	7,7	0,2	88,9	100,0
2014	0,4	1,9	10,7	0,2	86,8	100,0
2016	0,7	3,2	7,6	0,2	88,4	100,0
2018	1,9	6,2	11,8	0,3	79,9	100,0
2020	3,0	6,9	20,9	0,6	68,6	100,0

**Πίνακας 3.** Παραγωγή αποβλήτων στους τομείς της στατιστικής ταξινόμησης των οικονομικών δραστηριοτήτων και στα νοικοκυριά, 2020 [5].

<i><b>Οικονομική δραστηριότητα</b></i>	<i><b>Σύνολο αποβλήτων</b></i>	<i><b>Ποσοστιαία διάρθρωση (%)</b></i>
Γεωργία, δασοκομία κι αλιεία	644.288	2,2%
Ορυχεία και λατομεία	8.955.869	31,1%
Μεταποίηση	3.732.126	12,9%
Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, φυσικού αερίου, ατμού, κλιματισμού	1.494.508	5,2%
Παροχή νερού, επεξεργασία λυμάτων, διαχείριση αποβλήτων και δραστηριότητες εξυγνίασης	3.220.836	11,1%
Κατασκευές	5.417.214	18,7%
Υπηρεσίες εκτός από εμπόριο απορριμμάτων και υπολειμμάτων	814.318	2,8%
Εμπόριο απορριμμάτων και υπολειμμάτων	105.217	0,4%
Νοικοκυριά	4.519.526	15,6%
<b>Σύνολο</b>	<b>28.943.897</b>	<b>100,0%</b>

**Πίνακας 4.** Διαχείριση αποβλήτων, ανά κατηγορία διαχείρισης και επικινδυνότητα, 2020 [5].

	<i><b>Αποτέφρωση</b></i>	<i><b>Ανάκτηση άλλη από την ανάκτηση ενέργειας</b></i>	<i><b>Διάθεση</b></i>	<i><b>Σύνολο</b></i>
Μη επικίνδυνα απόβλητα	371.310	6.746.107	14.693.422	21.810.841
Επικίνδυνα απόβλητα	31.853	418.032	18.790	468.674
<b>Σύνολο</b>	<b>403.163</b>	<b>7.164.140</b>	<b>14.712.212</b>	<b>22.279.515</b>

**Πίνακας 5.** Ποσοστιαία (%) διάρθρωση διαχείρισης αποβλήτων, ανά κατηγορία διαχείρισης και επικινδυνότητα, 2020 [5].

	<i>Αποτέφρωση</i>	<i>Ανάκτηση άλλη από την ανάκτηση ενέργειας</i>	<i>Διάθεση</i>	<i>Σύνολο</i>
Μη επικίνδυνα απόβλητα	1,7	31,0	67,4	100,0
Επικίνδυνα απόβλητα	6,8	89,2	4,0	100,0
<b>Σύνολο</b>	1,8	32,2	66,1	100,0

**Πίνακας 6.** Διαχείριση αποβλήτων ανά κατηγορία διαχείρισης και κατηγορία αποβλήτου, 2020 [5].

	<i>Αποτέφρωση</i>	<i>Ανάκτηση</i>	<i>Διάθεση</i>	<i>Σύνολο</i>	<i>Ποσοστιαία Διάρθρωση (%)</i>
<i>Χημικά και νοσοκομειακά απόβλητα</i>	4.557	368.982	48.580	422.119	1,9%
<i>Ανακυκλώσιμα απόβλητα</i>	21.581	1.259.930	7.048	1.288.558	5,8%
<i>Αστικά στερεά απόβλητα</i>	161.448	215.582	3.378.981	3.756.010	16,9%
<i>Λάσπες</i>	40.876	91.462	25.196	157.534	0,7%
<i>Απόβλητα εξορυκτικών και λοιπών δραστηριοτήτων</i>	174.701	5.228.185	11.252.407	16.655.293	74,8%
<b>Σύνολο</b>	403.163	7.164.140	14.712.212	22.279.515	100,0%

Για να υπάρξει ακόμα μεγαλύτερη βελτίωση στην αξιοποίηση των αποβλήτων δημιουργήθηκε ένα νέο σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων όπως και νομικά πλαίσια για να το διέπουν. Συγκεκριμένα, τίθεται στόχος σε μείωση της υγειονομικής ταφής απορριμμάτων σε ποσοστό κάτω από 10% μέχρι το 2030 το οποίο είναι πέντε χρόνια νωρίτερα από τις ευρωπαϊκές κατευθύνσεις. Επίσης, η ανακύκλωση των αστικών αποβλήτων να ανέλθει σε ποσοστό τουλάχιστον 55% μέχρι το 2025, 60% το 2030 και 65% το 2035, ενώ η ανακύκλωση συσκευασιών τουλάχιστον 65% έως το 2025, 70% το 2030 και 75% το 2035 [6,7,8,9,10].

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιείται στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι το Waste Reduction Model (WARM) της United States Environmental Protection Agency (US EPA). Η πρώτη έκδοση του WARM κυκλοφόρησε το 1998 και από τότε έχουν ακολουθήσει πληθώρα αναβαθμίσεων σε αυτό, εδώ χρησιμοποιήθηκε η τελευταία έκδοση, δηλαδή, η έκδοση 15 [11]. Επιπλέον, κυκλοφορεί τόσο ως αυτούσιο πρόγραμμα όσο και ως λογιστικό φύλλο Microsoft Excel. Εμείς χρησιμοποιήσαμε το λογιστικό φύλλο Microsoft Excel. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα βοηθάει τους χρήστες του να εκτιμήσουν τις πιθανές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τις οικονομικές επιπτώσεις αλλά και την εξοικονόμηση ενέργειας σε διαφορετικά σενάρια διαχείρισης αποβλήτων. Τα σενάρια αυτά μπορούν να περιέχουν ως πρακτικές τη μείωση της παραγωγής ενός προϊόντος, την υγειονομική ταφή του, την ανακύκλωση, την αναερόβια χώνευση, την κομποστοποίηση και την καύση του [12,13]. Τα αποτελέσματα τα οποία παράγει το WARM είναι κυρίως σε μονάδες τις οποίες ένας απλός χρήστης ή αναγνώστης κατανοεί πλήρως, καθώς έχει έρθει κάποια στιγμή σε επαφή μαζί τους στην καθημερινότητα του. Πιο αναλυτικά, όσον αφορά το κεφάλαιο των αερίων του θερμοκηπίου οι μονάδες είναι μετρικοί τόνοι διοξειδίου του άνθρακα (MTCO<sub>2</sub>E), αυτοκίνητα, γαλόνια βενζίνης και φιάλες προπανίου, ενώ για τις μονάδες ενέργειας χρησιμοποιούνται οι εκατομμύρια βρετανικές θερμικές μονάδες – BTU, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού, τα γαλόνια βενζίνης και τα βαρέλια πετρελαίου. Το WARM είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο το οποίο μπορούν να χρησιμοποιήσουν φοιτητές, μικρές επιχειρήσεις, ακόμα και δήμοι, πόλεις αλλά και γενικότερα οργανισμοί οι οποίοι ενδιαφέρονται να μελετήσουν σε βάθος περιβαλλοντικές, ενεργειακές και οικονομικές επιπτώσεις σχετικά με τη διαχείριση υλικών [14,15].

Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία πήραμε έναν υποθετικό μικρό Δήμο Χ με πληθυσμό 70.000 κατοίκων οι οποίοι παράγουν ένα σύνολο 27.355,57 τόνων αστικών αποβλήτων. Συγκεκριμένα ανά υλικό είναι τα εξής:

- Χαρτικά Γραφείου (Office Paper): 5.825,40 tons
- Μεικτά Πλαστικά (Mixed Plastics): 2.475,795 tons
- Κουτάκια Αλουμινίου (Aluminum Cans): 850 tons
- Μεικτά Οργανικά (Mixed Organics): 13.689,69 tons
- Μεικτά Αστικά Απορρίμματα (Mixed MSW): 4.514,685 tons

Όλες οι παραπάνω ποσότητες υποθέτουμε πως καταλήγουν κατευθείαν στο χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων.

Επιπλέον, οι αποστάσεις από την πόλη και τον χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, τη μονάδα ανακύκλωσης και τη μονάδα κομποστοποίησης είναι οι παρακάτω:



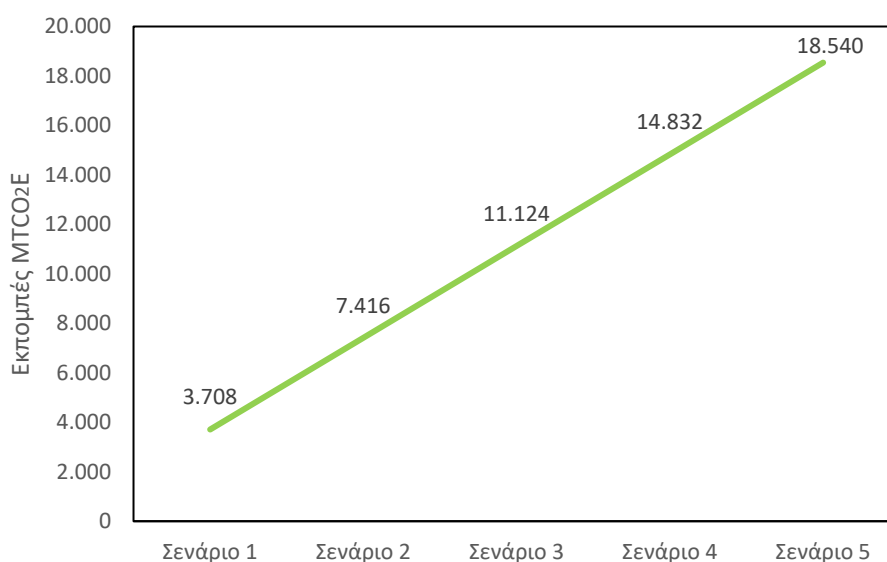
- Χώρος υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (Landfill): 35,4 χιλιόμετρα (22 miles)
- Ανακύκλωση (Recycle): 24,1 χιλιόμετρα (15 miles)
- Κομποστοποίηση (Composting): 24,7 χιλιόμετρα (16 miles)

Κάνοντας χρήση του προγράμματος WARM δοκιμάστηκαν τα επόμενα 20 εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης των αστικών αποβλήτων στα οποία χρησιμοποιούνται οι μονάδες ανακύκλωσης και κομποστοποίησης αλλά και η μείωση παραγωγής με σκοπό να εξετάσουμε τις περιβαλλοντικές και ενεργειακές ωφέλειες από αυτά όπως φαίνεται στους Πίνακες 1 – 20 του Παραρτήματος 1.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 3.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ

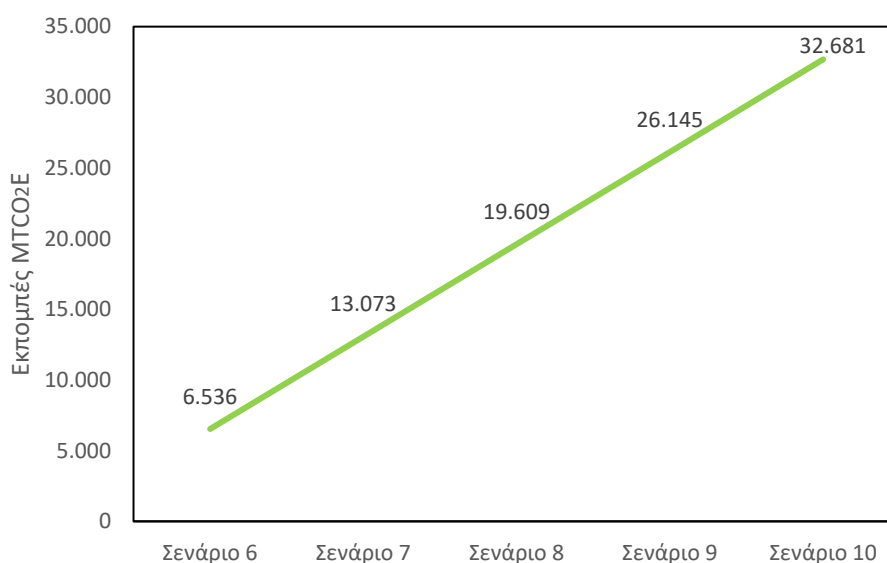
Το Διάγραμμα 2 αναφέρεται στα σενάρια 1 έως 5. Στο πρώτο σενάριο ξεκινάμε θεωρώντας πως τα αστικά απόβλητα τα οποία καταλήγουν στο χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων αποτελούν το 90%, ενώ αυτά που ανακυκλώνονται ή κομποστοποιούνται το 10%. Προχωρώντας στα υπόλοιπα σενάρια μειώνουμε το πρώτο ποσοστό κατά 10% και παράλληλα μεγαλώνουμε το δεύτερο κατά 10% αντιστοίχως έως ότου φτάσουν αναλογία 50/50. Στο διάγραμμα αυτό αναπαρίσταται το ποσό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τα οποία απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα και συγκεκριμένα εδώ  $\text{MTCO}_2\text{E}$  οι οποίοι ελαττώνονται αναλόγως με το σενάριο το οποίο μελετάμε. Μπορούμε να παρατηρήσουμε πως όσο μειώνουμε το ποσοστό των αποβλήτων που δεν ανακυκλώνονται ή κομποστοποιούνται τόσο λιγότερες εκπομπές έχουμε, με ελάχιστη τιμή 3.707,91  $\text{MTCO}_2\text{E}$  και μέγιστη 18.537,53  $\text{MTCO}_2\text{E}$ . Η μεταβολή κάθε σεναρίου σε σχέση με το πρώτο είναι 100%, 200%, 300% και 400% αντιστοίχως. Παράλληλα, η μεταβολή των δύο πρώτων σεναρίων είναι 100% και 50%, 33,33% και 25% μεταξύ των υπολοίπων.



**Διάγραμμα 2.** Μεταβολές εκπομπών  $\text{MTCO}_2\text{E}$  για τα σενάρια 1 – 5.

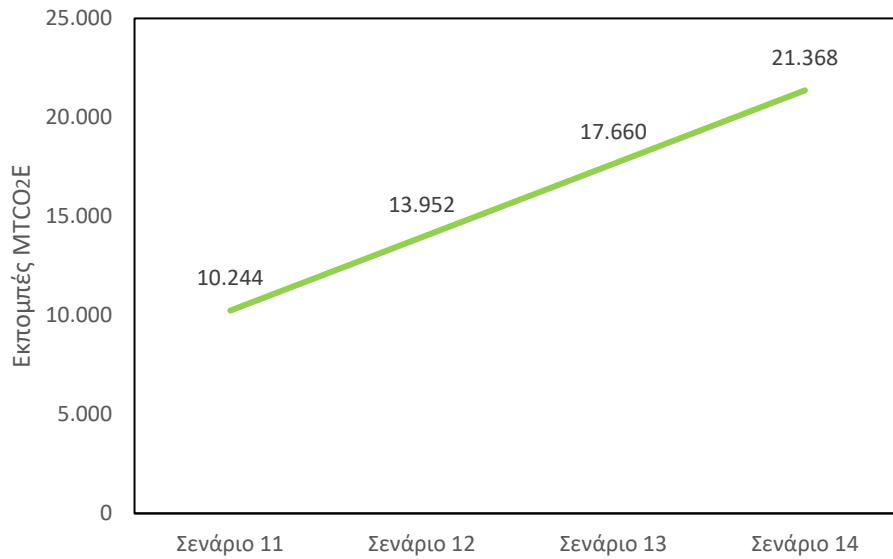
Το Διάγραμμα 3 αναφέρεται στα σενάρια 6 έως 10. Στο έκτο σενάριο ξεκινάμε θεωρώντας πως τα αστικά απόβλητα τα οποία καταλήγουν στο χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων αποτελούν το 90%, ενώ το ποσοστό των υλικών των οποίων

μειώνεται η παραγωγή τους ή κομποστοποιούνται είναι 10%. Συνεχίζοντας στα υπόλοιπα σενάρια, μειώνουμε το πρώτο ποσοστό κατά 10% και παράλληλα μεγαλώνουμε το δεύτερο κατά 10% αντιστοίχως, έως ότου φτάσουν αναλογία 50/50. Βλέπουμε πως ακολουθώντας αυτή τη μέθοδο έχουμε αντίστοιχες μεταβολές με πριν. Συγκεκριμένα είναι 100%, 200%, 300% και 400% σε σχέση με το σενάριο 6, ενώ 100%, 50%, 33,33% και 25% όπως ήταν λογικό, σε σχέση με το προηγούμενο τους. Σε αυτό το διάγραμμα όμως έχουμε ελάχιστη τιμή 6.536,30 MTCO<sub>2</sub>E και μέγιστη 32.681,48 MTCO<sub>2</sub>E.



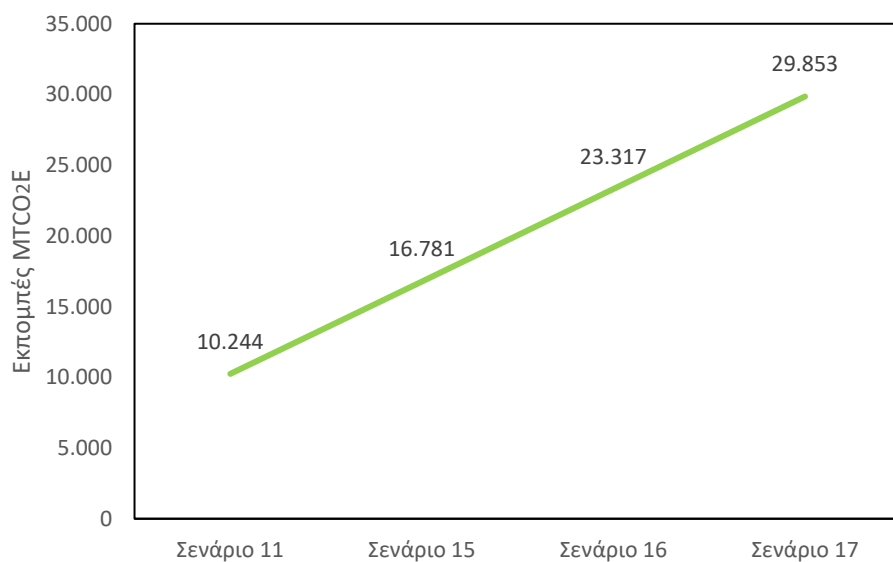
**Διάγραμμα 3.** Μεταβολές εκπομπών MTCO<sub>2</sub>E για τα σενάρια 6 – 10.

Το Διάγραμμα 4 αναφέρεται στα σενάρια 11 έως 14. Στα σενάρια αυτά συνδυάζουμε τον χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, την κομποστοποίηση, την ανακύκλωση αλλά και τη μείωση παραγωγής υλικών. Πιο συγκεκριμένα, ξεκινάμε με χώρο υγειονομικής ταφής 80%, ανακύκλωση 10%, μείωση παραγωγής 10% και κομποστοποίηση 20%. Η κομποστοποίηση θα είναι κάθε φορά το άθροισμα του ποσοστού της ανακύκλωσης και της μείωσης παραγωγής. Προχωρώντας στα σενάρια ελαττώνουμε κατά 10% τον χώρο υγειονομικής ταφής μέχρι να φτάσει 50% και παράλληλα προσθέτουμε 10% στην ανακύκλωση. Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ξανά αύξηση στα σενάρια της τάξης του 36,20%, 72,39% και 108,59% από σενάριο 11, ενώ ανάμεσα τους 36,20%, 26,58% και 21% αντιστοίχως. Η ελάχιστη τιμή του διαγράμματος είναι 10.244,20 MTCO<sub>2</sub>E και η μέγιστη 21.367,92 MTCO<sub>2</sub>E.



**Διάγραμμα 4.** Μεταβολές εκπομπών MTCO<sub>2</sub>E για τα σενάρια 11 – 14.

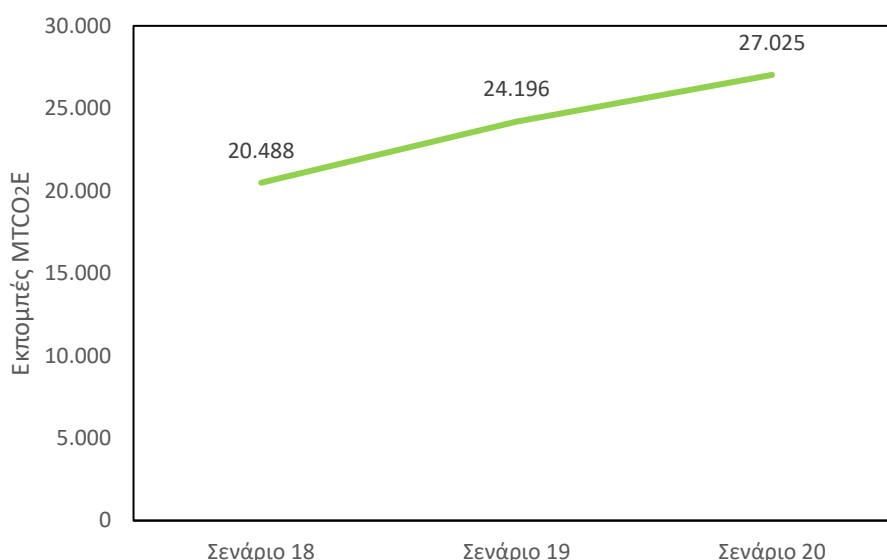
Το Διάγραμμα 5 αναφέρεται στα σενάρια 11 και 15 έως 17. Στα σενάρια αυτά συνδυάζουμε όπως και πριν τον χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, την κομποστοποίηση, την ανακύκλωση αλλά και τη μείωση παραγωγής υλικών. Πιο συγκεκριμένα, ξεκινάμε με χώρο υγειονομικής ταφής 80%, ανακύκλωση 10%, μείωση παραγωγής 10% και κομποστοποίηση 20%. Η κομποστοποίηση θα είναι ξανά το άθροισμα του ποσοστού της ανακύκλωσης και της μείωσης παραγωγής.



**Διάγραμμα 5.** Μεταβολές εκπομπών MTCO<sub>2</sub>E για τα σενάρια 11 και 15 – 17.

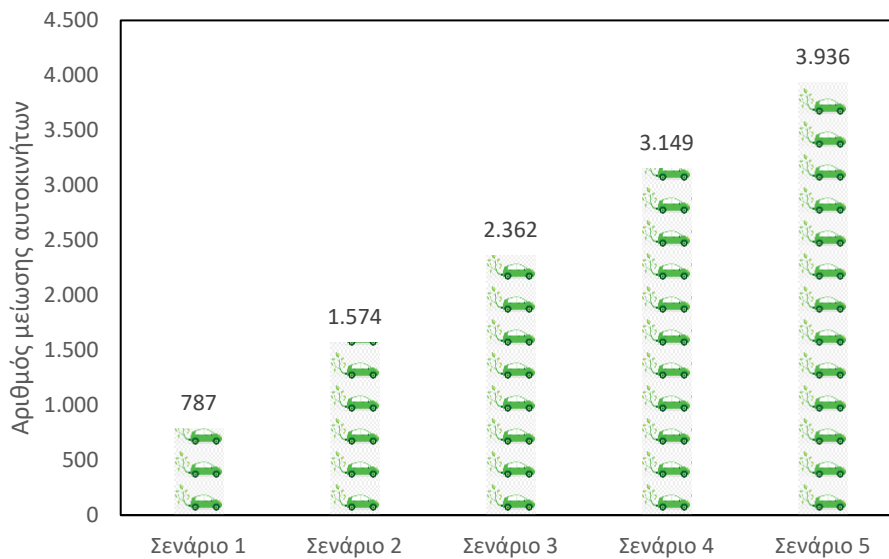
Προχωρώντας στα σενάρια ελαττώνουμε κατά 10% το χώρο υγειονομικής ταφής μέχρι να φτάσει 50% και ταυτόχρονα προσθέτουμε 10% στην μείωση παραγωγής υλικών. Παρατηρούμε πως στο διάγραμμα αυτό η ελάχιστη τιμή είναι 10.244,20 MTCO<sub>2</sub>E και η μέγιστη 29.853,09 MTCO<sub>2</sub>E. Η μεταβολή όλων των σεναρίων σε σχέση με το σενάριο 11 είναι 63,80%, 127,61%, 191,41% και 63,80%, 38,95%, 28,03% μεταξύ των σεναρίων.

Στο Διάγραμμα 6 παρουσιάζονται πάλι συνδυαστικά σενάρια ώστε να δούμε την σημαντικότητα της επίδρασης της ανακύκλωσης και της μείωσης παραγωγής των υλικών. Στο σενάριο 18 όπου και τα δύο αντιστοιχούν σε 20% έχουμε την ελάχιστη τιμή 20.488,40 MTCO<sub>2</sub>E ενώ στο σενάριο 20 που υπερτερεί η μείωση παραγωγής έχουμε τη μέγιστη τιμή 27.024,70 MTCO<sub>2</sub>E. Η μεταβολή σε σχέση με το σενάριο 18 είναι 18,10% και 31,90%, ενώ η μεταβολή ανάμεσα στα σενάρια είναι 18,10% και 11,90%.



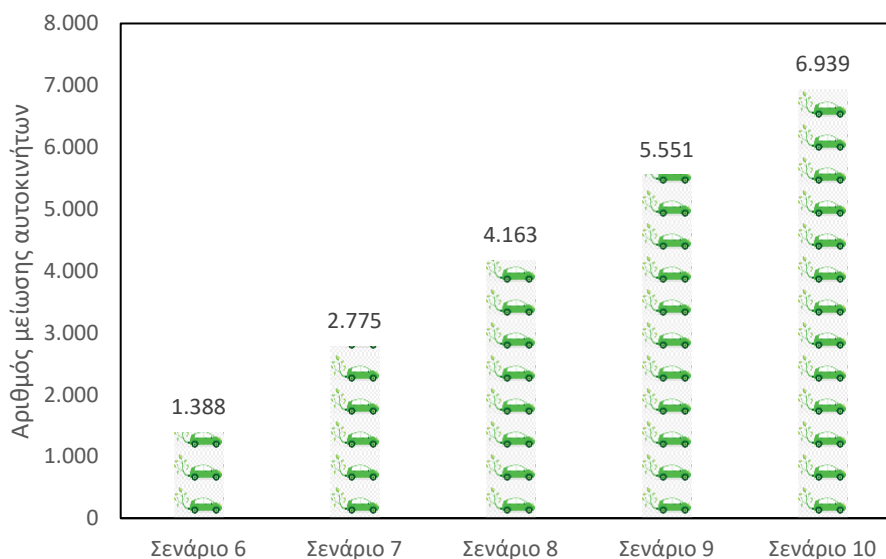
**Διάγραμμα 6.** Μεταβολές εκπομπών MTCO<sub>2</sub>E για τα σενάρια 18 – 20.

Στο Διάγραμμα 7 φαίνεται ο αριθμός μείωσης αυτοκινήτων ανά σενάριο. Αυτό σημαίνει πως οι ρύποι που γλιτώνουμε από αυτά τα σενάρια αντιστοιχούν στους ρύπους που θα είχε παραγάγει αυτός ο αριθμός αυτοκινήτων. Όσο προχωράμε στα σενάρια του διαγράμματος παρατηρούμε πως ο αριθμός αυτός αυξάνεται, ξεκινώντας από 747 αυτοκίνητα και καταλήγοντας σε 3.936 αυτοκίνητα. Η μεταβολή των σεναρίων σε σχέση με το πρώτο αντιστοιχεί σε 100%, 200,13%, 300,13% και 400,13%. Παράλληλα, η μεταβολή σε κάθε σενάριου σε σχέση με το προηγούμενο του είναι 100%, 50,06%, 33,32% και 24,99%. Οι εικονογραφήσεις έγιναν με τα δεδομένα των υπολογισμών και με τις εικόνες από το διαδίκτυο [16,17,18,19,20,21].



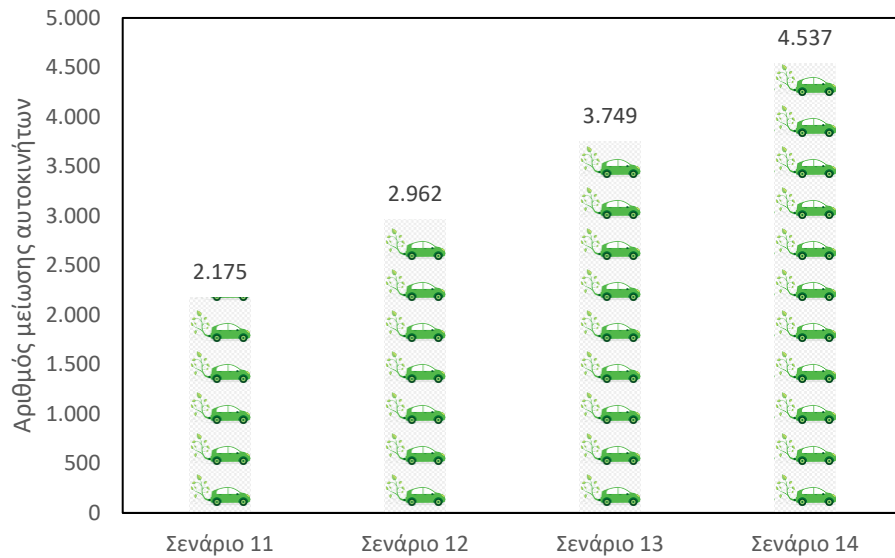
**Διάγραμμα 7.** Μεταβολές αριθμού αυτοκινήτων για τα σενάρια 1 – 5.

Στο Διάγραμμα 8 βλέπουμε ξανά αύξηση στον αριθμό των αυτοκινήτων με ελάχιστη τιμή 1.388 αυτοκίνητα και μέγιστη 6.939. Οι μεταβολές αυτή τη φορά σε σχέση με το διάγραμμα 6 είναι σε κάποια ελάχιστα μικρότερες και σε άλλα λίγο μεγαλύτερες. Συγκεκριμένα, με βάση το σενάριο 6 έχουμε μεταβολές 99,93%, 199,93%, 299,93% και 399,93%, ενώ με βάση το προηγούμενο τους σενάριο έχουμε 99,93%, 50,02%, 33,34 και 24,99%.



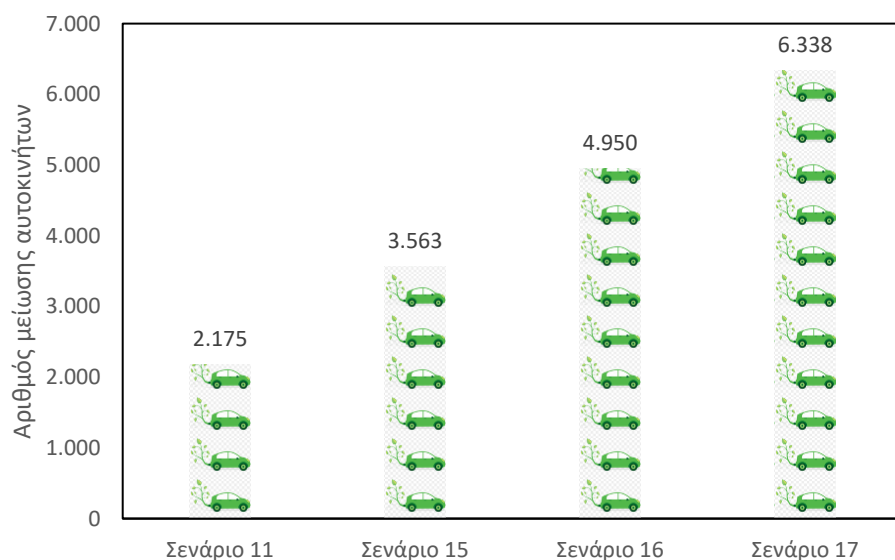
**Διάγραμμα 8.** Μεταβολές αριθμού αυτοκινήτων για τα σενάρια 6 – 10.

Στο Διάγραμμα 9 το οποίο αναφέρεται στα σενάρια 11 έως 14 έχουμε χαμηλότερη τιμή 2.175 αυτοκίνητα και μεγαλύτερη 4.537. Οι μεταβολές σε σχέση με το σενάριο 11 είναι 36,18%, 72,37% και 108,60%. Παράλληλα, οι μεταβολές σε σχέση με το προηγούμενο των σεναρίων είναι 36,18%, 38,93% και 21,04%.



**Διάγραμμα 9.** Μεταβολές αριθμού αυτοκινήτων για τα σενάρια 11 – 14.

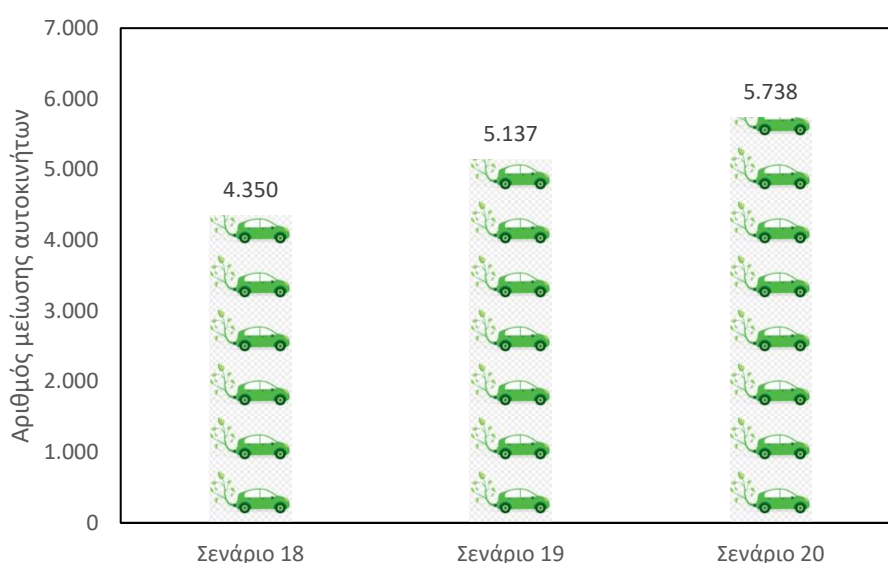
Το Διάγραμμα 10 παρουσιάζει τα σενάρια 11 και 15 με 17. Έχει μικρότερη τιμή όπως είναι λογικό ξανά 2.175 αυτοκίνητα, ενώ, υψηλότερη 6.338.



**Διάγραμμα 10.** Μεταβολές αριθμού αυτοκινήτων για τα σενάρια 11 και 15 – 17.

Μπορούμε να διακρίνουμε μεγαλύτερες μεταβολές σε αντίθεση με το διάγραμμα 8 στο οποίο ανεβάζουμε το ποσοστό της ανακύκλωσης και όχι της μείωσης παραγωγής όπως εδώ. Αναλυτικότερα, η μεταβολή με βάση το σενάριο 11 είναι 63,82%, 127,59% και 191,40%. Ταυτόχρονα, η μεταβολή μεταξύ των σεναρίων είναι 63,82%, 38,93% και 28,04%.

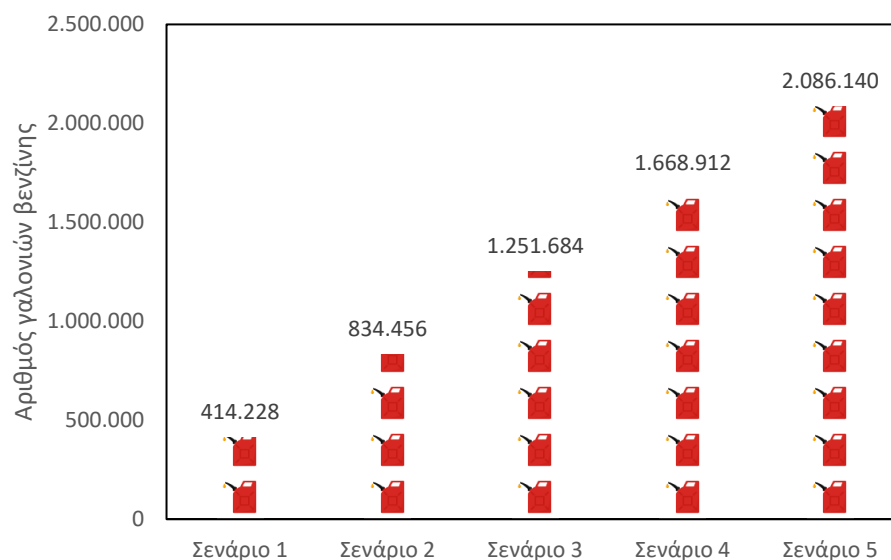
Σε αυτά τα συνδυαστικά σενάρια που φαίνονται στο Διάγραμμα 11 έχουμε ελάχιστη τιμή 4.350 αυτοκίνητα και μέγιστη να αποτελεί ξανά το σενάριο 20 με 5.738 αυτοκίνητα. Η μεταβολή σε σχέση με το σενάριο 18 είναι 18,10% και 31,90%, ενώ σε σχέση με το προηγούμενο είναι 18,10% και 11,69%.



**Διάγραμμα 11.** Μεταβολές αριθμού αυτοκινήτων για τα σενάρια 18 – 20.

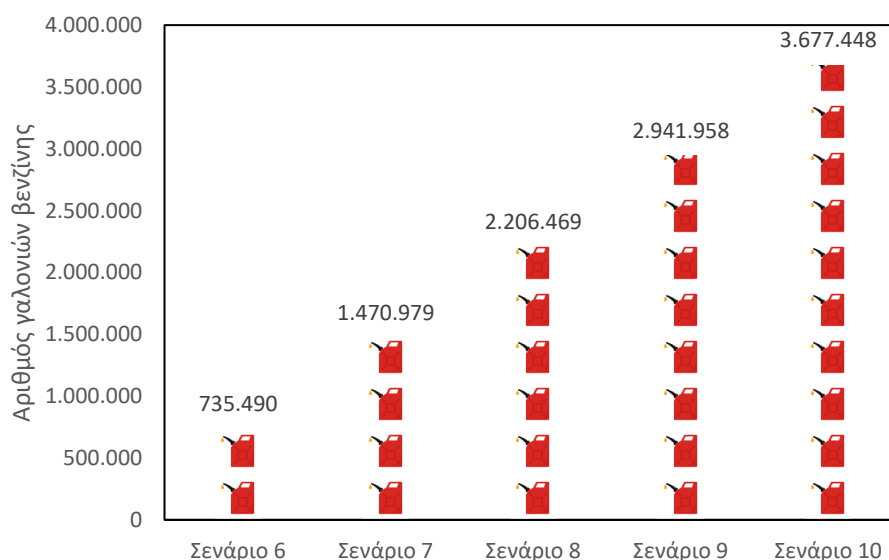
Στο Διάγραμμα 12 αναφέρονται οι ρύποι συγκεκριμένου αριθμού γαλονιών βενζίνης που θα μπορούσαμε να εξοικονομήσουμε ανάλογα με το σενάριο που επιλέγουμε. Μπορούμε να παρατηρήσουμε πως η χαμηλότερη τιμή είναι στο σενάριο 1 και είναι 414.228 γαλόνια βενζίνης και η μέγιστη όπου είναι στο σενάριο 5 είναι 2.086.140 γαλόνια. Η μεταβολή με βάση με το πρώτο σενάριο είναι 101,45%, 202,17%, 302,90%, 403,62% και με βάση το προηγούμενο κάθε σεναρίου είναι 101,45%, 50%, 33% και 25%.





**Διάγραμμα 12.** Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 1 – 5.

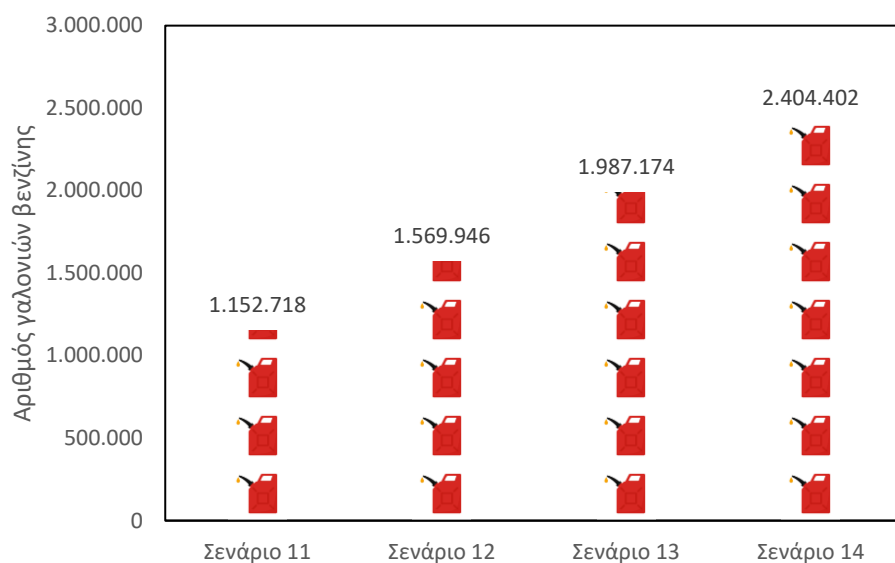
Το Διάγραμμα 13 παρουσιάζει τα σενάρια 6 έως 10. Η μικρότερη τιμή είναι 735.490 γαλόνια βενζίνης και η μεγαλύτερη είναι 3.677.448 γαλόνια βενζίνης. Οι μεταβολές με κριτήριο το σενάριο 6 είναι 100%, 200%, 300% και 400%, ενώ με κριτήριο το προηγούμενο είναι προφανώς 100%, 50%, 33,33% και 25%.



**Διάγραμμα 13.** Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 6 –10.

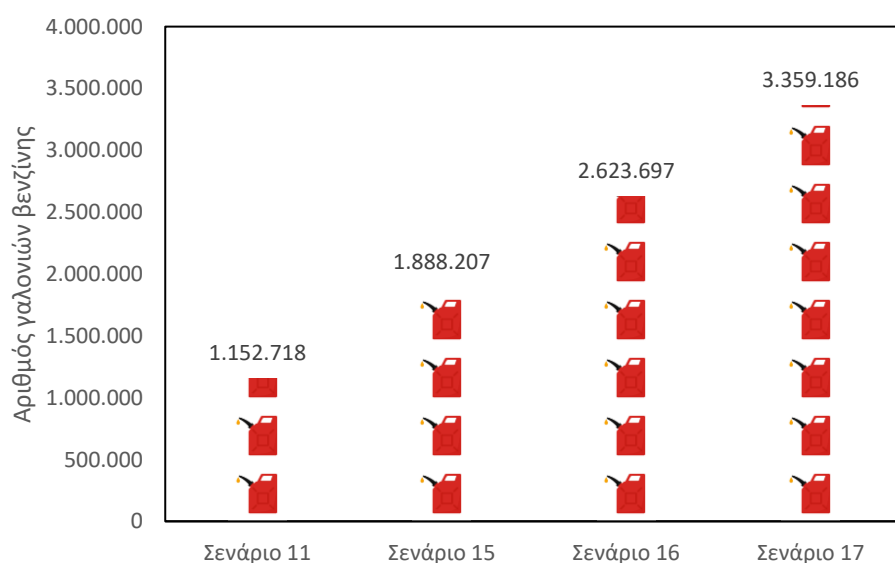
Στο Διάγραμμα 14 βλέπουμε πως από τα σενάρια 11 έως 14 η χαμηλότερη τιμή είναι 1.152.718 γαλόνια βενζίνης και η υψηλότερη είναι 2.404.402 γαλόνια. Η μεταβολή σε σχέση με το σενάριο 11 είναι 36,20%, 72,39%, 108,59%. Ταυτόχρονα, η μεταβολή

ανάμεσα στα σενάρια ξεκινώντας από το 11 και προχωρώντας προς το 14 είναι 36,20%, 26,58% και 21% αντιστοίχως.



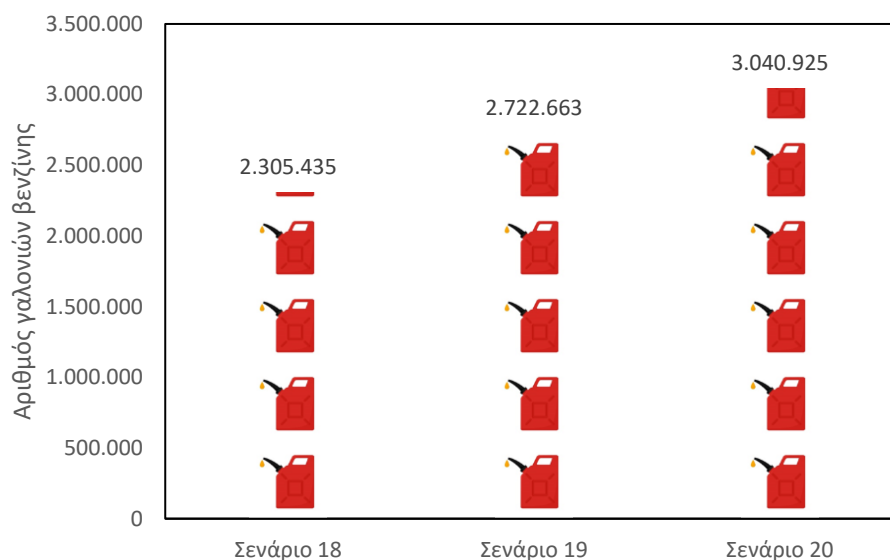
**Διάγραμμα 14.** Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 11 – 14.

Στο Διάγραμμα 15 μπορούμε εύκολα να διακρίνουμε ότι η ελάχιστη τιμή είναι του σεναρίου 11 όπως και πριν με 1.152.718 γαλόνια βενζίνης και η μέγιστη είναι 3.359.186 γαλόνια. Οι μεταβολές είναι 63,80%, 127,61%, 191,41% με βάση το σενάριο 11 και 63,80%, 38,95% και 28,03% με βάση το προηγούμενο κάθε σεναρίου.



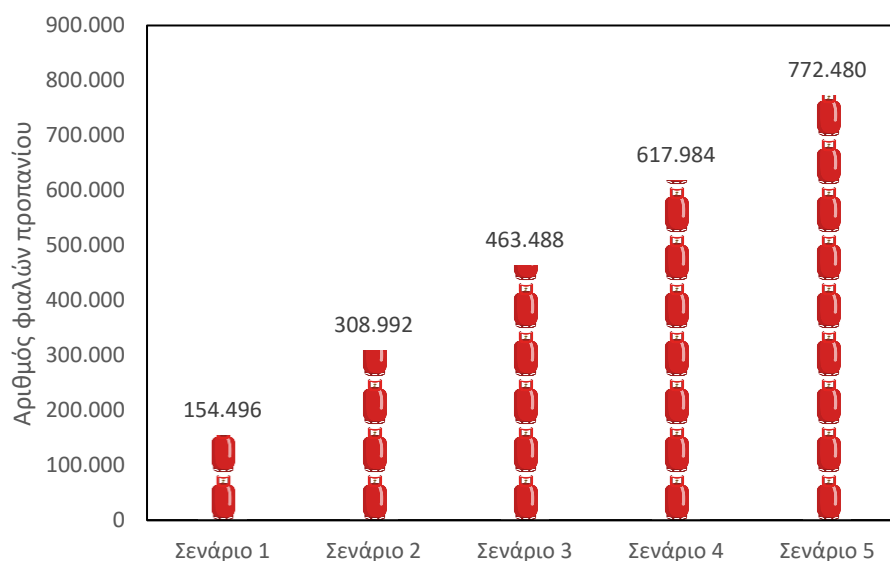
**Διάγραμμα 15.** Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 11 και 15 - 17.

Στο Διάγραμμα 16 η ελάχιστη τιμή αντιστοιχεί ξανά στο σενάριο 18 με 2.305.435 γαλόνια βενζίνης και η μέγιστη στο σενάριο 20 με 3.040.925 γαλόνια. Οι μεταβολές είναι όπως αναμένεται 18,10% και 31,90% με κριτήριο το σενάριο 18 και 18,10% και 11,69% με κριτήριο το προηγούμενο κάθε σεναρίου.



**Διάγραμμα 16.** Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 18 – 20.

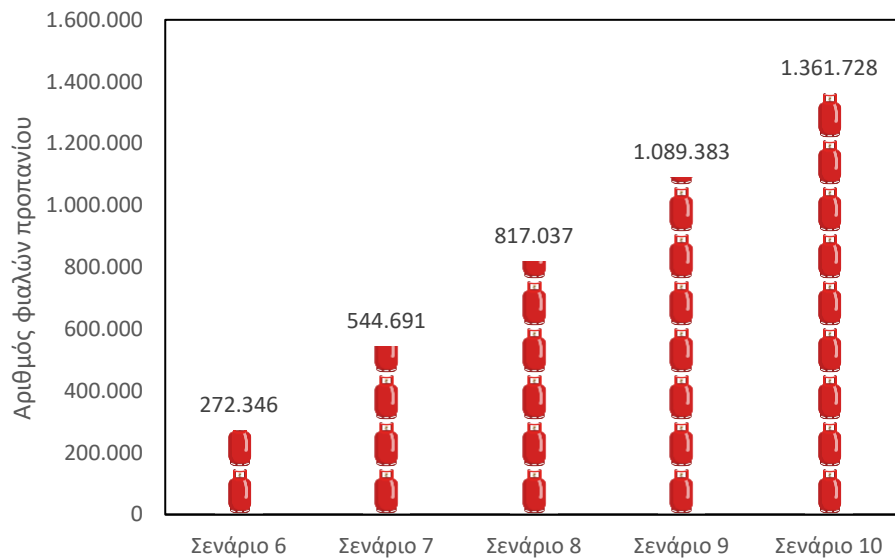
Το Διάγραμμα 17 αναφέρεται στους ρύπους που παράγει συγκεκριμένος αριθμός φιαλών προπανίου τον οποίο θα μπορούσαμε να εξοικονομήσουμε εάν ακολουθούσαμε κάποιο από τα παραπάνω σενάρια.



**Διάγραμμα 17.** Μεταβολές αριθμού φιαλών προπανίου για τα σενάρια 1 – 5.

Αναλυτικότερα, ξεκινάμε με 154.496 φιάλες προπανίου που είναι η χαμηλότερη τιμή και τελειώνουμε με 772.480 φιάλες που είναι η μεγαλύτερη τιμή. Οι μεταβολές σε σχέση με το σενάριο 1 είναι 100%, 200%, 300% και 400% και όπως είναι λογικό οι μεταβολές ανάμεσα στα σενάρια είναι 100%, 50%, 33,33% και 25% αντίστοιχα.

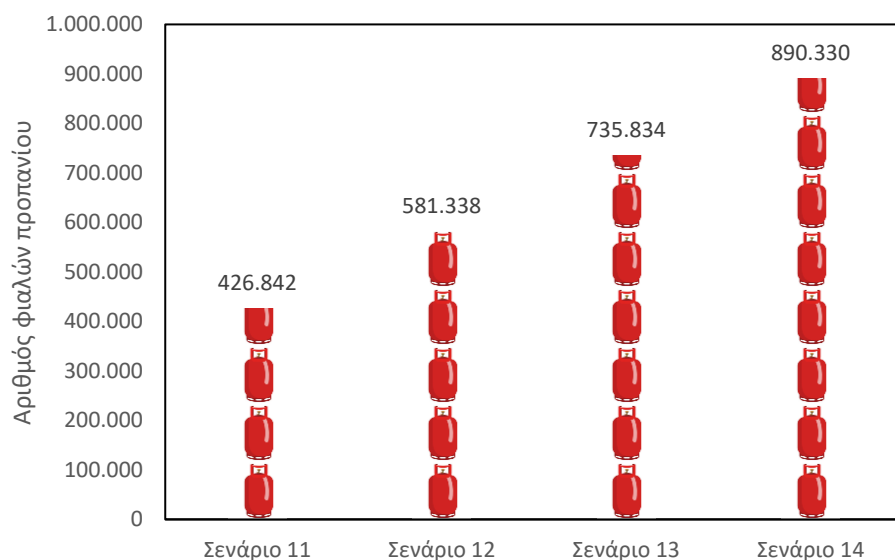
Στο Διάγραμμα 18 βλέπουμε τα σενάρια 6 μέχρι 10. Η μικρότερη τιμή είναι 272.346 φιάλες προπανίου, ενώ, η μεγαλύτερη είναι 1.361.728 φιάλες. Παρατηρούμε πως οι μεταβολές είναι ακριβώς ίδιες με το διάγραμμα 16.



**Διάγραμμα 18.** Μεταβολές αριθμού φιαλών προπανίου για τα σενάρια 6 – 10.

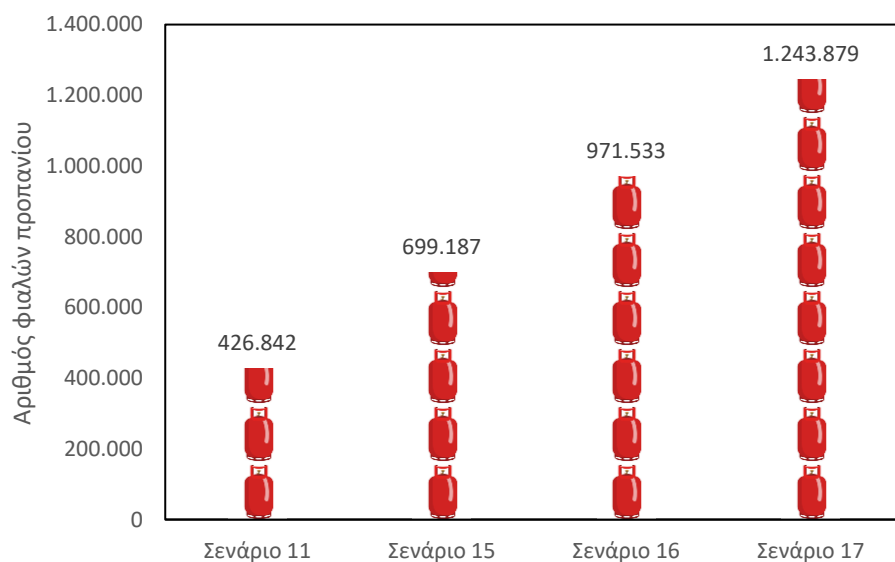
Πιο συγκεκριμένα, έχουμε πάλι μεταβολές της τάξης του 100%, 200%, 300% και 400% με βάση το σενάριο 6 και προφανώς 100%, 50%, 33,33% και 25% με βάση το προηγούμενο κάθε σεναρίου.

Το Διάγραμμα 19 παρουσιάζει τα σενάρια 11 με 14. Μπορούμε να δούμε ότι η χαμηλότερη τιμή είναι 426.842 φιάλες προπανίου και η ψηλότερη είναι 890.330 φιάλες. Οι μεταβολές με κριτήριο το σενάριο 11 είναι 36,20%, 72,39% και 108,59%, ενώ, ανάμεσα στα σενάρια είναι 36,20%, 26,58% και 21%.



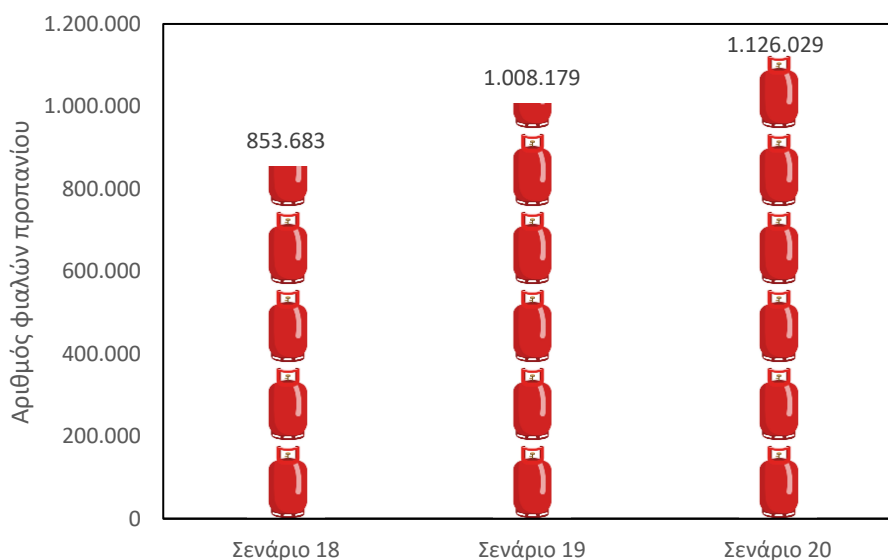
**Διάγραμμα 19.** Μεταβολές αριθμού φιαλών προπανίου για τα σενάρια 11 – 14.

Όπως είναι προφανές και στο Διάγραμμα 20 η μικρότερη τιμή είναι του σεναρίου 11 με 426.942 φιάλες προπανίου, ενώ η μεγαλύτερη είναι του σεναρίου 17 με 1.243.879 φιάλες. Οι μεταβολές σε σχέση με το σενάριο 11 είναι 63,80%, 127,61% και 191,41% και σε σχέση με το προηγούμενο κάθε σενάριο 63,80%, 38,95% και 28,03%.



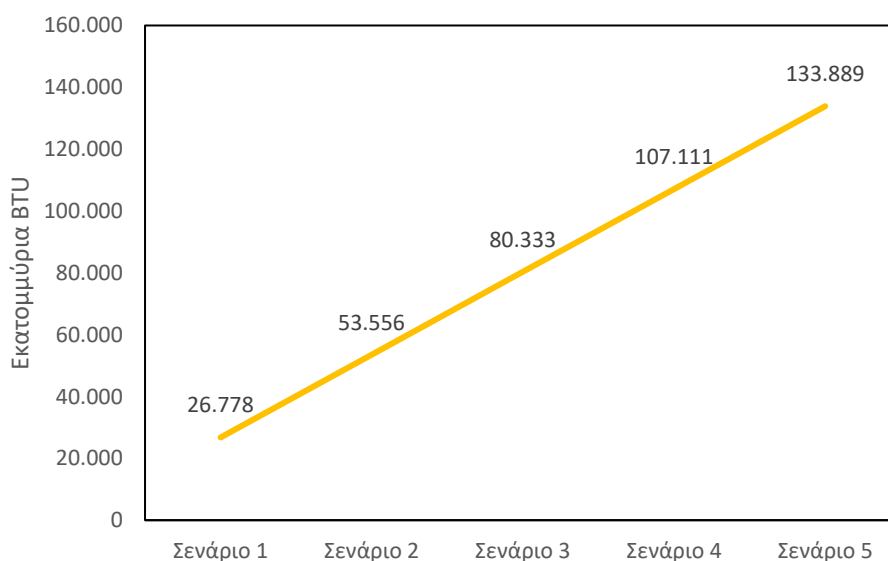
**Διάγραμμα 20.** Μεταβολές αριθμού φιαλών προπανίου για τα σενάρια 11 και 15 – 17.

Το Διάγραμμα 21 το οποίο παρουσιάζει τα συνδυαστικά σενάρια 18 με 20 έχει ελάχιστη τιμή 853.683 φιάλες προπανίου και μέγιστη 1.126.029 φιάλες. Οι μεταβολές με κριτήριο το σενάριο 18 είναι 18,10% και 31,90%, ενώ, σε σχέση με το προηγούμενο κάθε σεναρίου είναι 18,10% και 11,69%.



**Διάγραμμα 21.** Μεταβολές αριθμού φιαλών προπανίου για τα σενάρια 18 – 20.

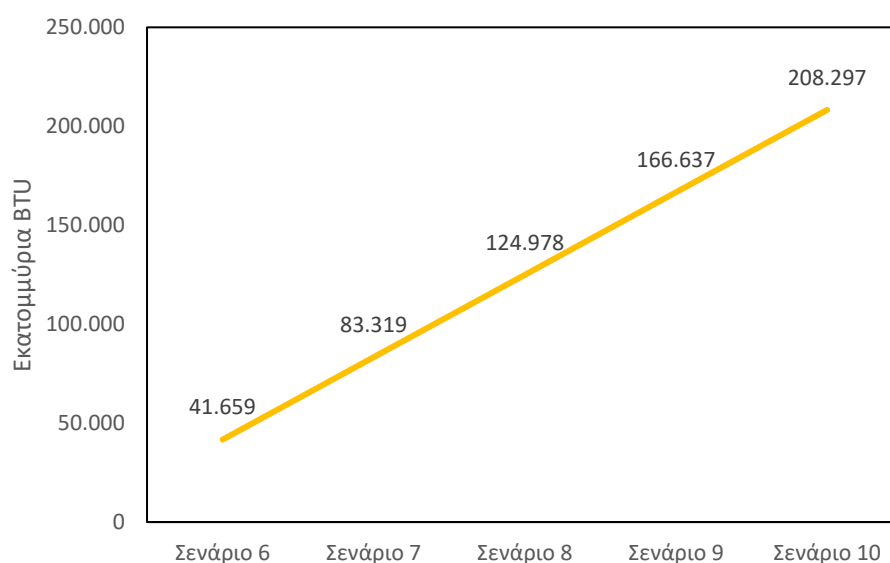
Το Διάγραμμα 22 αναφέρεται στα εκατομμύρια BTU ενέργειας που θα μπορούσαμε να εξοικονομήσουμε και να τα αξιοποιήσουμε σε άλλες ανάγκες και δραστηριότητες του δήμου.



**Διάγραμμα 22.** Μεταβολές BTU για τα σενάρια 1 – 5.

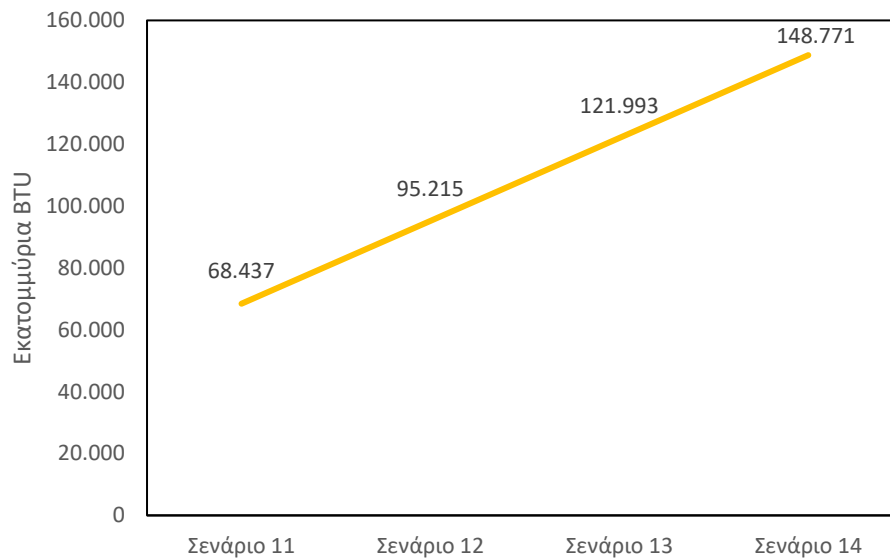
Παρατηρούμε πως και εδώ το ποσό των BTU αυξάνεται όσο προχωράμε από το σενάριο 1 έως το σενάριο 5. Συγκεκριμένα, ξεκινάμε από την τιμή των 26.777,82 εκατομμύρια BTU και καταλήγουμε σε 133.889,10 εκατομμύρια BTU. Οι μεταβολές σε σχέση με το πρώτο σενάριο είναι 100%, 200%, 300% και 400% και σε σχέση με το προηγούμενο κάθε σεναρίου είναι 100%, 50%, 33,33%, 25% όπως αναμένεται.

Στο Διάγραμμα 23 μπορούμε να διακρίνουμε πως στα σενάρια 6 με 10 η χαμηλότερη τιμή είναι 41.659,30 εκατομμύρια BTU και η μέγιστη είναι 208.296,50 εκατομμύρια BTU. Οι μεταβολές εδώ είναι ακριβώς ίδιες με το διάγραμμα 21. Συγκεκριμένα, με βάση το σενάριο 6 οι μεταβολές είναι 100%, 200%, 300% και 400% και με βάση το προηγούμενο κάθε σεναρίου είναι 100%, 50%, 33,33%, 25%.



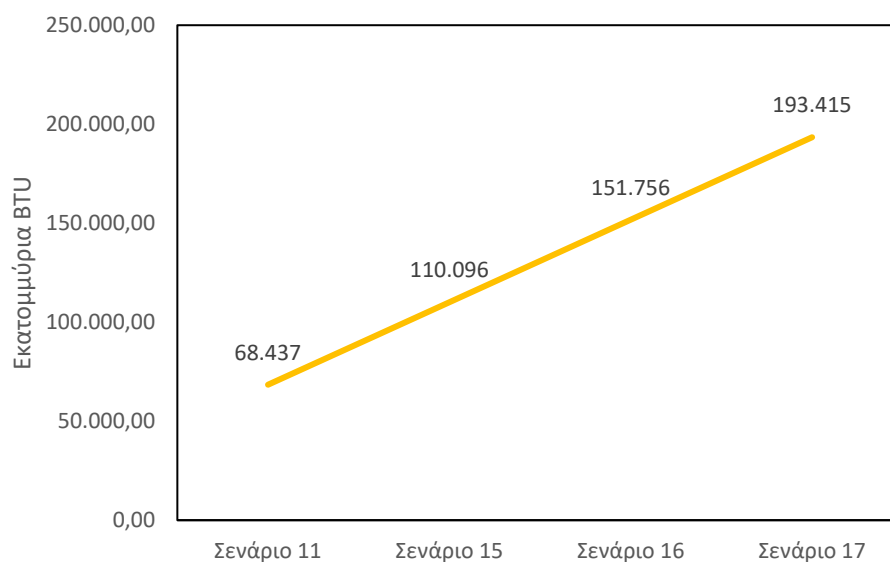
**Διάγραμμα 23.** Μεταβολές BTU για τα σενάρια 6 – 10.

Το Διάγραμμα 24 παρουσιάζει τα σενάρια 11 έως 14. Η μικρότερη τιμή είναι 68.437,12 εκατομμύρια BTU και η υψηλότερη είναι 148.770,58 εκατομμύρια BTU. Οι μεταβολές με κριτήριο το σενάριο 11 είναι 39,13%, 78,26%, 117,38%, ενώ με κριτήριο το προηγούμενο των σεναρίων είναι 39,13%, 28,12% και 21,95%.



**Διάγραμμα 24.** Μεταβολές BTU για τα σενάρια 11 – 14.

Στο Διάγραμμα 25 που φαίνονται τα σενάρια 11 και 15 μέχρι 17, μπορούμε να δούμε πως ελάχιστη τιμή είναι ξανά 68.437,12 εκατομμύρια BTU και η μεγαλύτερη είναι 193.415,02 εκατομμύρια BTU.

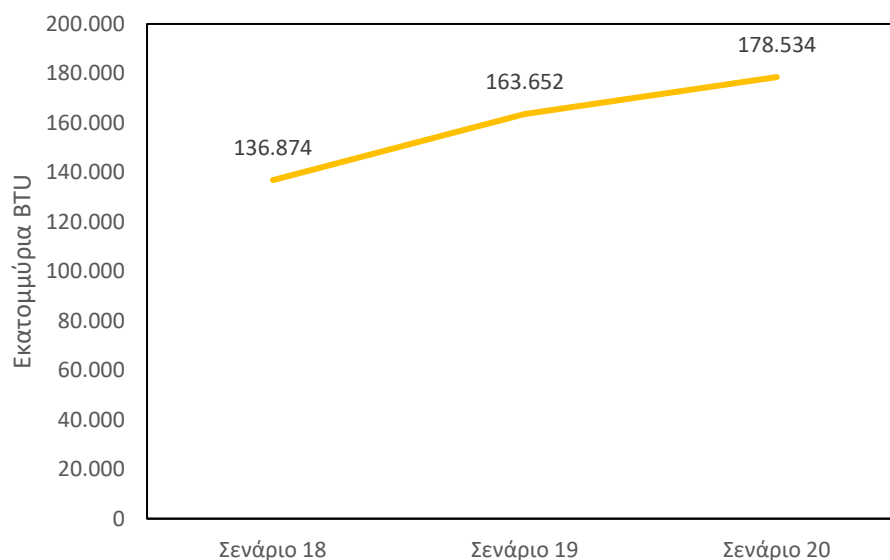


**Διάγραμμα 25.** Μεταβολές BTU για τα σενάρια 11 και 15 – 17.

Οι μεταβολές εδώ είναι μεγαλύτερες από το προηγούμενο διάγραμμα. Πιο συγκεκριμένα, σε σχέση με το σενάριο 11 είναι 60,87%, 121,74%, 182,62%. Παράλληλα, σε σχέση με το προηγούμενο κάθε σεναρίου είναι 60,87%, 37,84% και 27,45%.

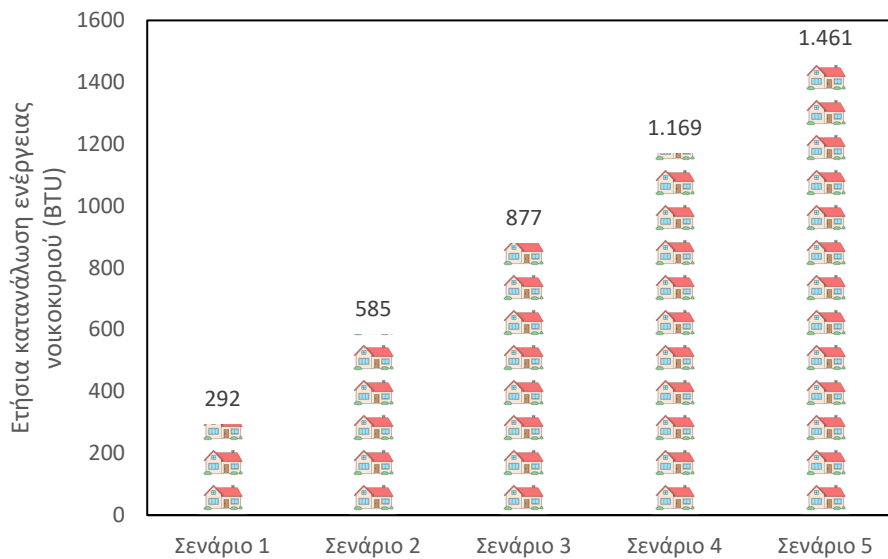


Το Διάγραμμα 26 το οποίο μας δείχνει τα συνδυαστικά σενάρια 18,19 και 20 έχει ελάχιστη τιμή 136.874,24 εκατομμύρια BTU και μεγαλύτερη 178.533,54 εκατομμύρια BTU. Οι μεταβολές με βάση το σενάριο 18 είναι 19,56% και 30,44%, ενώ, οι μεταβολές ανάμεσα στα σενάρια είναι 19,56% και 9,09% αντιστοίχως.



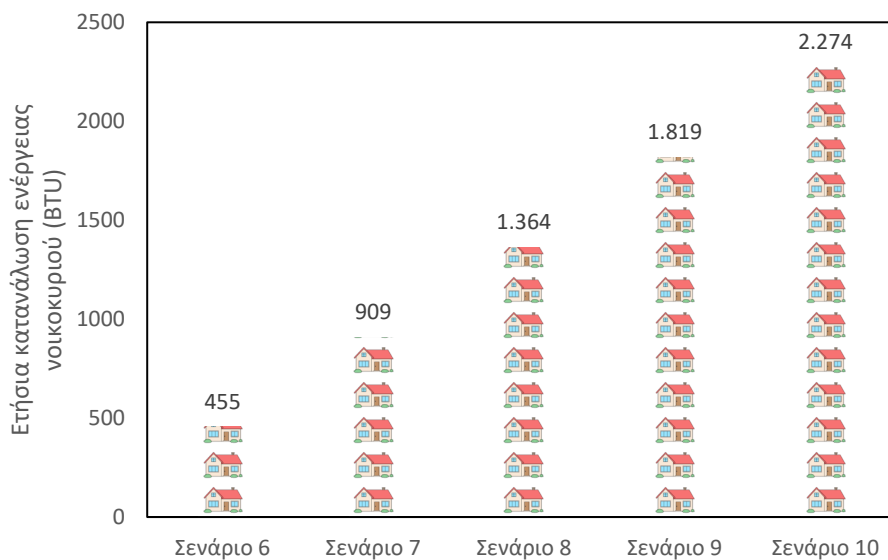
**Διάγραμμα 26.** Μεταβολές BTU για τα σενάρια 18 – 20.

Το Διάγραμμα 27 αναφέρεται στην ετήσια κατανάλωση ενέργειας ενός νοικοκυριού που θα μπορούσαμε να έχουμε εάν εφαρμόζαμε κάποιο από τα σενάρια τα οποία εξετάζουμε. Η μικρότερη τιμή του διαγράμματος αντιστοιχεί στο σενάριο 1 και είναι 292, ενώ η μεγαλύτερη που αντιστοιχεί στο σενάριο 5 είναι 1.461. Οι μεταβολές σε σχέση με το σενάριο 1 είναι 100,34%, 200,34%, 300,34% και 400,34%. Ταυτόχρονα οι μεταβολές ανάμεσα στα σενάρια είναι 100,34%, 49,91%, 33,30% και 24,98%.



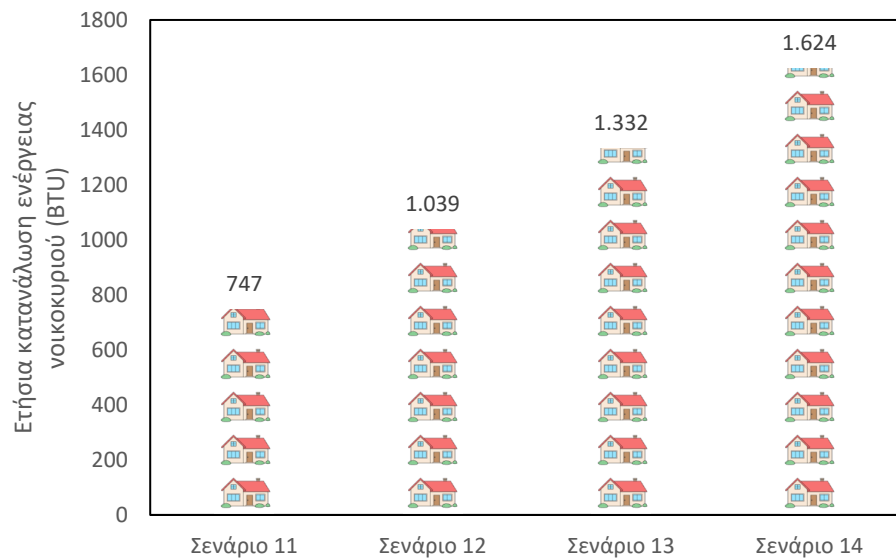
**Διάγραμμα 27.** Μεταβολές ετήσιας κατανάλωσης νοικοκυριού για τα σενάρια 1 – 5.

Στο Διάγραμμα 28 έχουμε ελάχιστη τιμή 455 και μέγιστη 2.274 για τα σενάρια 6 μέχρι 10. Οι μεταβολές εδώ είναι αρκετά κοντινές με το διάγραμμα 26. Αναλυτικότερα, οι μεταβολές με κριτήριο το σενάριο 6 είναι 99,78%, 199,78%, 299,78% και 399,78%, ενώ με κριτήριο το προηγούμενο κάθε σεναρίου είναι 99,78%, 50,06%, 33,36% και 25,01%.



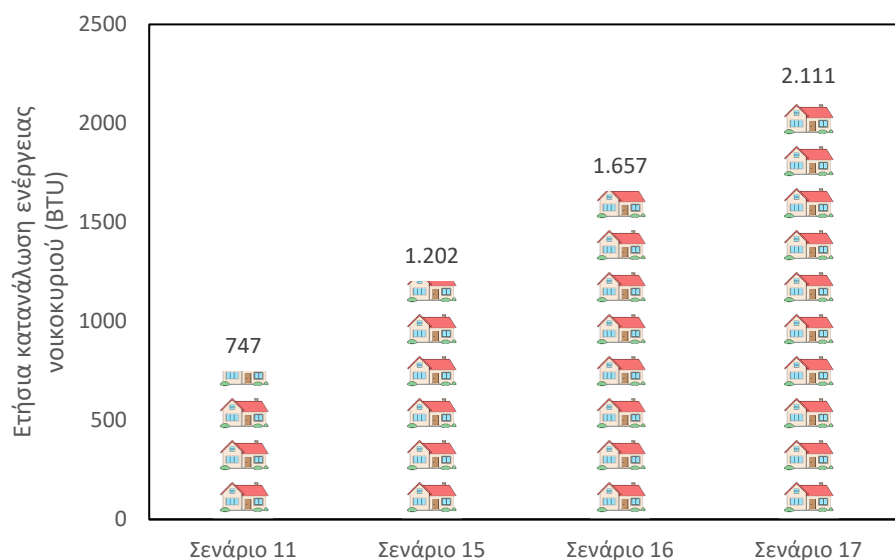
**Διάγραμμα 28.** Μεταβολές ετήσιας κατανάλωσης νοικοκυριού για τα σενάρια 6 - 10.

Το Διάγραμμα 29 αναφέρεται στα σενάρια 11 έως 14 και έχει χαμηλότερη τιμή 747 και υψηλότερη 1.624. Οι μεταβολές με βάση το σενάριο 11 είναι 39,09%, 78,31% και 117,40%. Παράλληλα, οι μεταβολές με βάση το προηγούμενο κάθε σεναρίου είναι 30,09%, 28,20% και 21,92% αντιστοίχως.



**Διάγραμμα 29.** Μεταβολές ετήσιας κατανάλωσης νοικοκυριού για τα σενάρια 11 - 14.

Στο Διάγραμμα 30 στο οποίο φαίνονται τα σενάρια 11 και 15 μέχρι 17, έχουμε ελάχιστη τιμή 747 και μεγαλύτερη 2.111. Οι μεταβολές που έχουμε είναι 60,91%, 121,82% και 182,60% σε σχέση με το σενάριο 11 και σε σχέση με το προηγούμενο κάθε σεναρίου είναι 60,91%, 37,85% και 27,40%.



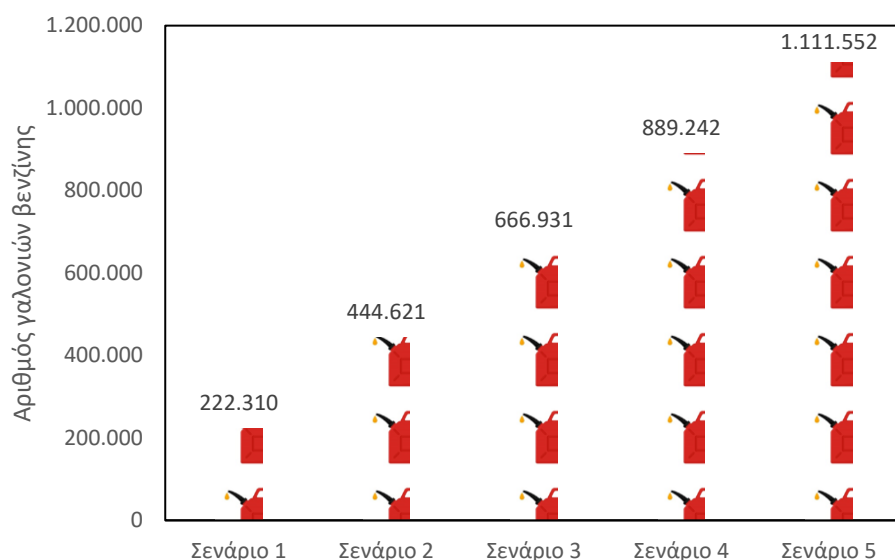
**Διάγραμμα 30.** Μεταβολές ετήσιας κατανάλωσης νοικοκυριού για τα σενάρια 11 - 17.

Στο Διάγραμμα 31 που έχουμε τα συνδυαστικά σενάρια 18 με 20, διακρίνουμε χαμηλότερη τιμή να είναι 1.494 και υψηλότερη 1.949. Οι μεταβολές με κριτήριο το σενάριο 18 είναι 19,54% και 30,46%, ενώ με κριτήριο το προηγούμενο κάθε σεναρίου είναι 19,54%, 9,13%.



**Διάγραμμα 31.** Μεταβολές ετήσιας κατανάλωσης νοικοκυριού για τα σενάρια 18 - 20.

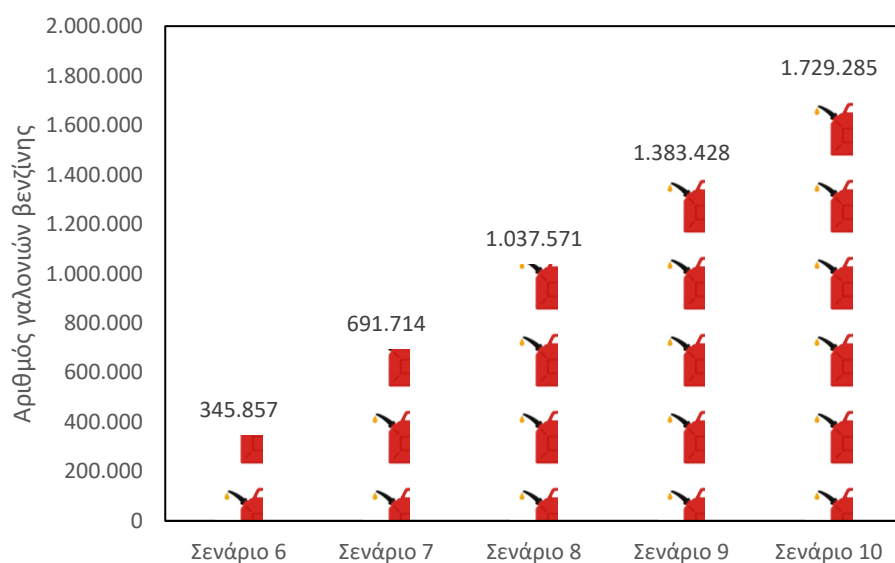
Το Διάγραμμα 32 αναφέρεται στην ενέργεια του συγκεκριμένου αριθμού γαλονιών βενζίνης που θα μπορούσαμε να έχουμε για κάθε σενάριο που επιλέγουμε.



**Διάγραμμα 32.** Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 1 – 5.

Για τα σενάρια 1 έως 5 που παρουσιάζονται εδώ, έχουμε μικρότερη τιμή όπως συνήθως για το σενάριο 1 με 222.310 γαλόνια βενζίνης και μεγαλύτερη για το σενάριο 5 με 1.111.552 γαλόνια. Οι μεταβολές με βάση το πρώτο σενάριο είναι 100%, 200%, 300% και 400%, ενώ με βάση το προηγούμενο κάθε σεναρίου είναι 100%, 50%, 33,33% και 25%.

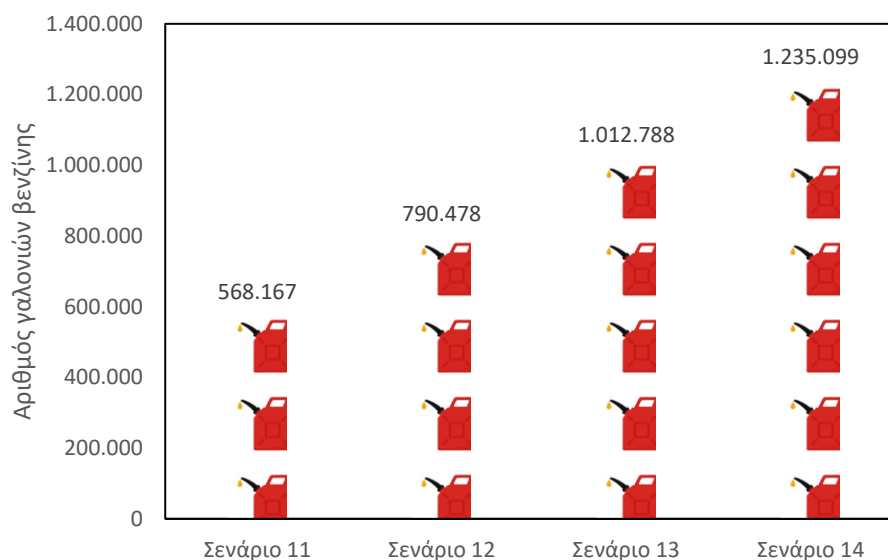
Στο Διάγραμμα 33 για τα σενάρια 6 μέχρι 10 έχουμε ελάχιστη τιμή 345.857 γαλόνια βενζίνης και μέγιστη 1.729.285 γαλόνια.



**Διάγραμμα 33.** Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 6 – 10.

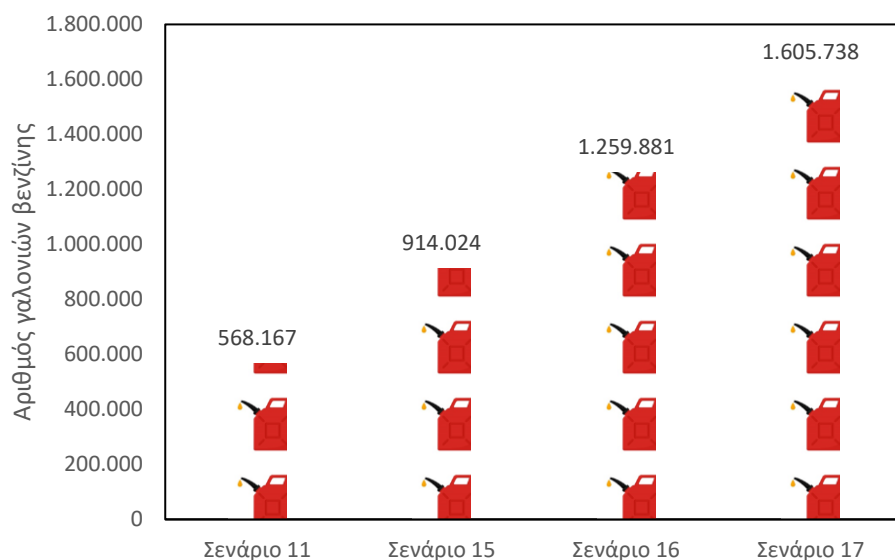
Οι μεταβολές είναι ακριβώς ίδιες με το διάγραμμα 31. Πιο συγκεκριμένα, σε σχέση με το σενάριο 6 είναι 100%, 200%, 300% και 400%, ενώ σε σχέση με το προηγούμενο κάθε σεναρίου είναι 100%, 50%, 33,33% και 25%.

Το Διάγραμμα 34 παρουσιάζει τα σενάρια 11 με 14 και έχει μικρότερη τιμή 568.167 γαλόνια βενζίνης και υψηλότερη 1.235.099 γαλόνια. Οι μεταβολές με κριτήριο το σενάριο 11 είναι 39,13%, 78,26% και 117,38%. Παράλληλα, οι μεταβολές ανάμεσα στα σενάρια είναι 39,13%, 28,12% και 21,95%.



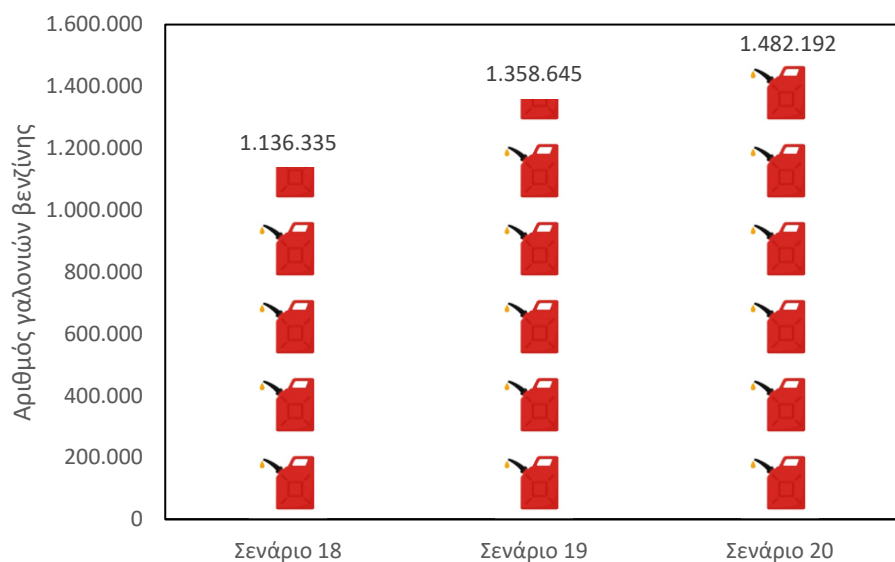
**Διάγραμμα 34.** Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 11 – 14.

Στο Διάγραμμα 35 φαίνονται τα σενάρια 11 και 15 έως 17. Η χαμηλότερη τιμή είναι πάλι το σενάριο 11 με 568.167 γαλόνια βενζίνης και η υψηλότερη είναι το σενάριο 17 με 1.605.738 γαλόνια. Οι μεταβολές σε σχέση με το σενάριο 11 είναι 60,87%, 121,74% και 182,62%, ενώ σε σχέση με το προηγούμενο κάθε σεναρίου 60,87%, 37,84% και 27,45%.



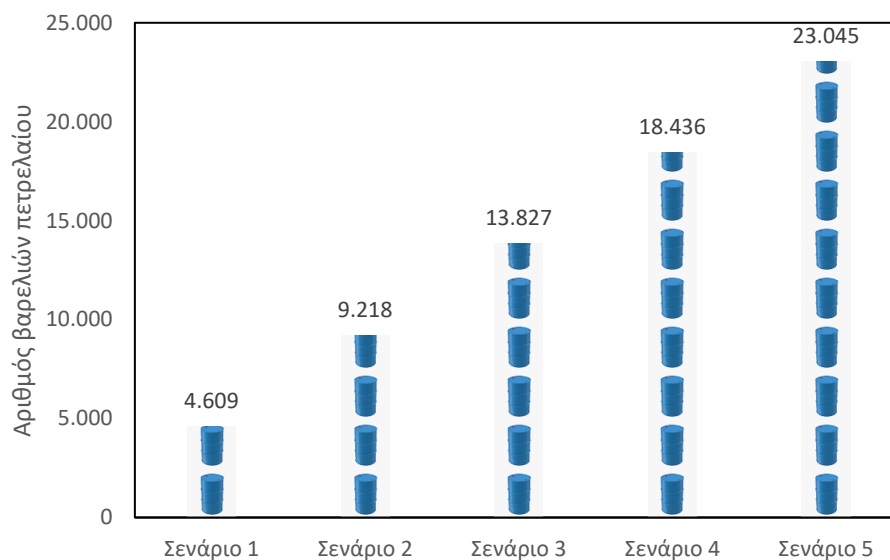
**Διάγραμμα 35.** Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 11 και 15 - 17.

Για το Διάγραμμα 36 διακρίνουμε ως ελάχιστη τιμή 1.136.335 γαλόνια βενζίνης και μέγιστη 1.482.192 γαλόνια. Οι μεταβολές με βάση το σενάριο 18 είναι 19,56% και 30,44%, ενώ με βάση το προηγούμενο κάθε σεναρίου είναι 19,56% και 9,09%.



**Διάγραμμα 36.** Μεταβολές αριθμού γαλονιών βενζίνης για τα σενάρια 18 – 20.

Το Διάγραμμα 37 αναφέρεται στα σενάρια 1 με 5 και την ενέργεια συγκεκριμένου αριθμού βαρελιών πετρελαίου που θα μπορούσαμε να έχουμε, εάν αξιοποιούσαμε κάποιο από τα σενάρια που μελετάμε.

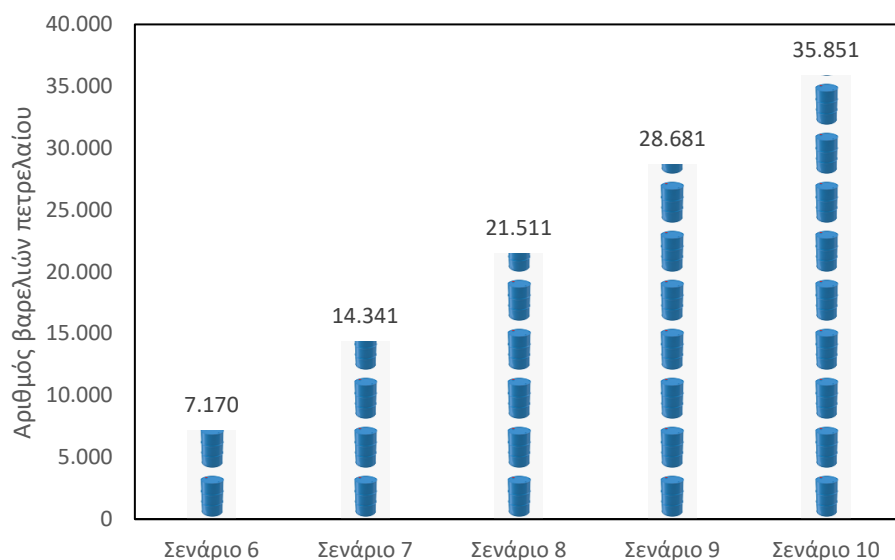


**Διάγραμμα 37.** Μεταβολές αριθμού βαρελιών πετρελαίου για τα σενάρια 1 – 5.

Βλέπουμε πως η μικρότερη τιμή είναι 4.609 βαρέλια πετρελαίου, ενώ, η μεγαλύτερη 23.045 βαρέλια. Επίσης, οι μεταβολές στο διάγραμμα αυτό σε σχέση με το πρώτο σενάριο είναι 100%, 200%, 300% και 400%, καθώς σε σχέση με το προηγούμενο κάθε σεναρίου είναι 100%, 50%, 33,33% και 25%.

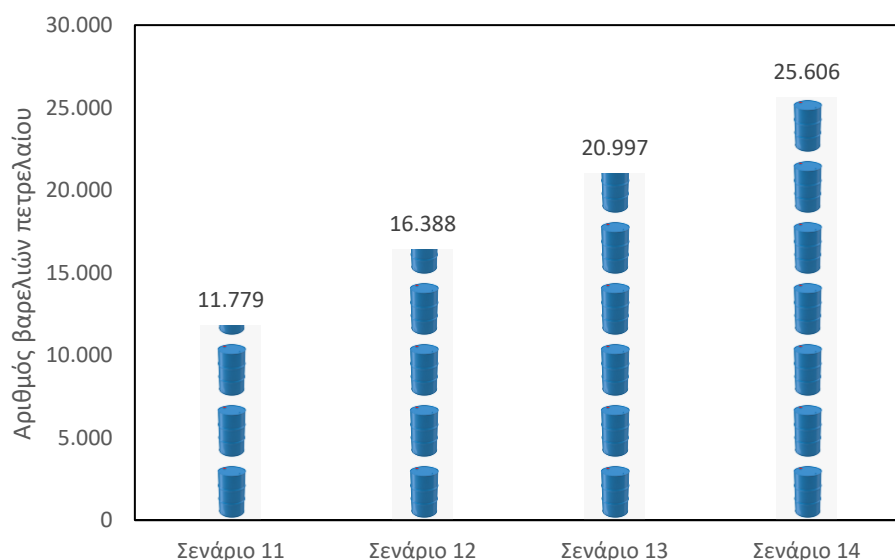
Στο Διάγραμμα 38 παρουσιάζει τα σενάρια 6 έως 10 και μπορούμε να δούμε πως η χαμηλότερη τιμή είναι 7.170 βαρέλια πετρελαίου και η υψηλότερη 35.851 βαρέλια. Οι μεταβολές με βάση το σενάριο 6 είναι παρόμοιες με του προηγούμενου διαγράμματος. Συγκεκριμένα, με κριτήριο το σενάριο 6 είναι 100,01%, 200,01%, 300,01% και 400,01%, ενώ οι μεταβολές ανάμεσα στα σενάρια είναι 100,01%, 50%, 33,33% και 25%.





**Διάγραμμα 38.** Μεταβολές αριθμού βαρελιών πετρελαίου για τα σενάρια 6 - 10.

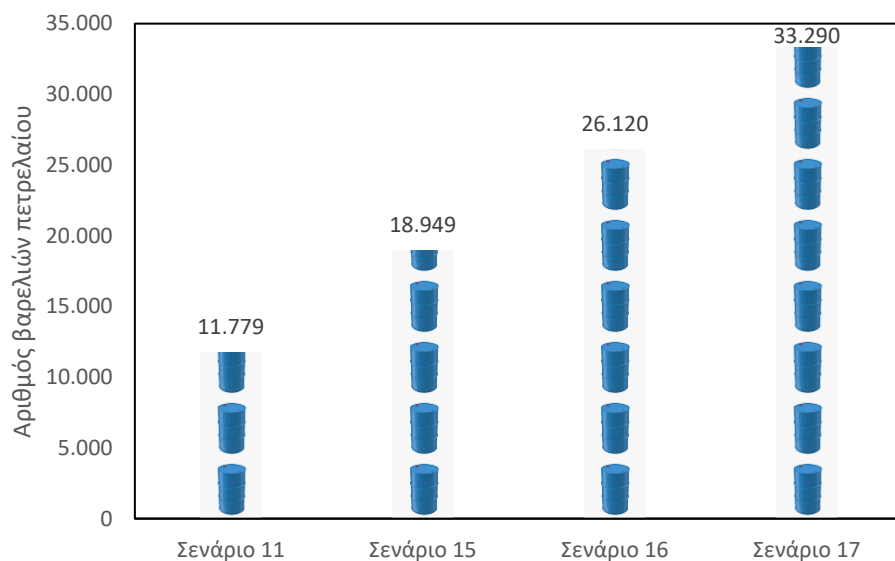
Στο Διάγραμμα 39 έχουμε τα σενάρια 11 μέχρι 14. Μπορούμε να διακρίνουμε ελάχιστη τιμή 11.779 βαρέλια πετρελαίου και μέγιστη 25.707 βαρέλια. Οι μεταβολές σε σχέση με το σενάριο 11 είναι 39,13%, 78,26% και 117,39% και σε σχέση με το προηγούμενο κάθε σεναρίου είναι 39,13%, 28,12% και 21,95%.



**Διάγραμμα 39.** Μεταβολές αριθμού βαρελιών πετρελαίου για τα σενάρια 11 - 14.

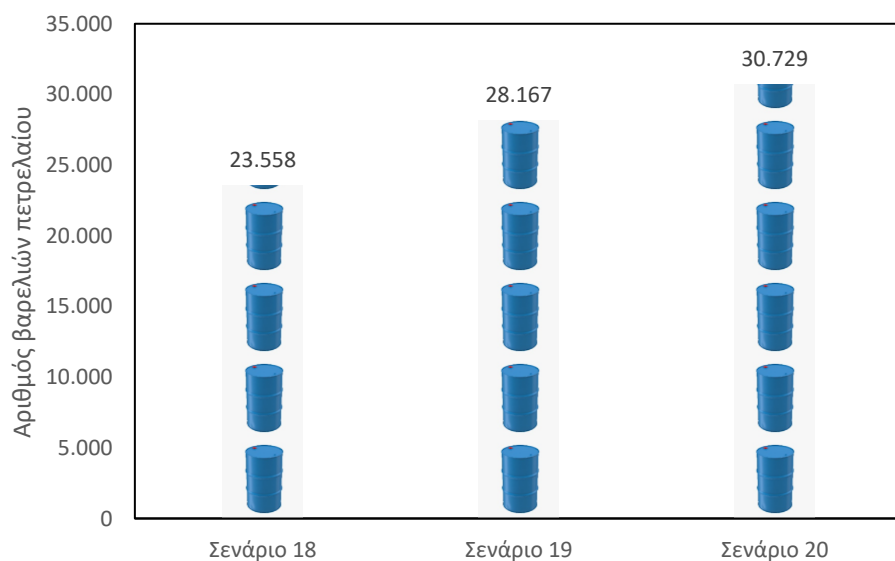
Το Διάγραμμα 40 παρουσιάζει τα σενάρια 11 και 15 με 17. Έχει μικρότερη τιμή 11.779 βαρέλια πετρελαίου και μεγαλύτερη 33.290 βαρέλια. Οι μεταβολές με βάση

το σενάριο 11 είναι 60,87%, 121,75%, 182,62%, ενώ, με βάση το προηγούμενο κάθε σεναρίου είναι 60,87%, 37,84% και 27,45%.



**Διάγραμμα 40.** Μεταβολές αριθμού βαρελιών πετρελαίου για τα σενάρια 11 και 15 - 17.

Στο Διάγραμμα 41 φαίνονται τα σενάρια 18,19 και 20. Η χαμηλότερη τιμή είναι 23.558 βαρέλια πετρελαίου και η μεγαλύτερη είναι 30.729 βαρέλια. Οι μεταβολές με κριτήριο το σενάριο 18 είναι 19,56% και 30,44%, ενώ οι μεταβολές ανάμεσα στα σενάρια είναι 19,56% και 9,10%.



**Διάγραμμα 41.** Μεταβολές αριθμού βαρελιών πετρελαίου για τα σενάρια 18 - 20.

### 3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΡΕΣΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Οι Πίνακες 7 έως 12 αναφέρονται σε παρεμφερή σενάρια με τη διαφορά ότι στους 3 πρώτους αυξάνουμε το ποσοστό ανακύκλωσης και κομποστοποίησης ενώ στους 3 επόμενους το ποσοστό των υλικών των οποίων μειώνεται η παραγωγή τους ή κομποστοποιούνται. Παρατηρούμε, λοιπόν, πως όλες οι τιμές σε όλα τα σενάρια μεταβάλλονται πρακτικά γραμμικά. Ταυτόχρονα, όμως, είναι φανερό ότι με τη δεύτερη μέθοδο της μείωσης παραγωγής οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές είναι σχεδόν διπλάσιες από την πρώτη μέθοδο.

**Πίνακας 7.** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 1 έως 5.

<i><b>MTCO<sub>2</sub>E</b></i>	<i><b>Αυτοκίνητα</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Φιάλες Προπανίου</b></i>
3.707,91	787	414.228	154.496
18.539,53	3.936	2.086.140	772.480

**Πίνακας 8.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του.

<i><b>MTCO<sub>2</sub>E</b></i>	<i><b>Αυτοκίνητα</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Φιάλες Προπανίου</b></i>
100,00%	100,00%	101,45%	100,00%
50,00%	50,06%	50,00%	50,00%
33,33%	33,32%	33,33%	33,33%
25,00%	24,99%	25,00%	25,00%

**Πίνακας 9.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 1.

<i><b>MTCO<sub>2</sub>E</b></i>	<i><b>Αυτοκίνητα</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Φιάλες Προπανίου</b></i>
100,00%	100,00%	101,45%	100,00%
200,00%	200,13%	202,17%	200,00%
300,00%	300,13%	302,90%	300,00%
400,00%	400,13%	403,62%	400,00%

**Πίνακας 10.** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 6 έως 10.

<i><b>MTCO<sub>2</sub>E</b></i>	<i><b>Αυτοκίνητα</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Φιάλες Προπανίου</b></i>
6.536,30	1.388	735.490	272.346
32.681,48	6.939	3.677.448	1.361.728

**Πίνακας 11.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του.

<i><b>MTCO<sub>2</sub>E</b></i>	<i><b>Αυτοκίνητα</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Φιάλες Προπανίου</b></i>
100,00%	99,93%	100,00%	100,00%
50,00%	50,02%	50,00%	50,00%
33,33%	33,34%	33,33%	33,33%
25,00%	25,00%	25,00%	25,00%

**Πίνακας 12.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 6.

<i><b>MTCO<sub>2</sub>E</b></i>	<i><b>Αυτοκίνητα</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Φιάλες Προπανίου</b></i>
100,00%	99,93%	100,00%	100,00%
200,00%	199,93%	200,00%	200,00%
300,00%	299,93%	300,00%	300,00%
400,00%	399,93%	400,00%	400,00%

Στους Πίνακες 13 έως 18 οι οποίοι αναφέρονται σε συνδυαστικά σενάρια, φαίνεται πως στα σεναρίων τα οποία υπερिशύει το ποσοστό των υλικών των οποίων μειώνεται η παραγωγή τους, οι μεταβολές των τιμών είναι αρκετά μεγαλύτερες από εκείνα που υπερिशύει το ποσοστό της ανακύκλωσης. Επιπλέον, οι μέγιστες τιμές είναι σημαντικά υψηλότερες αλλά όχι σχεδόν διπλάσιες όπως προηγουμένως.

**Πίνακας 13.** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 11 έως 14.

<i><b>MTCO<sub>2</sub>E</b></i>	<i><b>Αυτοκίνητα</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Φιάλες Προπανίου</b></i>
10244,2	2.175	1.152.718	426.842
21.367,92	4.537	2.404.402	890.330

**Πίνακας 14.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του.

<i><b>MTCO<sub>2</sub>E</b></i>	<i><b>Αυτοκίνητα</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Φιάλες Προπανίου</b></i>
36,20%	36,18%	36,20%	36,20%
26,58%	26,57%	26,58%	26,58%
21,00%	21,02%	21,00%	21,00%

**Πίνακας 15.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 11.

<i><b>MTCO<sub>2</sub>E</b></i>	<i><b>Αυτοκίνητα</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Φιάλες Προπανίου</b></i>
36,20%	36,18%	36,20%	36,20%
72,39%	72,37%	72,39%	72,39%
108,59%	108,60%	108,59%	108,59%

**Πίνακας 16.** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 11 και 15 έως 17.

<i><b>MTCO<sub>2</sub>E</b></i>	<i><b>Αυτοκίνητα</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Φιάλες Προπανίου</b></i>
10244,2	2.175	1.152.718	426.842
29.853,09	6.338	3.359.186	1.243.879

**Πίνακας 17.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του.

<i><b>MTCO<sub>2</sub>E</b></i>	<i><b>Αυτοκίνητα</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Φιάλες Προπανίου</b></i>
63,80%	63,82%	63,80%	63,80%
38,95%	38,93%	38,95%	38,95%
28,03%	28,04%	28,03%	28,03%

**Πίνακας 18.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 11.

<i><b>MTCO<sub>2</sub>E</b></i>	<i><b>Αυτοκίνητα</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Φιάλες Προπανίου</b></i>
63,80%	63,82%	63,80%	63,80%
127,61%	127,59%	127,61%	127,61%
191,41%	191,40%	191,41%	191,41%

Στα τελευταία τρία σενάρια που βλέπουμε στους Πίνακες 19 έως 21, παρατηρούμε πως στο σενάριο στο οποίο είναι ξανά μεγαλύτερο το ποσοστό των υλικών των οποίων μειώνεται η παραγωγή τους, η μεταβολή του είναι αρκετά μεγαλύτερη από αυτή της ανακύκλωσης.

**Πίνακας 19.** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 18 έως 20.

<i>MTCO<sub>2</sub>E</i>	<i>Αυτοκίνητα</i>	<i>Γαλόνια Βενζίνης</i>	<i>Φιάλες Προπανίου</i>
20.488,40	4.350	2.305.435	853.683
27.024,70	5.738	3.040.925	1.126.029

**Πίνακας 20.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του.

<i>MTCO<sub>2</sub>E</i>	<i>Αυτοκίνητα</i>	<i>Γαλόνια Βενζίνης</i>	<i>Φιάλες Προπανίου</i>
18,10%	18,09%	18,10%	18,10%
11,69%	11,70%	11,69%	11,69%

**Πίνακας 21.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 18.

<i>MTCO<sub>2</sub>E</i>	<i>Αυτοκίνητα</i>	<i>Γαλόνια Βενζίνης</i>	<i>Φιάλες Προπανίου</i>
18,10%	18,09%	18,10%	18,10%
31,90%	31,91%	31,90%	31,90%

Στους Πίνακες 22 έως 27 παρατηρούμε πως οι τιμές των μεταβολών είναι σχεδόν ίδιες με εκείνες των πινάκων που αναφέρονται στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτών των σεναρίων. Επομένως και στον ενεργειακό τομέα κρίνεται συμφερότερη η μείωση παραγωγής των υλικών αφού και οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές έχουν και εδώ σχεδόν διπλάσια διαφορά.

**Πίνακας 22.** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 1 έως 5.

<i>BTU</i>	<i>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού</i>	<i>Γαλόνια Βενζίνης</i>	<i>Βαρέλια Πετρελαίου</i>
26.777,82	292	222.310	4.609
133.889,10	1.461	1.111.552	23.045

**Πίνακας 23.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του.

<i><b>BTU</b></i>	<i><b>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Βαρέλια Πετρελαίου</b></i>
100,00%	100,34%	100,00%	100,00%
50,00%	49,91%	50,00%	50,00%
33,33%	33,30%	33,33%	33,33%
25,00%	24,98%	25,00%	25,00%

**Πίνακας 24.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 1.

<i><b>BTU</b></i>	<i><b>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Βαρέλια Πετρελαίου</b></i>
100,00%	100,34%	100,00%	100,00%
200,00%	200,34%	200,00%	200,00%
300,00%	300,34%	300,00%	300,00%
400,00%	400,34%	400,00%	400,00%

**Πίνακας 25.** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 6 έως 10.

<i><b>BTU</b></i>	<i><b>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Βαρέλια Πετρελαίου</b></i>
41.659,30	455	345.857	7.170
208.296,50	2.274	1.729.285	35.851

**Πίνακας 26.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του.

<i><b>BTU</b></i>	<i><b>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Βαρέλια Πετρελαίου</b></i>
100,00%	99,78%	100,00%	100,01%
50,00%	50,06%	50,00%	50,00%
33,33%	33,36%	33,33%	33,33%
25,00%	25,01%	25,00%	25,00%

**Πίνακας 27.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 6.

<i>BTU</i>	<i>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού</i>	<i>Γαλόνια Βενζίνης</i>	<i>Βαρέλια Πετρελαίου</i>
100,00%	99,78%	100,00%	100,01%
200,00%	199,78%	200,00%	200,01%
300,00%	299,78%	300,00%	300,01%
400,00%	399,78%	400,00%	400,01%

Μπορούμε να δούμε πως οι τιμές των μεταβολών στους Πίνακες 28 έως 33 είναι λίγο διαφορετικές από τους αντίστοιχους πίνακες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Συγκεκριμένα, οι μεταβολές στα σενάρια με την ανακύκλωση είναι ελαφρώς μεγαλύτερες, ενώ στα σενάρια με τη μείωση παραγωγής υλικών είναι λίγο μικρότερες. Ταυτόχρονα, όμως οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές της ανακύκλωσης παραμένουν αισθητά πιο μικρές.

**Πίνακας 28.** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 11 έως 14.

<i>BTU</i>	<i>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού</i>	<i>Γαλόνια Βενζίνης</i>	<i>Βαρέλια Πετρελαίου</i>
68.437,12	747	568.167	11.779
148.770,58	1.624	1.235.099	25.606

**Πίνακας 29.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του.

<i>BTU</i>	<i>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού</i>	<i>Γαλόνια Βενζίνης</i>	<i>Βαρέλια Πετρελαίου</i>
39,13%	39,09%	39,13%	39,13%
28,12%	28,20%	28,12%	28,12%
21,95%	21,92%	21,95%	21,95%

**Πίνακας 30.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 11.

<i>BTU</i>	<i>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού</i>	<i>Γαλόνια Βενζίνης</i>	<i>Βαρέλια Πετρελαίου</i>
39,13%	39,09%	39,13%	39,13%
78,26%	78,31%	78,26%	78,26%
117,38%	117,40%	117,38%	117,39%



**Πίνακας 31.** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 11 και 15 έως 17.

<i><b>BTU</b></i>	<i><b>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Βαρέλια Πετρελαίου</b></i>
68.437,12	747	568.167	11.779
193.415,02	2.111	1.605.738	33.290

**Πίνακας 32.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του.

<i><b>BTU</b></i>	<i><b>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Βαρέλια Πετρελαίου</b></i>
60,87%	60,91%	60,87%	60,87%
37,84%	37,85%	37,84%	37,84%
27,45%	27,40%	27,45%	27,45%

**Πίνακας 33.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 11.

<i><b>BTU</b></i>	<i><b>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Βαρέλια Πετρελαίου</b></i>
60,87%	60,91%	60,87%	60,87%
121,74%	121,82%	121,74%	121,75%
182,62%	182,60%	182,62%	182,62%

Όπως και προηγουμένως έτσι και εδώ στους πίνακες 34 έως 36 τα ποσοστά των μεταβολών της μείωσης παραγωγής των υλικών είναι μεγαλύτερα από την ανακύκλωση. Παράλληλα, όμως, οι μεταβολές είναι μικρότερες για την πρώτη και μεγαλύτερες για τη δεύτερη.

**Πίνακας 34.** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τα Σενάρια 18 έως 20.

<i><b>BTU</b></i>	<i><b>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Βαρέλια Πετρελαίου</b></i>
136.874,24	1.494	1.136.335	23.558
178.533,54	1.949	1.482.192	30.729

**Πίνακας 35.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το προηγούμενο του.

<i><b>BTU</b></i>	<i><b>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Βαρέλια Πετρελαίου</b></i>
19,56%	19,54%	19,56%	19,56%
9,09%	9,13%	9,09%	9,10%

**Πίνακας 36.** Μεταβολές των τιμών κάθε σεναρίου σε σχέση με το Σενάριο 18.

<i><b>BTU</b></i>	<i><b>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού</b></i>	<i><b>Γαλόνια Βενζίνης</b></i>	<i><b>Βαρέλια Πετρελαίου</b></i>
19,56%	19,54%	19,56%	19,56%
30,44%	30,46%	30,44%	30,44%

Μπορούμε, λοιπόν, να εξάγουμε εύκολα το συμπέρασμα ότι το καλύτερο σενάριο από αυτά τα οποία μελετήσαμε είναι το Σενάριο 10.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με τη χρήση του Waste Reduction Model μπορούμε να εξετάσουμε εναλλακτικά σενάρια, όπως έγινε σε αυτή την εργασία. Συγκεκριμένα, μελετήθηκαν τα αποτελέσματα σχετικά με τις περιβαλλοντικές και ενεργειακές ωφέλειες όταν αλλάζουμε το ποσοστό των υλικών το οποίο εξοικονομούμε, χωρίς όμως να υπολογίζεται το κόστος κάθε σεναρίου. Στη συγκριτική ανάλυση που έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο παρατηρήσαμε πως η μείωση παραγωγής υλικών φαίνεται να είναι αποτελεσματικότερη μέθοδος διαχείρισης των αποβλήτων από την ανακύκλωση, σε όλα τα σενάρια τα οποία μελετήσαμε. Άξιο αναφοράς είναι πως υπήρξε διαφορά στις μεταβολές στους πίνακες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, οι περισσότερες μεταβολές στην ενέργεια για τα σενάρια όπου υπερισχύει η ανακύκλωση ήταν ελάχιστα υψηλότερες από εκείνες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ενώ αντίστοιχα για τη μείωση παραγωγής ήταν λίγο πιο χαμηλές. Τέλος, ιδανικότερο σενάριο από τα 20 τα οποία εξετάσαμε σε αυτή την διπλωματική εργασία, είναι το Σενάριο 10 το 50% των αποβλήτων να καταλήγουν στο χώρο υγειονομικής ταφής και το άλλο 50% να μειώνεται η παραγωγή των υλικών που χρησιμοποιούνται για αυτά ή να κομποστοποιούνται.

Συνεπώς, κάνοντας μία σωστή αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μπορούμε ενεργειακά και περιβαλλοντικά να εκτιμήσουμε τις ωφέλειες και να βρούμε βέλτιστα σημεία κόστους και περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Τα σενάρια με 100% ανάκτησης υλικών τα οποία θα μπορούσαν να μελετηθούν είναι υποθετικά, καθώς ακόμα και πολύ ανεπτυγμένες χώρες και τεχνολογίες δε μπορούν να τα πραγματοποιήσουν αυτά. Όλα τα σενάρια τα οποία μελετήθηκαν είναι με υποθετικά δεδομένα, όταν τα μελετήσουμε στην πράξη, όμως, είναι ανάγκη να υπάρχουν αξιόπιστα και διαχρονικά δεδομένα τα οποία θα πρέπει διαρκώς να καταγράφονται και να επικαιροποιούνται ώστε να μπορεί να γίνει σωστός προγραμματισμός. Αυτό είναι μεγάλης σημασίας, γιατί μια μικρή απόκλιση από τα πραγματικά νούμερα μπορεί μετά από πολλούς υπολογισμούς να οδηγήσει σε μεγάλη επίπτωση στα αποτελέσματα μας.

Ως πρόταση για μελλοντική εργασία, θα είχε ενδιαφέρον να γίνει μελέτη πάνω σε διαφορετικά υλικά ώστε να μπορούν να εξεταστούν αντίστοιχα σενάρια χρησιμοποιώντας αυτή τη φόρα και τις επιλογές της αναερόβιας χώνευσης και της καύσης. Επίσης, θα μπορούσε σε όλα τα σενάρια να μελετηθεί και ο παράγοντας του κόστους. Έτσι, θα εξαχθούν πλήρη συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα όλων των μεθόδων.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Το Παράρτημα 1 περιλαμβάνει τους Πίνακες με τα δεδομένα που παρουσιάζονται στην ανάλυση των αποτελεσμάτων που φαίνονται στα σχήματα του Κεφαλαίου 3.

**Πίνακας Π.1.** Αποτελέσματα για Σενάριο 1 (Landfilled 90% Recycled/Composted 10%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
ΜΤCΟ <sub>2</sub> E	3.707,91	BTU	26.777,82
Αυτοκίνητα	787	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	292
Γαλόνια Βενζίνης	414.228	Γαλόνια Βενζίνης	222.310
Φιάλες Προπανίου	154.496	Βαρέλια Πετρελαίου	4.609

**Πίνακας Π.2.** Αποτελέσματα για Σενάριο 2 (Landfilled 80% Recycled/Composted 20%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
ΜΤCΟ <sub>2</sub> E	7.415,81	BTU	53.555,64
Αυτοκίνητα	1.574	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	585
Γαλόνια Βενζίνης	834.456	Γαλόνια Βενζίνης	444.621
Φιάλες Προπανίου	308.992	Βαρέλια Πετρελαίου	9.218

**Πίνακας Π.3.** Αποτελέσματα για Σενάριο 3 (Landfilled 70% Recycled/Composted 30%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
ΜΤCΟ <sub>2</sub> E	11.123,72	BTU	80.333,46
Αυτοκίνητα	2.362	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	877
Γαλόνια Βενζίνης	1.251.684	Γαλόνια Βενζίνης	666.931
Φιάλες Προπανίου	463.488	Βαρέλια Πετρελαίου	13.827

**Πίνακας Π.4.** Αποτελέσματα για Σενάριο 4 (Landfilled 60% Recycled/Composted 40%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	14.831,62	BTU	107.111,28
Αυτοκίνητα	3.149	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	1.169
Γαλόνια Βενζίνης	1.668.912	Γαλόνια Βενζίνης	889.242
Φιάλες Προπανίου	617.984	Βαρέλια Πετρελαίου	18.436

**Πίνακας Π.5.** Αποτελέσματα για Σενάριο 5 (Landfilled 50% Recycled/Composted 50%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	18.539,53	BTU	133.889,10
Αυτοκίνητα	3.936	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	1.461
Γαλόνια Βενζίνης	2.086.140	Γαλόνια Βενζίνης	1.111.552
Φιάλες Προπανίου	772.480	Βαρέλια Πετρελαίου	23.045

**Πίνακας Π.6.** Αποτελέσματα για Σενάριο 6 (Landfilled 90% Tons Source Reduced/Composted 10%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	6.536,30	BTU	41.659,30
Αυτοκίνητα	1.388	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	455
Γαλόνια Βενζίνης	735.490	Γαλόνια Βενζίνης	345.857
Φιάλες Προπανίου	272.346	Βαρέλια Πετρελαίου	7.170

**Πίνακας Π.7.** Αποτελέσματα για Σενάριο 7 (Landfilled 80% Tons Source Reduced/Composted 20%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	13.072,59	BTU	83.318,60
Αυτοκίνητα	2.775	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	909
Γαλόνια Βενζίνης	1.470.979	Γαλόνια Βενζίνης	691.714
Φιάλες Προπανίου	544.691	Βαρέλια Πετρελαίου	14.341

**Πίνακας Π.8.** Αποτελέσματα για Σενάριο 8 (Landfilled 70% Tons Source Reduced/Composted 30%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	19.608,89	BTU	124.977,90
Αυτοκίνητα	4.163	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	1.364
Γαλόνια Βενζίνης	2.206.469	Γαλόνια Βενζίνης	1.037.571
Φιάλες Προπανίου	817.037	Βαρέλια Πετρελαίου	21.511

**Πίνακας Π.9.** Αποτελέσματα για Σενάριο 9 (Landfilled 60% Tons Source Reduced/Composted 40%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	26.145,18	BTU	166.637,20
Αυτοκίνητα	5.551	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	1.819
Γαλόνια Βενζίνης	2.941.958	Γαλόνια Βενζίνης	1.383.428
Φιάλες Προπανίου	1.089.383	Βαρέλια Πετρελαίου	28.681

**Πίνακας Π.10.** Αποτελέσματα για Σενάριο 10 (Landfilled 50% Tons Source Reduced/Composted 50%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	32.681,48	BTU	208.296,50
Αυτοκίνητα	6.939	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	2.274
Γαλόνια Βενζίνης	3.677.448	Γαλόνια Βενζίνης	1.729.285
Φιάλες Προπανίου	1.361.728	Βαρέλια Πετρελαίου	35.851

**Πίνακας Π.11.** Αποτελέσματα για Σενάριο 11 (Landfilled 80% Recycled 10% Tons Reduced 10%, Composted 20%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	10244,2	BTU	68.437,12
Αυτοκίνητα	2.175	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	747
Γαλόνια Βενζίνης	1.152.718	Γαλόνια Βενζίνης	568.167
Φιάλες Προπανίου	426.842	Βαρέλια Πετρελαίου	11.779

**Πίνακας Π.12.** Αποτελέσματα για Σενάριο 12 (Landfilled 70% Recycled 20% Tons Reduced 10%, Composted 30%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	13.952,11	BTU	95.214,94
Αυτοκίνητα	2.962	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	1.039
Γαλόνια Βενζίνης	1.569.946	Γαλόνια Βενζίνης	790.478
Φιάλες Προπανίου	581.338	Βαρέλια Πετρελαίου	16.388

**Πίνακας Π.13.** Σενάριο 13 (Landfilled 60% Recycled 30% Tons Reduced 10%, Composted 40%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	17.660,01	BTU	121.992,76
Αυτοκίνητα	3.749	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	1.332
Γαλόνια Βενζίνης	1.987.174	Γαλόνια Βενζίνης	1.012.788
Φιάλες Προπανίου	735.834	Βαρέλια Πετρελαίου	20.997

**Πίνακας Π.14.** Αποτελέσματα για Σενάριο 14 (Landfilled 50% Recycled 40% Tons Reduced 10%, Composted 50%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	21.367,92	BTU	148.770,58
Αυτοκίνητα	4.537	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	1.624
Γαλόνια Βενζίνης	2.404.402	Γαλόνια Βενζίνης	1.235.099
Φιάλες Προπανίου	890.330	Βαρέλια Πετρελαίου	25.606

**Πίνακας Π.15.** Αποτελέσματα για Σενάριο 15 (Landfilled 70% Recycled 10% Tons Reduced 20%, Composted 30%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	16.780,50	BTU	110.096,42
Αυτοκίνητα	3.563	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	1.202
Γαλόνια Βενζίνης	1.888.207	Γαλόνια Βενζίνης	914.024
Φιάλες Προπανίου	699.187	Βαρέλια Πετρελαίου	18.949

**Πίνακας Π.16.** Αποτελέσματα για Σενάριο 16 (Landfilled 60% Recycled 10% Tons Reduced 30%, Composted 40%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	23.316,79	BTU	151.755,72
Αυτοκίνητα	4.950	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	1.657
Γαλόνια Βενζίνης	2.623.697	Γαλόνια Βενζίνης	1.259.881
Φιάλες Προπανίου	971.533	Βαρέλια Πετρελαίου	26.120

**Πίνακας Π.17.** Αποτελέσματα για Σενάριο 17 (Landfilled 50% Recycled 10% Tons Reduced 40%, Composted 50%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	29.853,09	BTU	193.415,02
Αυτοκίνητα	6.338	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	2.111
Γαλόνια Βενζίνης	3.359.186	Γαλόνια Βενζίνης	1.605.738
Φιάλες Προπανίου	971.533	Βαρέλια Πετρελαίου	33.290

**Πίνακας Π.18.** Αποτελέσματα για Σενάριο 18 (Landfilled 60% Recycled 20% Tons Reduced 20%, Composted 40%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	20.488,40	BTU	136.874,24
Αυτοκίνητα	4.350	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	1.494
Γαλόνια Βενζίνης	2.305.435	Γαλόνια Βενζίνης	1.136.335
Φιάλες Προπανίου	853.683	Βαρέλια Πετρελαίου	23.558

**Πίνακας Π.19.** Αποτελέσματα για Σενάριο 19 (Landfilled 50% Recycled 30% Tons Reduced 20%, Composted 50%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
MTCO <sub>2</sub> E	24.196,31	BTU	163.652,06
Αυτοκίνητα	5.137	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	1.786
Γαλόνια Βενζίνης	2.722.663	Γαλόνια Βενζίνης	1.358.645
Φιάλες Προπανίου	1.008.179	Βαρέλια Πετρελαίου	28.167



**Πίνακας Π.20.** Αποτελέσματα για Σενάριο 20 (Landfilled 50% Recycled 20% Tons Reduced 30%, Composted 50%).

<i><b>Αέρια Θερμοκηπίου</b></i>		<i><b>Ενέργεια</b></i>	
ΜΤCO <sub>2</sub> E	27.024,70	BTU	178.533,54
Αυτοκίνητα	5.738	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριού	1.949
Γαλόνια Βενζίνης	3.040.925	Γαλόνια Βενζίνης	1.482.192
Φιάλες Προπανίου	1.126.029	Βαρέλια Πετρελαίου	30.729

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Το Παράρτημα 2 αναφέρεται συνοπτικά στη χρήση του προγράμματος WARM και στην ανάγνωση των αποτελεσμάτων του.

1A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U

2Version 15

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847

848

849

850

851

852

853

854

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

866

867

868

869

870

871

872

873

874

875

876

877

878

879

880

881

882

883

884

885

886

887

888

889

890

891

892

893

894

895

896

897

898

899

900

901

902

903

904

905

906

907

908

909

910

911

912

913

914

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

953

954

955

956

957

958

959

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991

992

993

994

995

996

997

998

999

1000

1Describe the baseline generation and management for the waste materials listed below.  
If the material is not generated in your community or you do not want to analyze it, leave  
it blank or enter 0. Make sure that the total quantity generated equals the total quantity managed.

2Describe the alternative management scenario for the waste materials generated in the baseline.  
Any decrease in generation should be entered in the Source Reduction column.  
Any increase in generation should be entered in the Source Reduction column as a negative value.  
Make sure that the total quantity generated equals the total quantity managed.

Material Type	Material	Tons Recycled	Tons Landfilled	Tons Combursted	Tons Composted	Tons Anaerobically Digested	Tons Generated	Tons Source Reduced	Tons Recycled	Tons Landfilled	Tons Combursted	Tons Composted	Tons Anaerobically Digested	
Mixed Plastics	Branches	NA					0,00	NA	NA					
	HDPE				NA	NA	0,00					NA	NA	
	LDPE	NA					0,00					NA	NA	
	PET				NA	NA	0,00		NA			NA	NA	
	LLDPE	NA				NA	0,00			NA		NA	NA	
	PP				NA	NA	0,00					NA	NA	
	PS	NA					0,00		NA			NA	NA	
	PVC	NA				NA	0,00					NA	NA	
	Mixed Plastics		2.475,80				2.475,80			247,58	2.228,22			
	Bioplastics	PLA	NA					0,00						
Electronics	Desktop CPUs				NA	NA	0,00						NA	
	Portable Electronic Devices					NA	0,00						NA	
	Flat-Panel Displays						0,00						NA	
	CRT Displays					NA	0,00	NA					NA	
	Electronic Peripherals					NA	0,00						NA	
	Hard-Copy Devices					NA	0,00						NA	
	Mixed Electronics		850,00			NA	0,00	NA					NA	
	Aluminum Cans				NA	NA	850,00			85,00	765,00		NA	
	Aluminum Ingot					NA	0,00						NA	
	Steel Cans					NA	0,00						NA	
Metals	Copper Wire					NA	0,00						NA	
	Mixed Metals					NA	0,00						NA	
	Glass					NA	0,00						NA	
	Asphalt Concrete			NA		NA	0,00				NA		NA	
	Asphalt Shingles					NA	0,00						NA	
	Carpet					NA	0,00						NA	
	Other					NA	0,00						NA	
	Other					NA	0,00						NA	
	Other					NA	0,00						NA	
	Other					NA	0,00						NA	

User's Guide

Analysis Inputs

Summary Report (MTCO2E)

Analysis Results (MTCO2E)

Production + EOL (MTCO2E)

Summary Report (energy)

Analysis Results ...

Εικόνα Π.1: Πρόγραμμα WARM σε λογιστικό φύλλο Microsoft Excel.

Στην Εικόνα Π.1 βλέπουμε την μορφή του προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία. Στην καρτέλα με όνομα Analysis Inputs, από την αριστερή μεριά όπου πάνω από τις στήλες είναι το νούμερο 1 (βήμα 1), είναι το αρχικό σενάριο, ενώ στη δεξιά με το νούμερο 2 (βήμα 2) είναι το εναλλακτικό.

1. Describe the baseline generation and management for the waste materials listed below.  
If the material is not generated in your community or you do not want to analyze it, leave it blank or enter 0. Make sure that the total quantity generated equals the total quantity managed.

Material Type	Material	Tons Recycled	Tons Landfilled	Tons Composted	Tons Anaerobically Digested	Tons Generated
Paper	Corrugated Containers				NA	0,00
	Magazines/Third-class Mail				NA	0,00
	Newspaper				NA	0,00
	Office Paper		5.825,40		NA	5.825,40
	Phonebooks				NA	0,00
	Textbooks				NA	0,00
	Mixed Paper (general)				NA	0,00
	Mixed Paper (primarily residential)				NA	0,00
	Mixed Paper (primarily from offices)				NA	0,00

Εικόνα Π.2: Αρχικό σενάριο για το υλικό Office Paper της κατηγορίας υλικών Paper.

2. Describe the alternative management scenario for the waste materials generated in the baseline.  
Any decrease in generation should be entered in the Source Reduction column.  
Any increase in generation should be entered in the Source Reduction column as a negative value.  
Make sure that the total quantity generated equals the total quantity managed.

Tons Generated	Tons Source Reduced	Tons Recycled	Tons Landfilled	Tons Combusted	Tons Composted	Tons Anaerobically Digested
0,00					NA	NA
0,00					NA	NA
0,00					NA	NA
5.825,40		582,54	5.242,86		NA	NA
0,00					NA	NA
0,00					NA	NA
0,00					NA	NA
0,00					NA	NA
0,00					NA	NA
0,00					NA	NA

**Εικόνα Π.3:** Εναλλακτικό σενάριο 1.

Στην Εικόνα Π.3 παρουσιάζεται το πρώτο εναλλακτικό σενάριο όπου το 10% της αρχικής ποσότητας ανακυκλώνεται, ενώ το 90% καταλήγει σε χώρο υγειονομικής ταφής. Συγκεκριμένα, αριστερά στην εικόνα υπάρχει η στήλη Tons Generated όπου είναι η συνολική ποσότητα του υλικού που μελετάμε. Πιο δεξιά είναι τα Tons Recycled και Tons Landfilled όπου οι αριθμοί προκύπτουν από τις πράξεις:

$$\text{Tons Recycled} = \text{Tons Generated} \times 10\% = 5.824,40 \times 10\% = 582,54$$

$$\text{Tons Landfilled} = \text{Tons Generated} \times 90\% = 5.824,40 \times 90\% = 5.242,86$$

Όπου προφανώς,

$$\text{Tons Generated} = \text{Tons Recycled} + \text{Tons Landfilled}$$

Please select state or select national average:

National Average

Region Location:
National Average

**Εικόνα Π.4:** Βήμα 3.

Στην επιλογή του βήματος 3 χρησιμοποιούμε το “National Average”.

☒ Current Mix

☐ 100% Virgin

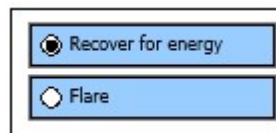
**Εικόνα Π.5:** Βήμα 4.

Στο βήμα 4 για την εκτίμηση των οφελών από τη μείωση παραγωγής ενός υλικού επιλέγουμε το “Current Mix”.



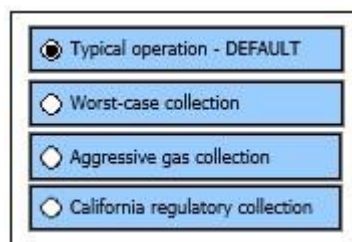
**Εικόνα Π.6:** Βήμα 5.

Στο βήμα 5 επιλέγουμε ξανά το “National Average”, αυτή τη φορά σχετικά με το εάν ο χώρος υγειονομικής ταφής μας έχει σύστημα ελέγχου των αερίων υγειονομικής ταφής (LFG).



**Εικόνα Π.7:** Βήμα 6α.

Ο χώρος υγειονομικής ταφής μας έχει σύστημα ανάκτησης αερίου, οπότε στο βήμα 6α επιλέγουμε το “Recover for energy”, καθώς θέλουμε να ανακτήσουμε το μεθάνιο για ενέργεια και όχι απλώς να το κάψουμε.



**Εικόνα Π.8:** Βήμα 6b.

	<i>Landfill gas collection efficiency (%) assumptions</i>
<i>Typical</i>	<i>Years 0-1: 0%; Years 2-4: 50%; Years 5-14: 75%; Years 15 to 1 year before final cover: 82.5%; Final cover: 90%</i>
<i>Worst-case</i>	<i>Years 0-4: 0%; Years 5-9: 50%; Years 10-14: 75%; Years 15 to 1 year before final cover: 82.5%; Final cover: 90%</i>
<i>Aggressive</i>	<i>Year 0: 0%; Years 0.5-2: 50%; Years 3-14: 75%; Years 15 to 1 year before final cover: 82.5%; Final cover: 90%</i>
<i>California</i>	<i>Year 0: 0%; Year 1: 50%; Years 2-7: 80%; Years 8 to 1 year before final cover: 85%; Final cover: 90%</i>

**Εικόνα Π.9:** Εκτίμηση απόδοσης της συλλογής αερίων υγειονομικής ταφής, αναλόγως τον τρόπο συλλογής τους.

Στο βήμα 6b επιλέγουμε το “typical operation – DEFAULT”.

**Εικόνα Π.10:** Βήμα 7.

Το βήμα 7 αναφέρεται στο μέσο ρυθμό αποσύνθεσης ( $k$ ) όπου τα απόβλητα αποσυντίθεται. Όσο υψηλότερος είναι ο ρυθμός  $k$  τόσο ταχύτερα αποσυντίθεται. Εδώ επιλέχθηκε το “National Average”.

**Εικόνα Π.11:** Βήμα 8a.

Στο βήμα 8a επιλέγουμε πως θα χρησιμοποιήσουμε υγρή αναερόβια χώνευση, δηλαδή, το “Dry Digestion”.

**Εικόνα Π.12:** Βήμα 8b.

Στο βήμα 8b επιλέγουμε “Cured – DEFAULT”.

**Εικόνα Π.13:** Βήμα 9a.

Στο βήμα 9a επιλέγουμε να παρέχουμε στο WARM συγκεκριμένες αποστάσεις σε σχέση με τους χώρους διαχείρισης των αποβλήτων.

Management Option	Default Distance (Miles)	Distance (Miles)
Landfill	20	22,00
Combustion	20	
Recycling	20	15,00
Composting	20	16,00
Anaerobic Digestion	20	

**Εικόνα Π.14:** Βήμα 9b.

Στο βήμα 9b συμπληρώνουμε τις αποστάσεις.

**Total Change in GHG Emissions (MTCO<sub>2</sub>E):**

**(3.707,91)**

<b>This is equivalent to...</b>		
Removing annual emissions from	<b>787</b>	Passenger Vehicles
Conserving	<b>417.228</b>	Gallons of Gasoline
Conserving	<b>154.496</b>	Cylinders of Propane Used for Home Barbeques
<b>0,00021% Annual CO<sub>2</sub> emissions from the U.S. transportation sector</b>		
<b>0,00020% Annual CO<sub>2</sub> emissions from the U.S. electricity sector</b>		

**Εικόνα Π.15:** Αποτελέσματα σχετικά με MTCO<sub>2</sub>E.

Πηγαίνοντας στην επόμενη καρτέλα, την Summary Report (MTCO<sub>2</sub>E) μας εμφανίζονται τα παραπάνω αποτελέσματα της Εικόνας Π.15. Μπορούμε να διακρίνουμε όλες τις πληροφορίες σχετικά με τον συνολικό αριθμό των εκπομπών MTCO<sub>2</sub>E, των αυτοκινήτων, των γαλονιών βενζίνης και των φιαλών προπανίου.

#### **Waste Reduction Model (WARM) -- Results**

Total GHG Emissions from Baseline MSW Generation and Management (MTCO <sub>2</sub> E):	10.544,69
Total GHG Emissions from Alternative MSW Generation and Management (MTCO <sub>2</sub> E):	6.836,78
Incremental GHG Emissions (MTCO <sub>2</sub> E):	(3.707,91)

MTCO<sub>2</sub>E = metric tons of carbon dioxide equivalent

**Εικόνα Π.16:** Αποτελέσματα της καρτέλας Analysis Results (MTCO<sub>2</sub>E).

Στην Εικόνα Π.16 φαίνονται αναλυτικά οι εκπομπές MTCO<sub>2</sub>E για κάθε σενάριο που εξετάζουμε. Επιπλέον, για αυτά τα σενάρια μας δίνονται λεπτομερείς οδηγίες σχετικά με κάθε υλικό και τις εκπομπές του αλλά και συγκρίσεις ανάμεσα στα σενάρια.

**Total Change in Energy Use (million BTU):**

**(26.777,82)**

<b>This is equivalent to...</b>		
Conserving	<b>292</b>	Households' Annual Energy Consumption
Conserving	<b>4.609</b>	Barrels of Oil
Conserving	<b>222.310</b>	Gallons of Gasoline

**Εικόνα Π.17:** Αποτελέσματα σχετικά με την ενέργεια που εξοικονομείται.

Στην καρτέλα με όνομα Summary Report (energy) παρουσιάζονται οι τιμές σχετικά με την ενέργεια που εξοικονομούμε σε εκατομμύρια BTU, ετήσια κατανάλωση νοικοκυριού, βαρέλια πετρελαίου και γαλόνια βενζίνης.

#### **Waste Reduction Model (WARM) -- Results**

Total Energy Use from Baseline MSW Generation and Management (million BTU):	(967,07)
Total Energy Use from Alternative MSW Generation and Management (million BTU):	(27.744,89)
Incremental Energy Use (million BTU):	(26.777,82)

BTU = British thermal unit

**Εικόνα Π.18:** Αποτελέσματα της καρτέλας Analysis Results (energy).

Στην Εικόνα Π.18 μπορούμε να διακρίνουμε την ενέργεια που καταναλώνουμε για κάθε σενάριο που εξετάζουμε. Στην καρτέλα αυτή δίνονται και πληροφορίες για τη σχέση των υλικών και της ενέργειας.



**Πίνακας Π.21.** Τα υλικά τα οποία μπορούμε να χρησιμοποιηθούν από το WARM για υπολογισμούς [11].

Material Types Recognized by WARM		
Aluminum Cans	Fly Ash	Mixed Paper (primarily from offices)
Aluminum Ingot	Food Waste	Mixed Paper (primarily residential)
Asphalt Concrete	Food Waste (meat only)	Mixed Plastics
Asphalt Shingles	Food Waste (non-meat)	Mixed Recyclables
Beef	Fruits and Vegetables	Newspaper
Branches	Glass	Office paper
Bread	Grains	PET (polyethylene terephthalate)
Carpet	Grass	Phonebooks
Clay Bricks	Hard-copy Devices	PLA (polylactic acid)
Concrete	HDPE (high-density polyethylene)	Portable Electronic Devices
Copper Wire	LDPE (low-density polyethylene)	Poultry
Corrugated Cardboard	Leaves	PP (polypropylene)
Cathode Ray Tube (CRT) Displays	LLDPE (linear low-density polyethylene)	PS (polystyrene)
Dairy Products	Magazines/Third-Class Mail	PVC (polyvinyl chloride)
Desktop Central Processing Units (CPU)s	Medium Density Fiberboard	Steel Cans
Dimensional Lumber	Mixed Electronics	Textbooks
Drywall	Mixed Metals	Tires
Electronic Peripherals	Mixed MSW (municipal solid waste)	Vinyl Flooring
Fiberglass Insulation	Mixed Organics	Wood Flooring
Flat-Panel Displays	Mixed Paper (general)	Yard Trimmings

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] 'Κυκλική Οικονομία από Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://ypen.gov.gr/perivallon/kykliki-oikonomia/>, πρόσβαση στις 28/3/2024
- [2] 'Κυκλική Οικονομία από Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/economy/20151201STO05603/kukliki-oikonomia-chrisimopoiise-to-xana>, πρόσβαση στις 28/3/2024
- [3] 'Το σχέδιο δράσης της ΕΕ για τη μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία έως το 2050 από Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20210128STO96607/to-schedio-drasis-tis-ee-gia-ti-metavasi-se-mia-kukliki-oikonomia-eos-to-2050>, πρόσβαση στις 28/3/2024
- [4] 'Η διαχείριση των αποβλήτων στις χώρες της ΕΕ από Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20180328STO00751/i-diacheirisi-ton-apovliton-stis-chores-tis-ee-grafima>, πρόσβαση στις 28/3/2024
- [5] 'ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ: 2020'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.statistics.gr/documents/20181/793f9deb-017a-cfdd-2438-11836eaf5498>, πρόσβαση στις 28/3/2024
- [6] 'Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων Συμπεριλαμβανομένων και των επικίνδυνων αποβλήτων 2020 - 2030'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2020/08/%CE%95%CE%A3%CE%94%CE%91-%CE%94%CE%99%CE%91%CE%92%CE%9F%CE%A5%CE%9B%CE%95%CE%A5%CE%A3%CE%97-6-8-2020.pdf>, πρόσβαση στις 28/3/2024

- [7] 'ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ 2020 - 2030'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2022/10/%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%A0%CE%9F%CE%A0%CE%9F%CE%99%CE%97%CE%9C%CE%95%CE%9D%CE%9F-%CE%95%CE%98%CE%9D%CE%99%CE%9A%CE%9F-%CE%A3%CE%A7%CE%95%CE%94%CE%99%CE%9F-%CE%94%CE%99%CE%91%CE%A7%CE%95%CE%99%CE%A1%CE%99%CE%A3%CE%97%CE%A3-%CE%91%CE%A0%CE%9F%CE%92%CE%9B%CE%97%CE%A4%CE%A9%CE%9D%CE%95%CE%A3%CE%94%CE%91%CE%95%CE%A4%CE%95%CE%9B%CE%99%CE%9A%CE%9F.pdf>, πρόσβαση στις 28/3/2024
- [8] 'Στερεά Απόβλητα από Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://ypen.gov.gr/diacheirisi-apovlition/sterea-apovlita/>, πρόσβαση στις 28/3/2024
- [9] 'ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.nomotelia.gr/photos/File/129a-21-neo.pdf>, πρόσβαση στις 28/3/2024
- [10] 'Νομοθεσία από Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://ypen.gov.gr/diacheirisi-apovlition/sterea-apovlita/nomothesia/>, πρόσβαση στις 28/3/2024
- [11] 'Basic Information about the Waste Reduction Model'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.epa.gov/warm/basic-information-about-waste-reduction-model>, πρόσβαση στις 28/3/2024
- [12] 'Guidance on How to Use Materials and Management Pathways Not Found in the Waste Reduction Model (WARM)'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.epa.gov/warm/guidance-how-use-materials-and-management-pathways-not-found-waste-reduction-model-warm>, πρόσβαση στις 28/3/2024
- [13] 'Frequent Questions about the Waste Reduction Model (WARM)'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.epa.gov/warm/frequent-questions-about-waste-reduction-model-warm>, πρόσβαση στις 28/3/2024
- [14] 'Documentation for the Waste Reduction Model (WARM)'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.epa.gov/warm/documentation-waste-reduction-model-warm>, πρόσβαση στις 28/3/2024
- [15] 'Landfilling and Landfill Carbon Storage for the Waste Reduction Model (WARM)'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.epa.gov/warm/landfilling-and-landfill-carbon-storage-waste-reduction-model-warm>, πρόσβαση στις 28/3/2024

[16] 'Μάθετε πώς με πολύ απλά μέτρα θα εξοικονομήσετε 10-15% ενέργεια στον χώρο εργασίας]. Διαθέσιμο στο:

<https://meci.gov.cy/gr/%CE%B5%CE%BD%CE%B7%CE%BC%CE%AD%CF%81%CF%89%CF%83%CE%B7/%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CF%85%CF%80%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%AF%CE%BF%CF%85/%CE%BC%CE%AC%CE%B8%CE%B5%CF%84%CE%B5-%CF%80%CF%8E%CF%82-%CE%BC%CE%B5-%CF%80%CE%BF%CE%BB%CF%8D-%CE%B1%CF%80%CE%BB%CE%AC-%CE%BC%CE%AD%CF%84%CF%81%CE%B1-%CE%B8%CE%B1-%CE%B5%CE%BE%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%AE%CF%83%CE%B5%CF%84%CE%B5-10-15-%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1-%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BD-%CF%87%CF%8E%CF%81%CE%BF-%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%82> ,πρόσβαση στις 28/3/2024

[17] 'THE END OF OIL'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://en.toshiba-aircon.gr/petrelaio-telos/> ,πρόσβαση στις 28/3/2024

[18] 'House PNG'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://pngfre.com/house-png/house-16/> ,πρόσβαση στις 28/3/2024

[19] 'Car Compact Car'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.cleanpng.com/png-car-electric-vehicle-toyota-prius-environmentally-1522340/> ,πρόσβαση στις 28/3/2024

[20] 'GSG-DBP'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://eshop.czechminibreweries.com/el/product/gsg-dbp/> ,πρόσβαση στις 28/3/2024

[21] 'Red propane gas tank illustration'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: [https://www.pinterest.se/pin/692709986422633279/?amp\\_client\\_id=CLIENT\\_ID%28%29&mweb\\_unauth\\_id=%7B%7Bdefault.session%7D%7D&url=https%3A%2F%2Fwww.pinterest.se%2Famp%2Fpin%2F692709986422633279%2F&open\\_share=t](https://www.pinterest.se/pin/692709986422633279/?amp_client_id=CLIENT_ID%28%29&mweb_unauth_id=%7B%7Bdefault.session%7D%7D&url=https%3A%2F%2Fwww.pinterest.se%2Famp%2Fpin%2F692709986422633279%2F&open_share=t) , πρόσβαση στις 28/3/2024