



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ‘ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ-ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ’

Διπλωματική εργασία

Θέμα : Μελέτη πρόβλεψης της ζήτησης
πόσιμου νερού (για διάφορα κλιματικά
σενάρια) του Δήμου Ιεράπετρας



Μπαμπατζέλιου Δήμητρα
Επιβλέπων Καθηγητής : Γεώργιος Ματσόπουλος

Αθήνα, Οκτώβριος 2022

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη πρόβλεψης της ζήτησης πόσιμου νερού του Δήμου Ιεράπετρας για τρία διαφορετικά κλιματικά σενάρια, τα RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5, του Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Η μελέτη αφορά στη διαχείριση των υδατικών πόρων του Δήμου της Περιφέρειας Κρήτης για σενάρια που αντιστοιχούν στη μείωση, τη σταθερότητα ή την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου.

Ο Δήμος Ιεράπετρας είναι δήμος της Περιφερειακής Ενότητας Λασιθίου της Περιφέρειας Κρήτης. Το βορειοδυτικό όριο του Δήμου είναι το Όρος Δίκη, το βορειοανατολικό όριο το Όρος Ορνός, ενώ η ακτογραμμή του Νότιου Κρητικού Πελάγους αποτελεί το νότιο όριο του. Η υδροδότηση των οικισμών του Δήμου Ιεράπετρας επιτυγχάνεται κυρίως από γεωτρήσεις και πηγές, με συνολικά 14 γεωτρήσεις και 37 πηγές να χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης. Ο Δήμος παρουσιάζει υψηλές καταναλώσεις νερού ύδρευσης και οι αυξημένες θερμοκρασίες, που παρατηρούνται κατά τη θερινή περίοδο, δημιουργούν σημαντικές πιέσεις στους υδατικούς πόρους.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό εργαλείο Aquacycle για την προσομοίωση του αστικού υδατικού ισοζυγίου του Δήμου Ιεράπετρας και τον υπολογισμό της ζήτησης νερού για τα 3 κλιματικά σενάρια. Τα δεδομένα, που εισήχθησαν στο Aquacycle, αφορούν στο προφίλ της οικιακής κατανάλωσης νερού στο Δήμο, καθώς και σε μετρούμενες παραμέτρους, που σχετίζονται με τα φυσικά – οικιστικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Τέλος, στο εργαλείο εισήχθησαν και κλιματικά δεδομένα (βροχόπτωση, δυνητική εξατμισοδιαπνοή) του Δήμου τα οποία έχουν παραχθεί από μοντέλα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και είναι διαφορετικά για τα 3 κλιματικά σενάρια.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αφορούν στον υπολογισμό της ζήτησης πόσιμου νερού στο Δήμο Ιεράπετρας για τα κλιματικά σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5. Αρχικά, έγινε διαχωρισμός της συνολικής έκτασης του υπό εξέταση Δήμου, βάσει 3 επιπέδων διαχείρισης. Τη Μονάδα Κατανάλωσης (Unit Block), το Συγκρότημα όμοιων μονάδων Κατανάλωσης (Cluster) και τη Συνολική Αστική Περιοχή (Catchment). Ο διαχωρισμός για τη συνολική έκταση του Δήμου Ιεράπετρας σε Συγκροτήματα έγινε βάσει των τεσσάρων πιο σημαντικών Ζωνών Παροχής Νερού. Στη συνέχεια, εκτιμήθηκε το προφίλ της κατανάλωσης νερού στο Δήμο, με τη χρήση νερού για ύδρευση να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό (75%) και τη χρήση νερού για οικιακή άρδευση να ακολουθεί (15%). Υψηλό ποσοστό είχαν επίσης και οι απώλειες του δικτύου (10%). Για τα 3 σενάρια εκτιμήθηκε η ζήτηση νερού ύδρευσης στο Δήμο Ιεράπετρας από το 1991 έως το 2050. Για το σενάριο RCP 2.6, που είναι και το σενάριο που προβλέπει τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, φαίνεται ότι η ζήτηση νερού θα είναι μικρότερη σε σχέση με την υπάρχουσα ζήτηση (για το 2020). Στο σενάριο RCP 4.5, για το οποίο τα αέρια του θερμοκηπίου παραμένουν σταθερά, η ζήτηση νερού αυξάνεται κατά 60 m³/ημέρα σε σχέση με το 2020. Για το σενάριο RCP 8.5, για το οποίο αυξάνονται σημαντικά τα αέρια του θερμοκηπίου,

παρατηρείται σημαντική αύξηση στην κατανάλωση νερού για ύδρευση φτάνοντας σχεδόν τα 4365 m³/ημέρα.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που αποτυπώνουν τόσο την παρούσα κατάσταση, αλλά και τα κλιματικά σενάρια μπορούν να αποτελέσουν τη βάση αναφοράς για την καταγραφή των διαφόρων τύπων κατανάλωσης νερού σε αστικό περιβάλλον. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνει έλεγχος και πρόβλεψη εκείνου του μέρους της συνολικής κατανάλωσης που οφείλεται σε προφίλ του καταναλωτή εντός ενός νοικοκυριού (συμπεριφορά καταναλωτή), του μέρους που οφείλεται στις ανάγκες άρδευσης πράσινων περιοχών και είναι συνάρτηση των κλιματικών συνθηκών και συμπεριφοράς καταναλωτή και τεχνικών παραμέτρων (όπως η κατάσταση/παλαιότητα του δικτύου ύδρευσης).

Η εγκατάσταση ενός συστήματος δυναμικής διαχείρισης του νερού μέσω τηλεμετρίας μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στον έλεγχο τόσο των διαρροών του υδροδοτικού δικτύου όσο και στον έλεγχο της παροχής. Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από υδρόμετρα για τη δυναμική διαχείριση και παρακολούθηση της παροχής νερού, ασύρματους μεταδότες, αναμεταδότες και συλλέκτες δεδομένων, όπως και λογισμικό συλλογής δεδομένων με σκοπό την άμεση ανίχνευση της μεταβολής της ζήτησης και τη δυνατότητα δυναμικής διαχείρισης της παρεχόμενης ποσότητας πόσιμου ύδατος στο δίκτυο.

ABSTRACT

This thesis refers to the “Study of water demand forecasting under different climate scenarios in the Municipality of Ierapetra, Crete”. The thesis presents the work done on the management of water resources in the Municipality under 3 different climate scenarios i.e. RCP 2.6, RCP 4.5 and RCP 8.5 introduced by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) depending on whether the concentration of greenhouse gases decreases, remains constant or increases, respectively.

The Municipality of Ierapetra is located in the island of Crete and belongs to Lasithi Regional Unit. Mountain Dikti constitutes the northwestern limit of the Municipality, Mountain Ornos is its northeastern limit, while the coastline of the South Cretan Sea constitutes its southern limit. The drinking water of the Municipality of Ierapetra is supplied through 14 boreholes and 37 springs. Water consumption is high in Ierapetra and the increased temperatures observed during the summer period create significant pressures on water resources.

In the present study, the Aquacycle computation tool was used to simulate the urban water resources of the Municipality of Ierapetra and to calculate the water demand for the 3 climate scenarios. The data entered in Aquacycle included the profile of domestic water consumption in the Municipality as well as measured parameters and calibration parameters related to the natural - residential characteristics of the area. Finally, different climatic data for the 3 climate scenarios (precipitation, potential evapotranspiration) for the area, produced by the National Observatory of Athens, were inserted in the tool.

The main results of the simulation are the drinking water demand of the Municipality of Ierapetra for the climate scenarios RCP 2.6, RCP 4.5 and RCP 8.5. Initially, the total area of the Municipality was divided based on 3 levels of management (Unit Block, Cluster and Catchment). The division of the area into Clusters was based on the four most important Water Supply Zones. In addition, the profile of water consumption in Ierapetra was assessed; domestic water use holds the greatest percentage in water use (75%), and water use for irrigation follows (15%). Network losses are also high (10%). For the 3 scenarios, the water demand in the Municipality was estimated from 1991 to 2050. For the RCP 2.6, in which greenhouse gases decrease, it is estimated that there will be a decrease in water consumption compared to 2020 while in the RCP 4.5 there is a slight increase (60 m³/day). For the RCP 8.5, in which greenhouse gases increase significantly, there is a significant increase (up to 4365 m³/day) in water consumption compared to 2020.

The simulation results show both the current situation and the climate scenarios and can be the reference basis for recording the different types of water consumption in urban areas. Therefore, it is possible to control and predict the part of the total consumption due to the consumer usage profile within a household (consumer behavior), the part due to the irrigation needs of green areas in line with the climatic conditions and consumer behavior and technical parameters (such as the condition of the water supply network).

The installation of water level meters and a telemetry system can play an important role in controlling both the leakages of the water supply network and the borehole water levels. A telemetry system consists of water level meters, wireless transmitters, repeaters and data collectors, as well as data collection software and aims to detect immediately the change in water demand and succeed dynamic management of the water supply network.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	1
2. Περιοχή μελέτης	2
2.1 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά περιοχής	2
2.2 Διοικητική δομή και πληθυσμός	3
2.3 Παροχή νερού στο Δήμο Ιεράπετρας	4
2.4 Κλιματικά δεδομένα περιοχής.....	6
3. Κλιματική αλλαγή	10
3.1 Ορισμός και αίτια κλιματικής αλλαγής	10
3.2 Συνέπειες κλιματικής αλλαγής	11
4. Ανάλυση υπολογιστικού εργαλείου	12
4.1 Ζήτηση πόσιμου νερού - υδατικό ισοζύγιο	12
4.1.1 Μέθοδος υπολογισμού του υδατικού ισοζυγίου.....	13
4.1.2 Κλίμακα προσομοίωσης του Aquacycle	15
4.2 Δεδομένα προσομοίωσης.....	16
4.2.1 Χωρική κλίμακα στην προσομοίωση της περιοχής	16
4.2.2 Οικιακή κατανάλωση νερού στην προσομοίωση.....	31
4.2.3 Κλιματικά δεδομένα	32
4.3 Μεθοδολογία εισαγωγής δεδομένων στο εργαλείο.....	40
5. Αποτελέσματα προσομοίωσης.....	42
6. Συμπεράσματα.....	45
Αναφορές.....	47

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Κοινότητες Δήμου Ιεράπετρας	3
Πίνακας 2: Μεταβολή μόνιμου πληθυσμού (πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ., Απογραφές 2001 και 2011).	4
Πίνακας 3. Ζώνες Παροχής Νερού Δήμου Ιεράπετρας	5
Πίνακας 4: Συγκεντρωτικά στοιχεία υδροληπτικών έργων ανά ΖΠΝ για το Δήμο Ιεράπετρας.....	6
Πίνακας 5: Μετεωρολογικά δεδομένα Μ.Σ. Ιεράπετρας, περιόδου 2008-2014 (πηγή: ΕΑΑ).....	9
Πίνακας 6: Ο πληθυσμός των οικισμών κάθε Συγκροτήματος – Πληθυσμός οικισμών κάθε Ζώνης Παροχής Νερού	21
Πίνακας 7: Παράμετροι για προσομοίωση ενός Συγκροτήματος.....	22
Πίνακας 8: Υπόμνημα Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου Δήμου Ιεράπετρας.....	25
Πίνακας 9: Μετρούμενες Παράμετροι των 4 Συγκροτημάτων του Δήμου Ιεράπετρας (προσομοίωση Συγκροτήματος).....	28
Πίνακας 10: Παράμετροι για προσομοίωση Μονάδας Κατανάλωσης	29
Πίνακας 11: Μετρούμενες Παράμετροι των 4 Συγκροτημάτων του Δήμου Ιεράπετρας (προσομοίωση Μονάδας Κατανάλωσης).....	30
Πίνακας 12: Τιμολογούμενη κατανάλωση νερού ανά ΖΠΝ Δήμου Ιεράπετρας.....	31
Πίνακας 13: Οικιακή κατανάλωση νερού (lt/day).....	32

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Γεωγραφικά όρια του Δήμου Ιεράπετρας	2
Εικόνα 2: Ετήσια αλλαγή θερμοκρασίας για την περιοχή Ιεράπετρας, έτη 1979 - 2021	7
Εικόνα 3: Ετήσια μεταβολή βροχοπτώσεων για την περιοχή Ιεράπετρας, έτη 1979 - 2021	8
Εικόνα 4: Υδατικό ισοζύγιο αστικής περιοχής (Κάρκα 2010).....	12
Εικόνα 5: Απεικόνιση της Μονάδας Κατανάλωσης.....	15
Εικόνα 6: Απεικόνιση του Συγκροτήματος	16
Εικόνα 7: Απεικόνιση της συνολικής αστικής περιοχής	16
Εικόνα 8: Διαχωρισμός της Κρήτης σε Δημοτικές Ενότητες και αποτύπωση των ΖΠΝ του Δήμου Ιεράπετρας (μπλε χρώμα)	17
Εικόνα 9: ΖΠΝ Ιεράπετρας – 1ο Συγκρότημα διαχωρισμού του Δήμου Ιεράπετρας.	18

Εικόνα 10: ΖΠΝ Αγίου Ιωάννη – 2ο Συγκρότημα διαχωρισμού του Δήμου Ιεράπετρας	18
Εικόνα 11: ΖΠΝ Σχινοκαψάλων – 3ο Συγκρότημα διαχωρισμού του Δήμου Ιεράπετρας	19
Εικόνα 12: ΖΠΝ Μακρύ Γιαλού – 4ο Συγκρότημα διαχωρισμού του Δήμου Ιεράπετρας	19
Εικόνα 13: Κατανομή χρήσεων γης για κάθε Συγκρότημα και Παράμετροι χαρακτηρισμού Μονάδας Κατανάλωσης.....	20
Εικόνα 14: Χρήσεις γης του Δήμου Ιεράπετρας (Corine Land Cover, 2018)	24
Εικόνα 15: Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο Δήμου Ιεράπετρας.....	25
Εικόνα 16: Βήματα εισαγωγής δεδομένων στο εργαλείο	41

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Προσομοίωση του αστικού υδατικού ισοζυγίου (Κάρκα, 2010)	14
Διάγραμμα 2: Σύνολο χρήσεων γης Δήμου Ιεράπετρας και ποσοστό % κάλυψής τους στο Δήμο	23
Διάγραμμα 3: Βροχόπτωση Δήμου Ιεράπετρας για το κλιματικό σενάριο RCP 2.6 ...	36
Διάγραμμα 4: Βροχόπτωση Δήμου Ιεράπετρας για το κλιματικό σενάριο RCP 4.5 ...	37
Διάγραμμα 5: Βροχόπτωση Δήμου Ιεράπετρας για το κλιματικό σενάριο RCP 8.5 ...	37
Διάγραμμα 6: Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή του Δήμου Ιεράπετρας για το κλιματικό σενάριο RCP 2.6	39
Διάγραμμα 7: Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή του Δήμου Ιεράπετρας για το κλιματικό σενάριο RCP 4.5	39
Διάγραμμα 8: Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή του Δήμου Ιεράπετρας για το κλιματικό σενάριο RCP 8.5	40
Διάγραμμα 9: Ανάλυση κατανάλωσης νερού ύδρευσης στο Δήμο Ιεράπετρας για το 2021 του σεναρίου RCP 2.6	42
Διάγραμμα 10: Ζήτηση νερού ύδρευσης στο Δήμο Ιεράπετρας από το 2021 έως το 2050 για 3 κλιματικά σενάρια	43

1. Εισαγωγή

Οι υδατικοί πόροι δέχονται μεγάλες πιέσεις λόγω της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού, των κλιματικών μεταβολών και την ρύπανσης καθιστώντας απαραίτητη τη μελέτη και διαχείρισή τους. Με τις ραγδαίες μεταβολές στο κλίμα, με κυριότερη την αύξηση της θερμοκρασίας που προκαλεί φαινόμενα ξηρασίας και λειψυδρίας, οι διαθέσιμες ποσότητες νερού μειώνονται σημαντικά και η ποιότητα τους υποβαθμίζεται λόγω της υπεράντλησης των υπόγειων υδάτων.

Η μέχρι τώρα προσέγγιση στη διαχείριση των υδάτων στο αστικό περιβάλλον προσανατολιζόταν στην προσφορά νερού ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες ζήτησης χωρίς τη θεώρηση των κλιματικών μεταβολών στις μελλοντικές ανάγκες ζήτησης. Συνεπώς, είναι απαραίτητη η αναθεώρηση του τρόπου με τον οποίο πραγματοποιούνται οι μελέτες υδατικών πόρων, καθώς με τις συνεχώς μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες, είναι απαραίτητο να ενσωματώνουν κλιματικά σενάρια και προβλέψεις της μελλοντικής ζήτησης νερού σε διαφορετικές κλιματικές συνθήκες.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη πρόβλεψης της ζήτησης πόσιμου νερού του Δήμου Ιεράπετρας από το 1991 έως το 2050 για διαφορετικά κλιματικά σενάρια. Μέσω του υπολογιστικού εργαλείου Aquacycle προσομοιώνεται ο αστικός υδρολογικός κύκλος του Δήμου με τη χρήση δεδομένων για την κατανάλωση νερού, τις κλιματικές συνθήκες και τα φυσικά – οικιστικά χαρακτηριστικά του Δήμου, υπολογίζοντας τη ζήτηση σε πόσιμο νερό τις και ανάγκες άρδευσης πράσινων περιοχών. Η ζήτηση υπολογίζεται για 3 διαφορετικά κλιματικά σενάρια με σκοπό την ενσωμάτωση των κλιματικών μεταβολών στη μελέτη και την συσχέτισή τους με τις αντίστοιχες μεταβολές της ζήτησης σε νερό.

Η δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εξής:

Το Κεφάλαιο 2 περιγράφει την περιοχή μελέτης, που είναι ο Δήμος Ιεράπετρας, παραθέτοντας κάποια δημογραφικά χαρακτηριστικά της, αναλύοντας τις υφιστάμενες κλιματικές συνθήκες στην περιοχή και περιγράφοντας το υπάρχον σύστημα ύδρευσης.

Το Κεφάλαιο 3 αναλύει την έννοια και τα αίτια της κλιματικής αλλαγής, με ταυτόχρονη ανάλυση των συνεπειών της.

Το Κεφάλαιο 4 παρουσιάζει το μεθοδολογικό πλαίσιο βάσει του οποίου υπολογίζεται το υδατικό ισοζύγιο στο Aquacycle, όπως και τη χωρική και χρονική κλίμακα προσομοίωσης του εργαλείου. Επίσης, αναλύει τα δεδομένα που εισάγονται στο Aquacycle τα οποία αφορούν σε κάποιες μετρούμενες παραμέτρους των οικιστικών – φυσικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης, στην οικιακή κατανάλωση νερού, καθώς και στις κλιματικές συνθήκες. Τέλος, το κεφάλαιο 4 παρουσιάζει τη μεθοδολογία εισαγωγής των δεδομένων στο υπολογιστικό εργαλείο.

Στο Κεφάλαιο 5 περιγράφονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τα τρία κλιματικά σενάρια.

2. Περιοχή μελέτης

2.1 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά περιοχής

Ο Δήμος Ιεράπετρας έχει έκταση περίπου 470 km². Τα όρια του Δήμου Ιεράπετρας ταυτίζονται από το βορρά με τα όρια των Περιφερειακών Ενοτήτων Ηρακλείου και Λασιθίου. Σε ό,τι αφορά το βορινό όριο και με κατεύθυνση από τα δυτικά προς ανατολικά, ξεκινά από το Όρος Δίκη (Λασιθιώτικα όρη) και ακολουθώντας μικρότερους λόφους και ρέματα καταλήγει θάλασσα, όπου στην συνέχεια μέσω της ακτογραμμής του κόλπου Μυράμπελλου, φτάνει στις παρυφές του Ορνού όρους και ακολουθεί την κορυφογραμμή του. Προς ανατολικά το όριο του Δήμου ακολουθεί μικρότερου ύψους κορυφογραμμές και ρέματα για να καταλήξει στην θάλασσα, όπου η ακτογραμμή του Νότιου Κρητικού Πελάγους είναι το νότιο όριο του. Προς δυτικά το όριο του Δήμου ταυτίζεται και εδώ με τα όρια των Περιφερειακών Ενοτήτων Ηρακλείου – Λασιθίου για να καταλήξει στο όρος Μαδάρα που αποτελεί την νότια επέκταση του όρους Δίκη (Εικόνα 1).

Από μορφολογική άποψη το έδαφος του Δήμου Ιεράπετρας είναι κυρίως πεδινό και το υπόλοιπο τμήμα του ισομοιράζεται σε ημιορεινό και ορεινό. Ειδικότερα, στο κεντρικό, νοτιοανατολικό και νοτιοδυτικό του τμήμα το έδαφος του Δήμου μπορεί να χαρακτηριστεί ως πεδινό – ημιορεινό, ενώ στις περιοχές στα ανατολικά που κυριαρχούν τα όρη Θρύπη και Ορνού, καθώς και στα δυτικά όπου κυριαρχεί το όρος Δίκη, ως ορεινό.



Εικόνα 1: Γεωγραφικά όρια του Δήμου Ιεράπετρας

2.2 Διοικητική δομή και πληθυσμός

Ο Δήμος Ιεράπετρας αποτελείται από Κοινότητες, οι οποίες βρίσκονται στις δύο Δημοτικές Ενότητες Ιεράπετρας και Μακρύ Γιαλού (Πίνακας 1). Είναι δήμος της περιφέρειας Κρήτης που συστάθηκε με το Πρόγραμμα Καλλικράτης από τη συνένωση των προϋπαρχόντων δήμων Ιεράπετρας και Μακρύ Γιαλού. Ωστόσο, με το ΦΕΚ 239Α/9-11-2011, οι τοπικές κοινότητες Πεύκων, Χρυσοπηγής, Λιθινών και Περβολακίων που υπάγονταν στο Δήμο Ιεράπετρας, εντάχθηκαν στον Δήμο Σητείας.

Έδρα του Δήμου αποτελεί η πόλη Ιεράπετρα, η οποία είναι η μεγαλύτερη σε πληθυσμό πόλη του νομού Λασιθίου, τέταρτη μεγαλύτερη της Κρήτης. Βρίσκεται 100 χιλιόμετρα νοτιοανατολικά από το Ηράκλειο, 242 χιλιόμετρα από τα Χανιά και 36 χιλιόμετρα νότια από τον Άγιο Νικόλαο.

Πίνακας 1: Κοινότητες Δήμου Ιεράπετρας

Δ.Ε. Ιεράπετρας	Δ.Ε. Μακρύ Γιαλού
Δ.Κ. Ιεραπέτρας	Τ.Κ. Αγίου Στεφάνου
Τ.Κ. Αγίου Ιωάννου	Τ.Κ. Ορεινού
Τ.Κ. Ανατολής	Τ.Κ. Σταυροχωρίου
Τ.Κ. Γδοχίων	Τ.Κ. Περιβολακίων
Τ.Κ. Καβουσίου	Τ.Κ. Σχινοκαψάλων
Τ.Κ. Καλαμαύκας	
Τ.Κ. Κάτω Χωρίου	
Τ.Κ. Μακρυλιάς	
Τ.Κ. Μαλών	
Τ.Κ. Μεσελέρων	
Τ.Κ. Μεταξοχωρίου	
Τ.Κ. Μουρνιών	
Τ.Κ. Μύθων	
Τ.Κ. Μύρτου	
Τ.Κ. Παχείας Άμμου	
Τ.Κ. Πεύκων	
Τ.Κ. Ρίζης	
Τ.Κ. Χριστού	

Σε ό,τι αφορά τα δημογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής λήφθηκαν υπόψη τα δεδομένα της απογραφής της ΕΛ.ΣΤΑΤ. του 2011 (Ελληνική Στατιστική Αρχή 2022). Ο Δήμος Ιεράπετρας έχει μόνιμο πληθυσμό 27.602 κατοίκους συγκεντρώνοντας σχεδόν το 36,44% του μόνιμου πληθυσμού του συνόλου της Περιφερειακής Ενότητας στην οποία ανήκει. Ο πληθυσμός της Περιφερειακής Ενότητας Λασιθίου κατανέμεται σε τέσσερις Δήμους: το Δήμο Ιεράπετρας, το Δήμο Αγίου Νικολάου, το Δήμο Οροπεδίου Λασιθίου και το Δήμο Σητείας, με το Δήμο Ιεράπετρας να είναι ο μεγαλύτερος σε πληθυσμό. Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνεται ο πληθυσμός του Δήμου Ιεράπετρας κατά τις δύο τελευταίες απογραφές των ετών 2001 και 2011 σύμφωνα με την Ε.ΣΤΑΤ. (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Μεταβολή μόνιμου πληθυσμού (πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ., Απογραφές 2001 και 2011).

	Πραγματικός Πληθυσμός		Μεταβολή Πληθυσμού (%)
	Έτος 2001	Έτος 2011	
Σύνολο Χώρας	10.934.097	10.816.286	-1,08
Π.Ε Λασιθίου	75.736	75.381	-0,47
Δήμος Ιεράπετρας	27.744	27.602	-0,51

Τέλος, και σύμφωνα πάντα με τα δεδομένα της ΕΛ.ΣΤΑΤ. και την απογραφή των κτιρίων το έτος 2011, ο Δήμος Ιεράπετρας διαθέτει 12.663 κτίρια με χρήση κατοικία στο σύνολο των 17.371 κτιρίων του Δήμου.

2.3 Παροχή νερού στο Δήμο Ιεράπετρας

Ένα σύστημα υδατικών πόρων (ένα υδατικό σύστημα εν χρήσει) συνθέτει το κατάλληλο περιβάλλον για τη διατύπωση και παρουσίαση του ποσοτικού υδατικού ισοζυγίου. Ως φυσικό υδατικό σύστημα εννοείται το σύνολο των επιφανειακών και υπόγειων νερών μιας περιοχής και οι νόμοι που διέπουν την κίνηση τους και τις σχέσεις μεταξύ τους. Τα υδατικά συστήματα, που συνεισφέρουν στην παροχή πόσιμου νερού για το Δήμο Ιεράπετρας, παρουσιάζονται στο αντίστοιχο Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (1η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΡΗΤΗΣ (ΕΛ13) 2017).

Από την οριοθέτηση των Υπόγειων Υδατικών Συστημάτων και τις τοπικές κοινότητες του Δήμου Ιεράπετρας προέκυψαν οι Ζώνες Παροχής Νερού, όπως επίσης παρουσιάζονται στην 1^η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Κρήτης (ΕΛ13). Ως Ζώνη Παροχής Νερού νοείται μια γεωγραφικά καθορισμένη περιοχή εντός της οποίας το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης εισέρχεται από μία ή περισσότερες πηγές και η ποιότητα του νερού μπορεί να θεωρηθεί ως περίπου ομοιόμορφη.

Στο Δήμο Ιεράπετρας, με βάση την τροφοδοσία των δικτύων από πηγές/γεωτρήσεις, τη διοικητική δομή και λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες των υδατικών πόρων της περιοχής, ορίζονται δεκαέξι (16) Ζώνες Παροχής Νερού (ΖΠΝ). Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 3) παρουσιάζονται οι ΖΠΝ, καθώς και τα υδροδοτικά συστήματα πόλεων/ οικισμών που εντάσσονται σε αυτές.

Πίνακας 3. Ζώνες Παροχής Νερού Δήμου Ιεράπετρας

Α/Α	Όνομα ΖΠΝ	Υδατικό Σύστημα	Υδροδοτικά Συστήματα πόλεων/οικισμών
1	Ιεράπετρα	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	Ιεράπετρα(πόλη), Νέα Ανατολή , Μύρτος, Γρα Λυγιά, Αγιασμένος, Βαιϊνιά, Κάμπος, Κεντρί, Κεφάλια, Ποταμοί, Στόμιο, Γαβρίλης, Καλλιθέα, Κοπάνες, Νέος Μύρτος
2	Αγ. Ιωάννη	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΕΝΤΡΙΟΥ	Άγιος Ιωάννης, Φέρμα, Κουτσουναίρι, Αγ. Φωτιά
3	Σχινοκαψάλα	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΟΥΤΣΟΥΡΑ-ΜΑΚΡΥΓΙΑΛΟΥ	Σχινοκάψαλα οικισμός, Σχινοκάψαλα παραλία, Αχλιά , Γαλήνη, Μαύρος Κόλυμπος
4	Μακρύ Γιαλός	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΟΥΤΣΟΥΡΑ-ΜΑΚΡΥΓΙΑΛΟΥ	Μακρύγιαλος, Κουτσουράς
5	Θρύπτης	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΘΡΥΠΤΗΣ	Θρύπτη, Άγιος Στέφανος, Άγιος Αντώνιος, Ορεινό, Σταυροχώρι, Λάπηθος
6	Καβούσι	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΜΑΛΛΑΥΡΑΣ-ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΜΜΟΥ	Καβούσι, Μέλισσες, Παναγιά
7	Παχειά Άμμος	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΜΑΛΛΑΥΡΑΣ-ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΜΜΟΥ	Παχειάς Άμμος, Βασιλική, Μοναστηράκι, Ξηρόκαμπος
8	Κάτω Χωριό	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	Κάτω Χωριό, Επισκοπή, ΠΑπαδιάννα, Πάνω Χωριό
9	Καλαμαύκα	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	Καλαμαύκα
10	Μύθοι-Μάλλες	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ-ΝΟΤΙΑΣ ΔΙΚΤΗΣ	Μάλλες, Μύθοι, Ρίζα, Καμμένος, Μουρνιές, Ανω Σύμη
11	Μεσελέροι	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	Μεσελέροι
12	Μακρυλιά	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	Μακρυλιά
13	Ανατολής	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	Ανατολή, Καλόγεροι
14	Σταυρός	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	Σταυρός
15	Χριστού-Μεταξοχωρίου	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ-ΝΟΤΙΑΣ ΔΙΚΤΗΣ	Χριστού, Μεταξοχωρίου
16	Γδόχια	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΥΡΤΟΥ	Γδόχια, Βάτος

Η υδροδότηση των οικισμών του Δήμου Ιεράπετρας επιτυγχάνεται κυρίως από γεωτρήσεις και πηγές. Σύμφωνα με τα στοιχεία που χορηγήθηκαν από το Δήμο Ιεράπετρας, στο πλαίσιο εκπόνησης του Γενικού Σχεδίου Ύδρευσης (Μελέτη Γενικού Σχεδίου Ύδρευσης (Master Plan) Δήμου Ιεράπετρας 2022), καταγράφηκαν συνολικά 47 γεωτρήσεις και 78 πηγές, εκ των οποίων χρησιμοποιούνται 14 γεωτρήσεις και 37 πηγές για την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης. Συγκεντρωτικά στοιχεία για τα υδροληπτικά έργα ανά Ζώνη Παροχής Νερού παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4).

Πίνακας 4: Συγκεντρωτικά στοιχεία υδροληπτικών έργων ανά ΖΠΝ για το Δήμο Ιεράπετρας

Ζώνη Παροχής Νερού (ΖΠΝ)	Γεωτρήσεις	Πηγές
ΖΠΝ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ	5	3
ΖΠΝ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗ	0	6
ΖΠΝ ΣΧΙΝΟΚΑΨΑΛΩΝ	0	2
ΖΠΝ ΜΑΚΡΥΓΙΑΛΟΥ	1	1
ΖΠΝ ΘΡΥΠΤΗΣ	0	7
ΖΠΝ ΚΑΒΟΥΣΙΟΥ	1	2
ΖΠΝ ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΜΜΟΥ	1	1
ΖΠΝ ΚΑΤΩ ΧΩΡΙΟΥ	2	0
ΖΠΝ ΚΑΛΑΜΑΥΚΑΣ	0	3
ΖΠΝ ΜΥΘΩΝ-ΜΑΛΛΩΝ	3	3
ΖΠΝ ΜΕΣΕΛΕΡΩΝ	1	2
ΖΠΝ ΜΑΚΡΥΛΙΑΣ	0	1
ΖΠΝ ΑΝΑΤΟΛΗΣ	0	2
ΖΠΝ ΣΤΑΥΡΟΥ	0	1
ΖΠΝ ΧΡΙΣΤΟΥ-ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙΟΥ	0	2
ΖΠΝ ΓΔΟΧΙΩΝ	0	1
ΣΥΝΟΛΑ	14	37

Το γεγονός ότι η παροχή νερού ύδρευσης στο Δήμο πραγματοποιείται μέσω γεωτρήσεων και πηγών, υποδεικνύει ότι η παροχή νερού εξαρτάται μόνο από τη διαθεσιμότητα υπογείων υδάτων και την επαναφόρτιση του υπόγειου υδροφορέα.

2.4 Κλιματικά δεδομένα περιοχής

Η Συμφωνία του Παρισιού του 2015 καθορίζει ένα παγκόσμιο πλαίσιο για τον περιορισμό της υπερθέρμανσης του πλανήτη σε επίπεδα πολύ κάτω των 2°C, κατά προτίμηση στους 1,5°C (βαθμούς Κελσίου), σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Για την επίτευξη αυτού του στόχου για την παγκόσμια θερμοκρασία, οι χώρες στοχεύουν στη μείωση της αύξησης των εκπομπών αερίων του

θερμοκηπίου το συντομότερο δυνατό και στη συνέχεια σε ταχείες μειώσεις, με βάση τις βέλτιστες διαθέσιμες επιστημονικές, οικονομικές και κοινωνικές δυνατότητες.

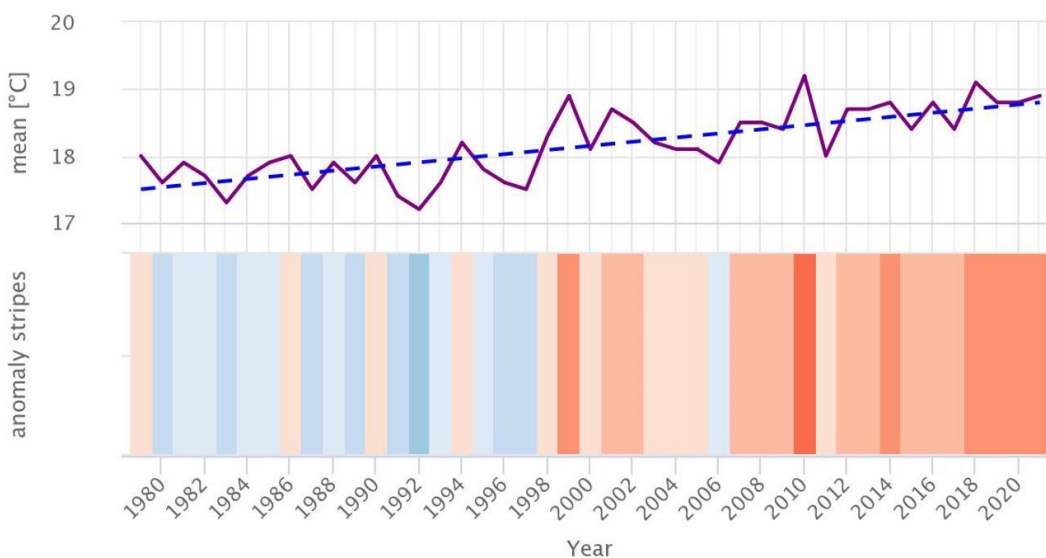
Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι ήδη ορατές από την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα, το λιώσιμο των παγετώνων και τη μείωση των πολικών πάγων, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, την αύξηση της ερημοποίησης, καθώς και από τα συχνότερα ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως οι καύσωνες, οι ξηρασίες, οι πλημμύρες και οι καταιγίδες.

Η κλιματική αλλαγή δεν είναι παγκοσμίως ομοιόμορφη και επηρεάζει ορισμένες περιοχές περισσότερο από άλλες. Η Ιεράπετρα σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.) είναι η θερμότερη πόλη στην Ελλάδα με μέση ετήσια θερμοκρασία 20,1 C°, καθώς επίσης και η πόλη με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια στην χώρα με μέση ετήσια ηλιοφάνεια στις 3.101 ώρες.

Στα διαγράμματα, που ακολουθούν, φαίνεται πώς η κλιματική αλλαγή έχει ήδη επηρεάσει την περιοχή Ιεράπετρα τα τελευταία 40 χρόνια. Η πηγή δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε είναι η ERA5, η πέμπτη γενιά ατμοσφαιρικών αναλύσεων του ECMWF για το παγκόσμιο κλίμα, που καλύπτει το χρονικό διάστημα από το 1979 έως το 2021, με χωρική ανάλυση 30 km. Επισημαίνεται ότι:

- Τα δεδομένα δε δείχνουν τις συνθήκες σε μια ακριβή τοποθεσία,
- Τα μικροκλίματα και οι τοπικές διαφορές δεν εμφανίζονται.

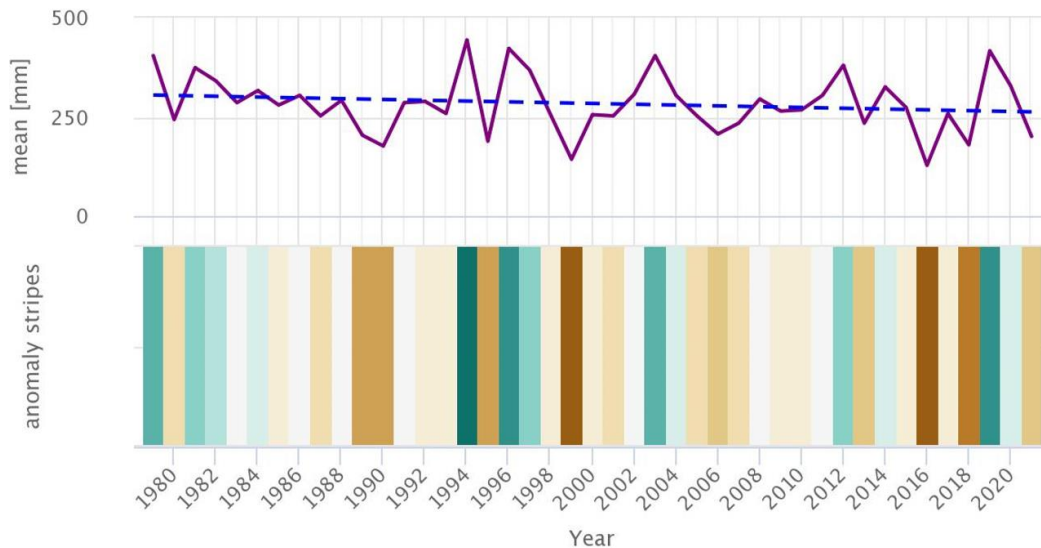
Δεδομένων των παραπάνω συνθηκών, οι θερμοκρασίες είναι συχνά υψηλότερες από τις εμφανιζόμενες, ιδίως στις πόλεις, και οι βροχοπτώσεις ενδέχεται να διαφέρουν τοπικά, ανάλογα με την τοπογραφία.



Εικόνα 2: Ετήσια αλλαγή θερμοκρασίας για την περιοχή Ιεράπετρας, έτη 1979 - 2021

Το πρώτο γράφημα της Εικόνας 2 δείχνει μια εκτίμηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας για την ευρύτερη περιοχή Ιεράπετρα. Η διακεκομμένη μπλε γραμμή είναι η γραμμική τάση της κλιματικής αλλαγής. Εάν η γραμμή τάσης ανεβαίνει από αριστερά προς τα δεξιά, η τάση της θερμοκρασίας είναι θετική και γίνεται θερμότερη στην Ιεράπετρα λόγω της κλιματικής αλλαγής. Αν είναι οριζόντια,

δεν παρατηρείται σαφής τάση, και αν πηγαίνει προς τα κάτω, οι συνθήκες στο Ιεράπετρα γίνονται ψυχρότερες με την πάροδο του χρόνου. Το δεύτερο γράφημα της Εικόνας 2 φαίνονται οι λεγόμενες λωρίδες θέρμανσης. Κάθε χρωματιστή λωρίδα αντιπροσωπεύει τη μέση θερμοκρασία για ένα έτος - μπλε για τα ψυχρότερα και κόκκινα για τα θερμότερα έτη.



Εικόνα 3: Ετήσια μεταβολή βροχοπτώσεων για την περιοχή Ιεράπετρας, έτη 1979 - 2021

Το πρώτο γράφημα της Εικόνας 3 δείχνει μια εκτίμηση της μέσης συνολικής βροχόπτωσης για την ευρύτερη περιοχή Ιεράπετρα. Η διακεκομμένη μπλε γραμμή είναι η γραμμική τάση της κλιματικής αλλαγής. Εάν η γραμμή τάσης ανεβαίνει από αριστερά προς τα δεξιά, η τάση της βροχόπτωσης είναι θετική και γίνεται πιο υγρή στην Ιεράπετρα λόγω της κλιματικής αλλαγής. Αν είναι οριζόντια, δεν παρατηρείται σαφής τάση και αν πηγαίνει προς τα κάτω, οι συνθήκες γίνονται πιο ξηρές στο Ιεράπετρα με την πάροδο του χρόνου. Το δεύτερο γράφημα της Εικόνας 3 φαίνονται οι λεγόμενες λωρίδες κατακρήμνισης. Κάθε χρωματιστή λωρίδα αντιπροσωπεύει τη συνολική βροχόπτωση ενός έτους - πράσινο για τα πιο υγρά και καφέ για τα πιο ξηρά έτη.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα μετεωρολογικά δεδομένα για την υπό μελέτη περιοχή και πιο συγκεκριμένα οι τιμές της θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για τη χρονική διάρκεια 2008 – 2014. Τα δεδομένα προέρχονται από το Μετεωρολογικό Σταθμό (Μ.Σ.) Ιεράπετρας, του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ), που βρίσκεται σε Γεωγραφικό μήκος 250 24' 00" Ε και Γεωγραφικό πλάτος 350 00' 00" Ν, και το υψόμετρο του είναι 5m. Οι τιμές που παρουσιάζονται, στον πίνακα που ακολουθεί, προκύπτουν ως μέσος όρος των ετών της δεδομένης χρονικής διάρκειας.

Πίνακας 5: Μετεωρολογικά δεδομένα Μ.Σ. Ιεράπετρας, περιόδου 2008-2014 (πηγή: ΕΑΑ).

Μήνες	Θερμοκρασίες (°C)			Βροχόπτωση (mm)
	Μέση	Μέση Μέγιστη	Μέση Ελάχιστη	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	13.8	18.6	6.6	82.7
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	13.4	18.9	6.4	92.6
ΜΑΡΤΙΟΣ	14.9	22.6	7.6	33.1
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	17.2	24.9	11.2	19.4
ΜΑΪΟΣ	20.8	29.8	14.4	5.3
ΙΟΥΝΙΟΣ	25.3	35.0	18.2	2.7
ΙΟΥΛΙΟΣ	28.4	36.3	22.4	0.0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	28.4	35.0	23.0	0.0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	25.5	32.6	19.5	13.1
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	21.5	28.5	15.4	36.3
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	18.5	24.2	12.8	37.6
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	15.3	21.5	7.7	108.4

Σε ό,τι αφορά τη θερμοκρασία, τη μεγαλύτερη μέση μέγιστη θερμοκρασία εμφανίζει ο μήνας Ιούλιος με 36.3 °C, ενώ τη μικρότερη ο μήνας Ιανουάριος με 18.6 °C. Επίσης, τη μεγαλύτερη μέση ελάχιστη θερμοκρασία παρουσιάζει ο μήνας Αύγουστος με 23 °C, ενώ τη μικρότερη μέση ελάχιστη θερμοκρασία παρουσιάζει ο μήνας Φεβρουάριος με 6.6 °C. Σε ό,τι αφορά τις βροχοπτώσεις, ο ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με 0 mm μέσο ύψος βροχής και υγρότερος (βροχερότερος) ο Δεκέμβριος με 108.4 mm μέσο ύψος βροχής.

3. Κλιματική αλλαγή

3.1 Ορισμός και αίτια κλιματικής αλλαγής

Η κλιματική αλλαγή αναφέρεται σε μια αλλαγή της κατάστασης του κλίματος που μπορεί να εντοπισθεί από τις μεταβολές του μέσου όρου ή της μεταβλητότητας των ιδιοτήτων του, για παρατεταμένη χρονική περίοδο, της τάξης των δεκαετιών ή και περισσότερο (IPCC 2018). Ειδικότερα, στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCC, United Nations Framework Convention on Climate Change), η κλιματική αλλαγή ορίζεται ως η μεταβολή στο κλίμα που οφείλεται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες, διακρίνοντας τον όρο από την κλιματική μεταβλητότητα που έχει φυσικά αίτια.

Σήμερα, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι ήδη αισθητές σε ολόκληρο τον κόσμο. Σημειώνονται άνοδος της θερμοκρασίας σε παγκόσμιο επίπεδο, σημαντικές ξηρασίες και έντονες βροχοπτώσεις, με αποτέλεσμα ζημιογόνες ερημοποιήσεις είτε πλημμύρες, σε τοπικό επίπεδο. Ένα σημαντικό μέρος της ανόδου της θερμοκρασίας έχει αποδοθεί στην αλλαγή της σύστασης της ατμόσφαιρας λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας, και έχει επικρατήσει να λέγεται «ανθρωπογενής συνιστώσα της κλιματικής αλλαγής». Ωστόσο, τα αίτια της κλιματικής αλλαγής διαχωρίζονται στα ανθρωπογενή και στα φυσικής προέλευσης. Ωστόσο, τα ανθρωπογενή αίτια αποτελούν τον κύριο παράγοντα επιβάρυνσης της κατάστασης. Στη συνέχεια, αποτυπώνονται ορισμένα παραδείγματα ανά κατηγορία προέλευσης.

- **Ανθρώπινη δραστηριότητα**

1. Καύση του άνθρακα, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου παράγει διοξείδιο του άνθρακα και υποξείδιο του αζώτου.
2. Αποψίλωση των δασών.
3. Χρήση λιπασμάτων.
4. Βιομηχανικά απορρίματα.
5. Αύξηση της κτηνοτροφίας. Οι κτηνοτροφικές διαδικασίες αυξάνουν την έκλυση του μεθανίου.
6. Τα αζωτούχα λιπάσματα ευθύνονται για τις εκπομπές υποξειδίου του αζώτου.
7. Τα φθοριούχα αέρια, τα οποία έχουν τεράστια θερμομαντική επίδραση, έως και 23.000 φορές μεγαλύτερη από αυτή του CO₂.

- **Φυσική μεταβλητότητα κλίματος (IPCC 2018)**

1. Μεταβολές που οφείλονται σε μια περιοδική εξωτερική δύναμη (π.χ κύκλος της ηλιοφάνειας). Είναι εύκολο να προβλεφθούν.
2. Μεταβολές που οφείλονται στη μη γραμμική αλληλεπίδραση των αναδράσεων του κλιματικού συστήματος (π.χ πτώση θερμοκρασίας → αύξηση πάγου → ακόμη πιο έντονη ψύξη). Είναι δύσκολο να προβλεφθούν.
3. Μεταβολές που οφείλονται σε τυχαίες διακυμάνσεις (π.χ έκρηξη ηφαιστείου). Είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθούν.

3.2 Συνέπειες κλιματικής αλλαγής

Στα τεσσεράμισι δισεκατομμύρια χρόνια της ιστορίας του πλανήτη μας, οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν το κλίμα της γης έχουν υποστεί σημαντικές διακυμάνσεις. Οι προβλέψεις της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2012, 2015) δείχνουν ότι η ανοδική τάση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας θα συνεχιστεί στις περισσότερες περιοχές του πλανήτη και κατά τον 21ο αιώνα. Ειδικότερα, βάσει του μέσου όρου ενός συνόλου κλιματικών προσομοιώσεων, η μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας αναμένεται να αυξηθεί, ανάλογα με την εξέλιξη των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου, κατά 1,1-6.4 °C κατά τον τρέχοντα αιώνα.

Η θέρμανση του πλανήτη θα έχει ως συνέπεια τη μείωση των θαλάσσιων και των χερσαίων εκτάσεων που καλύπτονται από πάγο, καθώς και την αύξηση της μέσης στάθμης της θάλασσας. Μάλιστα, η παρατηρούμενη και αναμενόμενη αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας συνοδεύεται σε πολλές περιοχές και από μια τάση αύξησης της συχνότητας εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως προκύπτει και από την αναφορά της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) που είναι αφιερωμένη στα ακραία καιρικά φαινόμενα (IPCC, 2013), ενώ στην Ελλάδα και τις γειτονικές χώρες θα συνοδευτεί από μείωση των βροχοπτώσεων, ξηρασία και αύξηση της συχνότητας των δασικών πυρκαγιών. Στη συνέχεια, σημειώνονται ορισμένες από τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στην Ευρώπη:

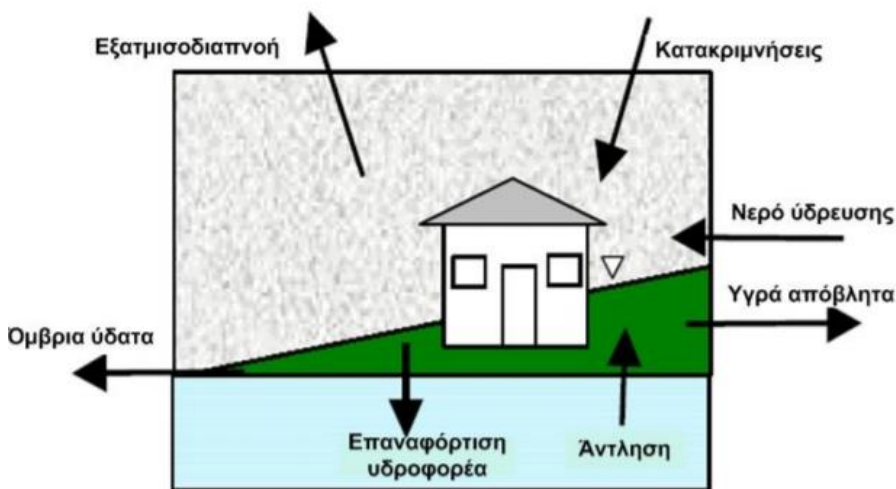
- Μείωση της υδροηλεκτρικής ενέργειας, η οποία αποτελεί το 19,8% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Στις μεσογειακές χώρες προβλέπεται να φτάσει η μείωση της υδροηλεκτρικής ενέργειας το 25-50%.
- Αλλοίωση της ποιότητας και της ποσότητας του νερού. Ακραία φαινόμενα πλημμύρων και ξηρασιών μπορούν να αυξήσουν το μικροβιακό φορτίο στο φρέσκο νερό με αποτέλεσμα το ξέσπασμα επιδημιών και την αδυναμία διαχείρισης της ποιότητας του νερού.
- Καταστροφή των καλλιεργειών, κυρίως στις μεσογειακές χώρες, λόγω των ακραίων γεγονότων.
- Διατάραξη της ισορροπίας της βιοποικιλότητας στις περιοχές του Αρκτικού και της Μεσόγειο λόγω της μείωσης υγροτόπων από την αύξηση της θερμοκρασίας, όπως και επίσης αύξηση του φαινομένου του ευτροφισμού (IPCC 2014).

4. Ανάλυση υπολογιστικού εργαλείου

4.1 Ζήτηση πόσιμου νερού - υδατικό ισοζύγιο

Για την εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου στο Δήμο Ιεράπετρας χρησιμοποιείται το λογισμικό Aquacycle. Για τον υπολογισμό της ζήτησης πόσιμου νερού στο Δήμο για τα 3 κλιματικά σενάρια, το Aquacycle προσομοιώνει τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε μια αστική περιοχή, βασισμένο στην έννοια του υδατικού ισοζυγίου.

Ο αστικός υδατικός κύκλος αποτελείται από τα συστήματα προσφοράς πόσιμου νερού, αστικών λυμάτων και απορροής ομβρίων υδάτων. Η προσέγγιση του υδατικού ισοζυγίου αποτυπώνει ολοκληρωμένα τη ζήτηση νερού σε μια περιοχή και την παραγόμενη ποσότητα υγρών αποβλήτων και ομβρίων υδάτων. Το υδατικό ισοζύγιο στηρίζεται στην εφαρμογή της αρχής διατήρησης της μάζας του νερού σε μια περιοχή, τα όρια της οποίας έχουν προσδιοριστεί ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε μελέτης. Η έννοια του υδατικού ισοζυγίου χρησιμοποιείται για να αποτυπώσει την πορεία του νερού στον υδατικό κύκλο για μια καθορισμένη περιοχή και για ένα καθορισμένο χρονικό βήμα (Mitchell et al., 2002).



Εικόνα 4: Υδατικό ισοζύγιο αστικής περιοχής (Κάρκα 2010)

Το υδατικό ισοζύγιο μιας περιοχής (Εικόνα 4) της οποίας έχουν οριστεί τα όρια μελέτης εκφράζεται από την σχέση που ακολουθεί:

$$\Sigma_{\text{inputs}} = \Sigma_{\text{outputs}} + \Delta S_{\text{storage}} \quad (1)$$

Σ_{inputs} : Άθροισμα των ρευμάτων εισόδου

Σ_{outputs}: Άθροισμα των ρευμάτων εξόδου

ΔS_{storage}: Μεταβολή αποθηκευμένου όγκου νερού

Μια πιο αναλυτική μορφή της εξίσωσης είναι η εξής:

$$P+I = E_a + R_s + R_w + \Delta S \quad (2)$$

P: Κατακρημνίσεις (Precipitation)

I: Νερό του δικτύου ύδρευσης (Imported water)

E_a: Ενεργός εξατμισοδιαπνοή (Actual Evapotranspiration)

R_s: Επιφανειακή απορροή ομβρίων υδάτων

R_w: Παραγωγή υγρών αποβλήτων

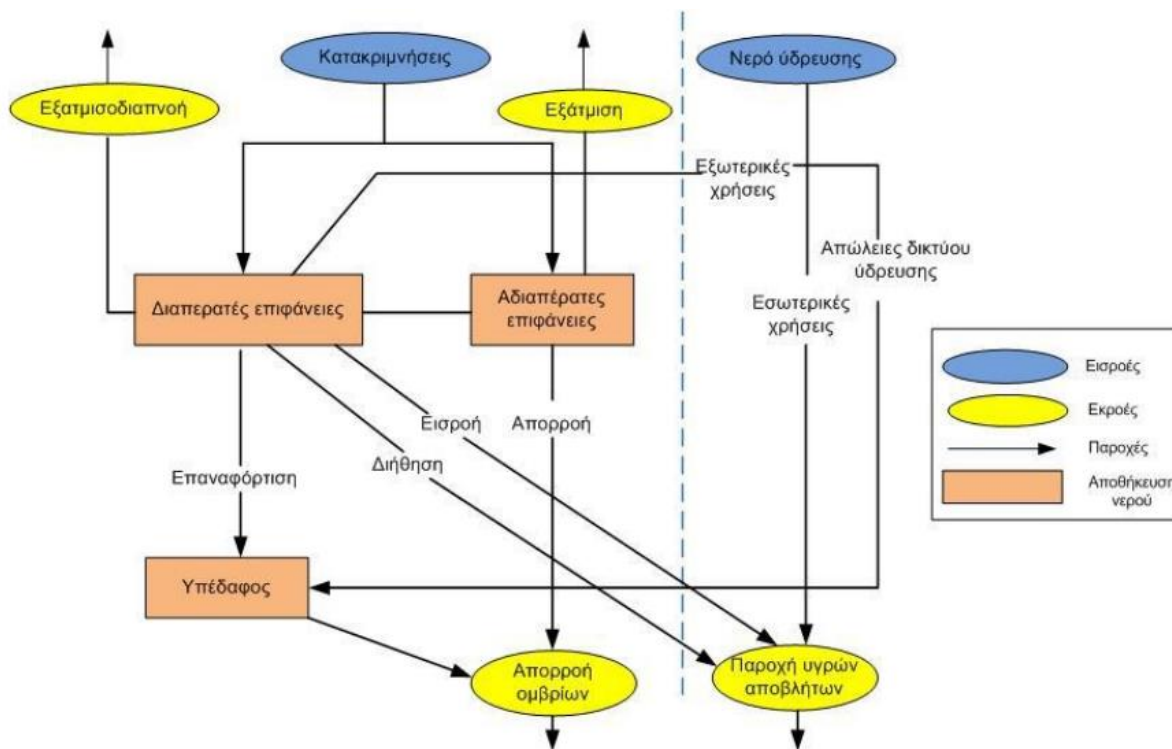
ΔS: Μεταβολή στον αποθηκευμένο όγκο

Συνεπώς το νερό:

- Εξατμίζεται από τη θάλασσα και την ξηρά: ένα ποσοστό της ποσότητας του νερού επιστρέφει στην ατμόσφαιρα υπό τη μορφή υδρατμών κινούμενο κατακόρυφα και ένα ποσοστό κινείται οριζόντια υπό την επίδραση των ανέμων.
- Διαπνέεται από τη βλάστηση και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα υπό τη μορφή υδρατμών.
- Συμπυκνώνεται στην ατμόσφαιρα, σχηματίζοντας τα σύννεφα.
- Επιστρέφει από την ατμόσφαιρα στη θάλασσα και την ξηρά με τα κατακρημνίσματα (βροχή, χαλάζι, χιόνι).
- Διηθείται στο έδαφος, εμπλουτίζοντας του υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες.
- Απορρέει επιφανειακά, σχηματίζοντας τους χείμαρρους και τα ποτάμια.
- Απορρέει υπόγεια, μέσα από τους πόρους και τις ρωγμές των γεωλογικών σχηματισμών.

4.1.1 Μέθοδος υπολογισμού του υδατικού ισοζυγίου

Ο υπολογισμός της ζήτησης πόσιμου νερού στο Δήμο Ιεράπετρας γίνεται μέσω του λογισμικού Aquacycle, όπου προσομοιώνονται οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε μια αστική περιοχή βάσει της έννοιας του υδατικού ισοζυγίου. Οι διεργασίες του αστικού υδατικού ισοζυγίου που προσομοιώνονται αποτυπώνονται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1: Προσομοίωση του αστικού υδατικού ισοζυγίου (Κάρκα, 2010)

Ο αστικός υδατικός κύκλος δέχεται εισόδους μέσω των κατακρημνίσεων και του νερού ύδρευσης, οι παροχές των οποίων συμμετέχουν στις διάφορες διεργασίες του συστήματος. Οι έξοδοι του συστήματος είναι η εξατμισοδιαπνοή, η απορροή ομβρίων υδάτων και η παραγωγή αστικών λυμάτων.

Τα επιμέρους συστήματα που περιγράφουν το ολοκληρωμένο σύστημα αστικών υδάτων είναι:

- Το σύστημα κατακρημνίσεων – επιφανειακής απορροής περιγράφει την επιφανειακή απορροή των ομβρίων υδάτων από τεχνητές επιφάνειες π.χ. στέγες, δρόμους και λόγω φυσικών διεργασιών.
- Το σύστημα κατανάλωσης νερού ύδρευσης – παραγωγής αστικών λυμάτων που περιγράφει τις παροχές νερού που εισέρχονται για την κάλυψη των εσωτερικών χρήσεων του σπιτιού και τις ποσότητες που εξέρχονται με την μορφή αστικών λυμάτων.

Οι ομάδες δεδομένων εισόδου που απαιτούνται είναι οι εξής:

- **Οικιακή κατανάλωση νερού**, που αναφέρεται στις εσωτερικές χρήσεις νερού όπως η κουζίνα, το μπάνιο, το πλυντήριο και η τουαλέτα.
- **Κλιματικά δεδομένα**, που αναφέρονται στις ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής.
- **Φυσικά και οικιστικά χαρακτηριστικά** της περιοχής, που εισάγονται στο μοντέλο μέσω μετρούμενων παραμέτρων και παραμέτρων βαθμονόμησης.

4.1.2 Κλίμακα προσομοίωσης του Aquacycle

Χρονική κλίμακα προσομοίωσης

Η προσομοίωση χρησιμοποιεί ημερήσιο χρονικό βήμα για τον υπολογισμό των διαφόρων ροών του αστικού υδατικού ισοζυγίου, ενώ τα αποτελέσματα μπορούν να εξαχθούν τόσο σε μηνιαίο όσο και σε ετήσιο χρονικό βήμα.

Χωρική κλίμακα προσομοίωσης

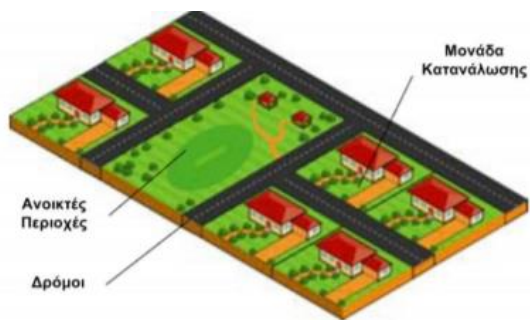
Η ανάλυση βασίζεται σε 3 επίπεδα διαχείρισης, τη Μονάδα Κατανάλωσης (Unit Block), το Συγκρότημα όμοιων μονάδων Κατανάλωσης (Cluster) και τη Συνολική Αστική Περιοχή (Catchment).

Η Μονάδα Κατανάλωσης (Εικόνα 5) αναπαριστά το μικρότερο επίπεδο κατανάλωσης, η οποία μπορεί να είναι ένα σπίτι, μια βιομηχανική, εμπορική ή δημόσια δραστηριότητα και να περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα κτήρια, εκτάσεις καλυμμένες με αδιαπέρατο υλικό και περιοχές που καλύπτονται με πράσινο. Απαιτείται ο προσδιορισμός της κατανάλωσης νερού ανά άτομο για εσωτερικές χρήσεις, όπως και είναι απαραίτητο να δοθούν οι τιμές των εκτάσεων κάθε Μονάδας Κατανάλωσης συμπεριλαμβανομένης της στέγης, των πλακόστρωτων περιοχών και των κήπων με στόχο τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου σε επίπεδο δομικής μονάδας είναι απαραίτητος. Είναι επίσης απαραίτητη για την μοντελοποίηση ο αριθμός των κατοίκων κάθε σπιτιού και το ποσοστό της διαπερατής περιοχής που αρδεύεται.



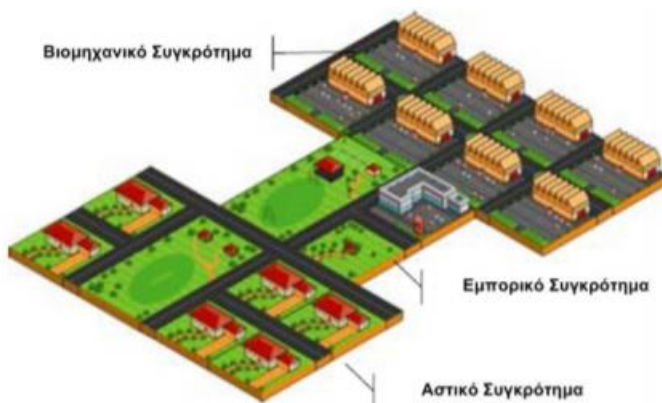
Εικόνα 5: Απεικόνιση της Μονάδας Κατανάλωσης

Το Συγκρότημα (Εικόνα 6) αναπαριστά μια γειτονιά και αποτελείται από ένα σύνολο Unit Blocks στο οποίο περιλαμβάνονται δρόμοι και ανοιχτοί χώροι.



Εικόνα 6: Απεικόνιση του Συγκροτήματος

Η Συνολική Αστική Περιοχή (Εικόνα 7) περιλαμβάνει έναν αριθμό από Συγκροτήματα που μπορεί να είναι οικίες, βιομηχανίες ή εμπορικές δραστηριότητες. Για να γίνουν οι υπολογισμοί του μοντέλου σε επίπεδο Catchment απαιτείται να προσδιοριστούν οι παράμετροι όλων των Συγκροτημάτων.



Εικόνα 7: Απεικόνιση της συνολικής αστικής περιοχής

4.2 Δεδομένα προσομοίωσης

4.2.1 Χωρική κλίμακα στην προσομοίωση της περιοχής

Στο πλαίσιο εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας και σε ό,τι αφορά το διαχωρισμό της υπό μελέτη περιοχής για τις ανάγκες προσομοίωσής της στο λογισμικό Aquacycle, η έκταση του Δήμου Ιεράπετρας διαχωρίζεται σε μικρότερες περιοχές. Με την προσομοίωση της περιοχής σε επιμέρους **Συγκροτήματα**, το λογισμικό διαχειρίζεται πιο εύκολα την ποσότητα νερού. Κάθε τέτοια μικρότερη περιοχή χαρακτηρίζεται από ομοιογένεια ως προς μια σειρά ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών.

Ο διαχωρισμός για τη συνολική έκταση του Δήμου Ιεράπετρας σε Συγκροτήματα έγινε βάσει των τεσσάρων πιο σημαντικών **Ζωνών Παροχής Νερού**. Η Ζώνη παροχής είναι μια γεωγραφικά

καθορισμένη περιοχή εντός της οποίας η ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης μπορεί να θεωρηθεί περίπου ομοιόμορφη.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που χορηγήθηκαν από το Δήμο Ιεράπετρας, στο πλαίσιο εκπόνησης του Γενικού Σχεδίου Ύδρευσης (Masterplan) για το Δήμο Ιεράπετρας, οι τέσσερις πιο σημαντικές Ζώνες Παροχής Νερού του Δήμου Ιεράπετρας είναι:

1. **ΖΠΝ Ιεράπετρας**, η οποία περιλαμβάνει την πόλη της Ιεράπετρας καθώς και τους οικισμούς Νέα Ανατολή, Μύρτος, Γρα Λυγιά, Αγιασμένος, Άγιος Γεώργιος, Βαϊνιά, Κάμπος, Κεντρί, Κεφάλια, Ποταμοί, Στόμιο, Γαβρίλη, Καλλιθέα, Κοπάνες, Αμμουδάροι και Νέος Μύρτος.
2. **ΖΠΝ Αγίου Ιωάννη**, η οποία περιλαμβάνει τους οικισμούς Αγ. Ιωάννη, Φέρμα, Κουτσουναρί και Αγία Φωτιά
3. **ΖΠΝ Σχινοκαψάλων**, η οποία περιλαμβάνει τους οικισμούς Σχινοκάψαλα, Αχλιά, Γαλήνη και Μαύρο Κόλυμπο.
4. **ΖΠΝ Μακρύ Γιαλού**, η οποία περιλαμβάνει τους οικισμούς Μακρύ Γιαλός και Κουτσουράς.

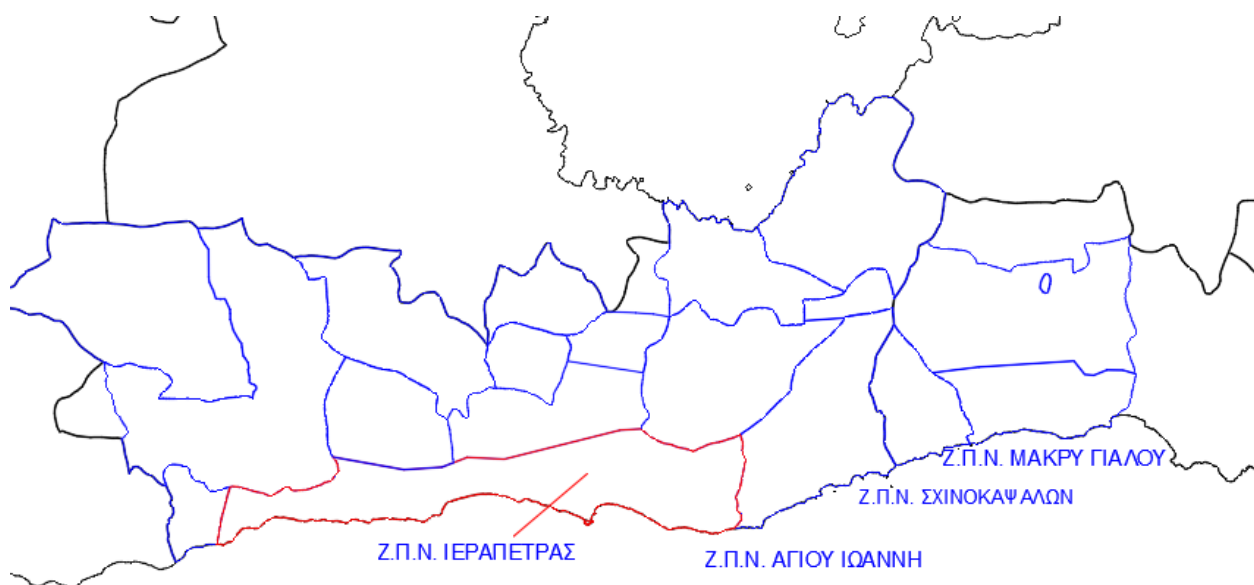
Οι παραπάνω ζώνες παροχής κρίθηκαν ως πιο σημαντικές σύμφωνα με τα πληθυσμιακά στοιχεία, τις ανάγκες σε υδρευτικό νερό και τις καταγεγραμμένες και τιμολογημένες από το Δήμο Ιεράπετρας καταναλώσεις, όπως παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν στο Γενικό Σχέδιο Ύδρευσης (Masterplan) για το Δήμο Ιεράπετρας.

Στο λογισμικό προσομοίωσης, η έκταση, δηλαδή τα γεωγραφικά όρια, των παραπάνω ζωνών αποτυπώνονται με τη χρήση ψηφιακών χαρτών. Για τη σωστή αποτύπωση και μέτρηση της έκτασης των ζωνών, σχεδιάστηκαν αρχικά τα όρια των Δημοτικών Ενοτήτων και στη συνέχεια τα όρια των Ζωνών Παροχής Νερού με χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος Autocad (Εικόνα 8). Για την εύρεση των γεωγραφικών ορίων χρησιμοποιήθηκε η ιστοσελίδα GEODATA.gov.gr και πιο συγκεκριμένα τα δεδομένα από dataset→Municipality boundaries (Kallikratis).

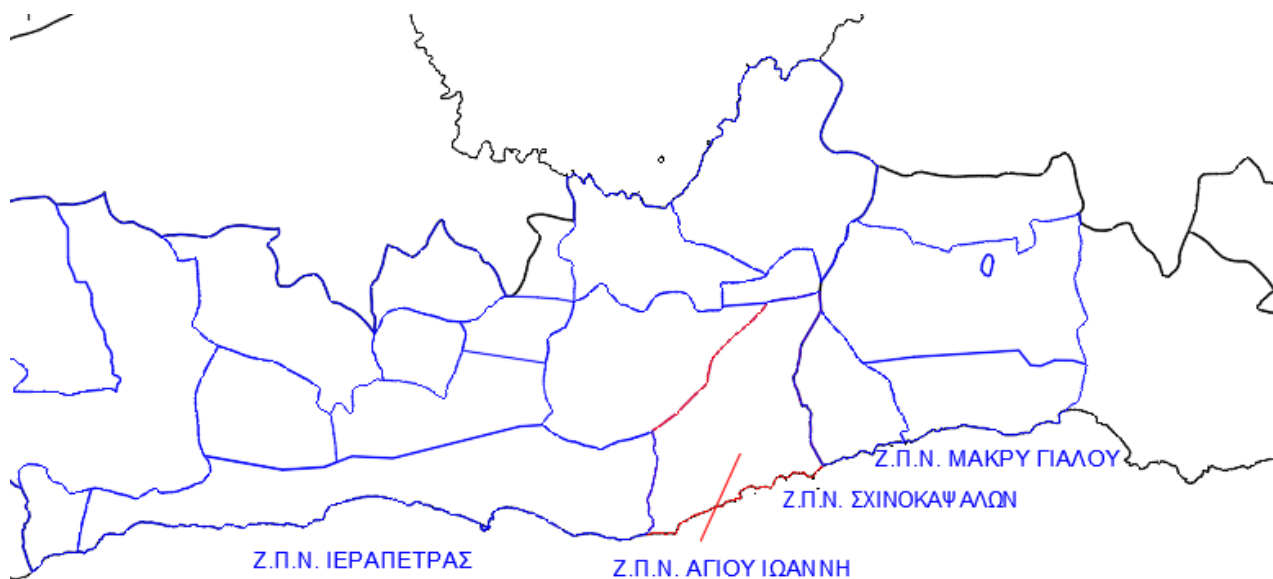


Εικόνα 8: Διαχωρισμός της Κρήτης σε Δημοτικές Ενοότητες και αποτύπωση των ΖΠΝ του Δήμου Ιεράπετρας (μπλε χρώμα)

Στις εικόνες που ακολουθούν σημειώνονται τα γεωγραφικά όρια για τη **ΖΠΝ Ιεράπετρας** (Εικόνα 9), **ΖΠΝ Αγίου Ιωάννη** (Εικόνα 10), **ΖΠΝ Σχινόκαψάλων** (Εικόνα 11) και **ΖΠΝ Μακρύ Γιαλού** (Εικόνα 12).



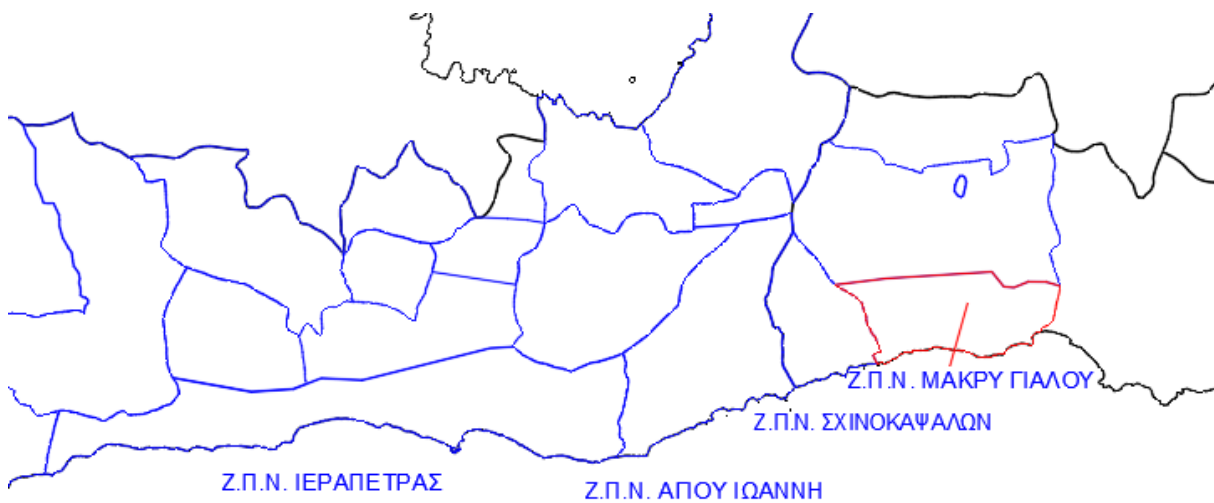
Εικόνα 9: ΖΠΝ Ιεράπετρας - 1^ο Συγκρότημα διαχωρισμού του Δήμου Ιεράπετρας



Εικόνα 10: ΖΠΝ Αγίου Ιωάννη - 2^ο Συγκρότημα διαχωρισμού του Δήμου Ιεράπετρας



Εικόνα 11: ΖΠΝ Σχινοκαψάλων – 3^ο Συγκρότημα διαχωρισμού του Δήμου Ιεράπετρας

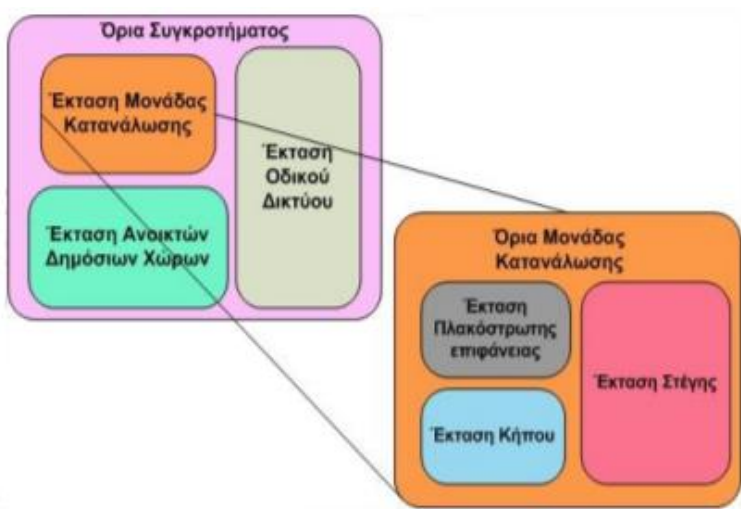


Εικόνα 12: ΖΠΝ Μακρύ Γιαλού – 4^ο Συγκρότημα διαχωρισμού του Δήμου Ιεράπετρας

Στη συνέχεια, καθορίζονται ορισμένοι παράμετροι για τον χαρακτηρισμό των ιδιοτήτων των Συγκροτημάτων. Οι παράμετροι αφορούν σε δομικά χαρακτηριστικά, όπως έκταση μονάδας κατανάλωσης, έκταση οδικού δικτύου και έκταση ανοικτών δημόσιων χώρων (Εικόνα 13). Σημαντικό στοιχείο ενός Συγκροτήματος αποτελεί ο πληθυσμός του. Ο πληθυσμός κάθε Συγκροτήματος υπολογίστηκε αθροίζοντας τον επιμέρους πληθυσμό κάθε οικισμού που ανήκει στο

κάθε Συγκρότημα (Πίνακας 6). Ο πληθυσμός κάθε οικισμού αντλήθηκε από δεδομένα της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας.

Η ανάγκη για καθορισμό συγκεκριμένων παραμέτρων ισχύει και στην περίπτωση της εκάστοτε Μονάδας Κατανάλωσης, η οποία αποτελεί υποσύστημα του Συγκροτήματος. Συνεπώς, καθορίζονται και παράμετροι που χαρακτηρίζουν μια Μονάδα και αυτές αφορούν σε έκταση πλακόστρωτης επιφάνειας, έκταση κήπου, καθώς και έκταση στέγης (Εικόνα 13).



Εικόνα 13: Κατανομή χρήσεων γης για κάθε Συγκρότημα και Παράμετροι χαρακτηρισμού Μονάδας Κατανάλωσης

Πίνακας 6: Ο πληθυσμός των οικισμών κάθε Συγκροτήματος - Πληθυσμός οικισμών κάθε Ζώνης Παροχής Νερού

Περιγραφή	Πληθυσμός, 2011
ΖΠΝ Ιεράπετρας – 1° Συγκρότημα	18.038
Ιεράπετρα	12.355
Αγιασμένος	20
Άγιος Γεώργιος	24
Βαϊνιά	609
Γρα Λυγιά	1.528
Κάμπος	81
Κεντρίον	1.021
Κεφάλα	21
Ποταμοί	405
Μύρτος	441
Γαβρίλης	19
Καλλιθέα	40
Κοπάνες	99
Νέος Μύρτος	21
Αμμουδάροι	121
Νέα Ανατολή	1.002
Στόμιον	231
ΖΠΝ Αγ. Ιωάννη – 2° Συγκρότημα	1.131
Κουτσουνάρι	566
Αγία Φωτιά	25
Άγιος Ιωάννης	8
Φέρμα	532
ΖΠΝ Σχινοκαψάλων – 3° Συγκρότημα	427
Σχινοκάψαλα,τα	87
Αχλιά,τα	133
Γαλήνη,η	108
Μαύρος Κόλυμπος,ο	99
ΖΠΝ Μακρύ Γιαλού – 4° Συγκρότημα	1.535
Μακρυγιαλός,ο	760
Κουτσουράς,ο	775

4.2.1.1 Παράμετροι Συγκροτημάτων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα Συγκροτήματα χαρακτηρίζονται από παραμέτρους ικανούς να χρησιμοποιηθούν στην προσομοίωση της περιοχής από το λογισμικό Aquacycle. Οι παράμετροι δημιουργούν μια εικόνα της κατανομής των χρήσεων γης και πιο συγκεκριμένα αφορούν σε:

- Επιφάνειες που καλύπτονται από κτήρια,
- Επιφάνειες που καλύπτονται από οδικό δίκτυο (μη διαπερατές επιφάνειες π.χ. πεζοδρόμια, δρόμοι) και
- Επιφάνειες ανοικτών περιοχών (περιοχές που καλύπτονται από βλάστηση π.χ. πάρκα).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μετρούμενες παράμετροι, η μονάδα μέτρησής τους και ο τρόπος λήψης δεδομένων (Πίνακας 7) για την αναπαράσταση των Συγκροτημάτων του Δήμου Ιεράπετρας.

Πίνακας 7: Παράμετροι για προσομοίωση ενός Συγκροτήματος

Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Πηγή δεδομένων
Συνολική έκταση	m ²	Ψηφιακοί χάρτες
Έκταση δρόμου	m ²	Ψηφιακοί χάρτες
Έκταση ανοιχτού χώρου	m ²	Ψηφιακοί χάρτες
Ποσοστό του ανοιχτού δημόσιου χώρου που αρδεύεται	Ποσοστό	Εκτίμηση
Απώλειες δικτύου ύδρευσης	Ποσοστό	Βιβλιογραφικές πηγές

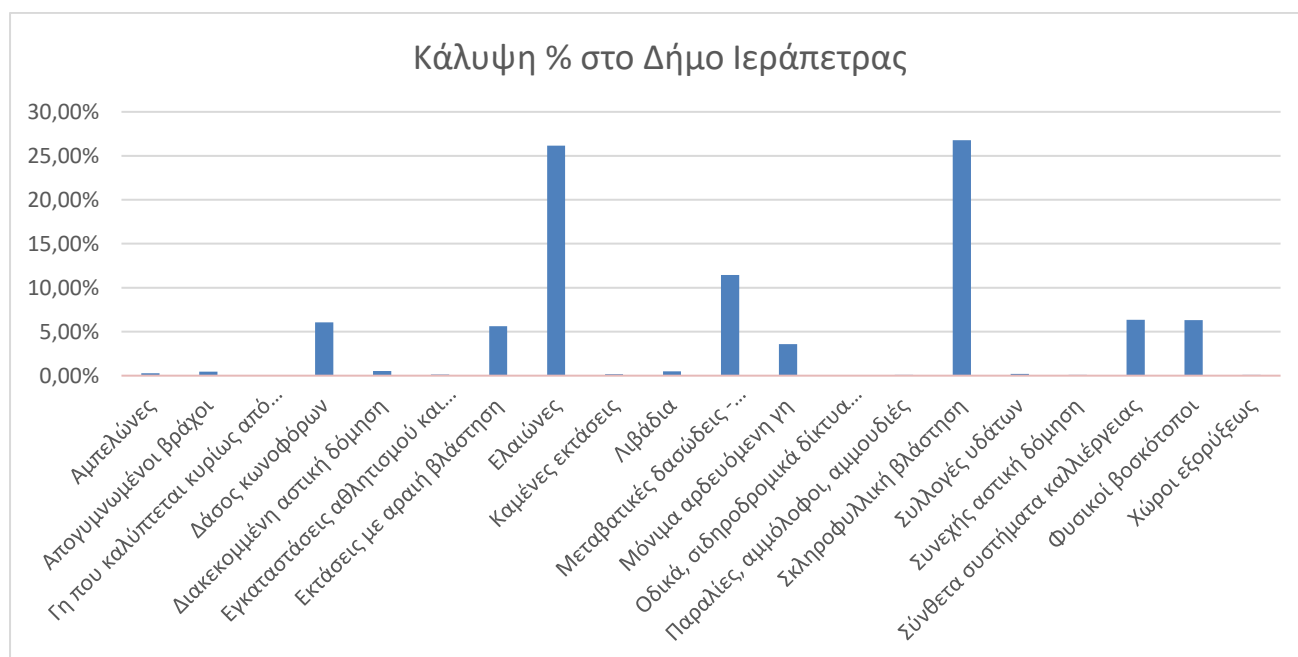
Η συνολική έκταση των Συγκροτημάτων (γεωγραφικά όρια των ΖΠΝ) υπολογίζεται με τη χρήση ψηφιακών χαρτών και την αποτύπωση αυτών μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος Autocad. Οι ΖΠΝ σημειώνονται εντός των γεωγραφικών ορίων των Δημοτικών Ενοτήτων. Τα διοικητικά όρια του Δήμου αποτυπώνονται στο Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο, Γ.Π.Σ. (πρώην ΣΧΟΟΑΠ) του Δήμου Ιεράπετρας (ΦΕΚ 530/19-10-2009, ΦΕΚ 363/26-11-2012), το οποίο εμφανίζεται:

- Στην ιστοσελίδα του Δήμου (ΔΗΜΟΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ 2022) (<http://www.ierapetra.gov.gr/dioikitiki-leitourgia/sxooap/dimou-ierapetras/>)
- Στην ιστοσελίδα e-ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑ του Υπουργείου Περιβάλλοντος & Ενέργειας (e-ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑ Γεωγραφική Αναζήτηση Πληροφοριών 2022).

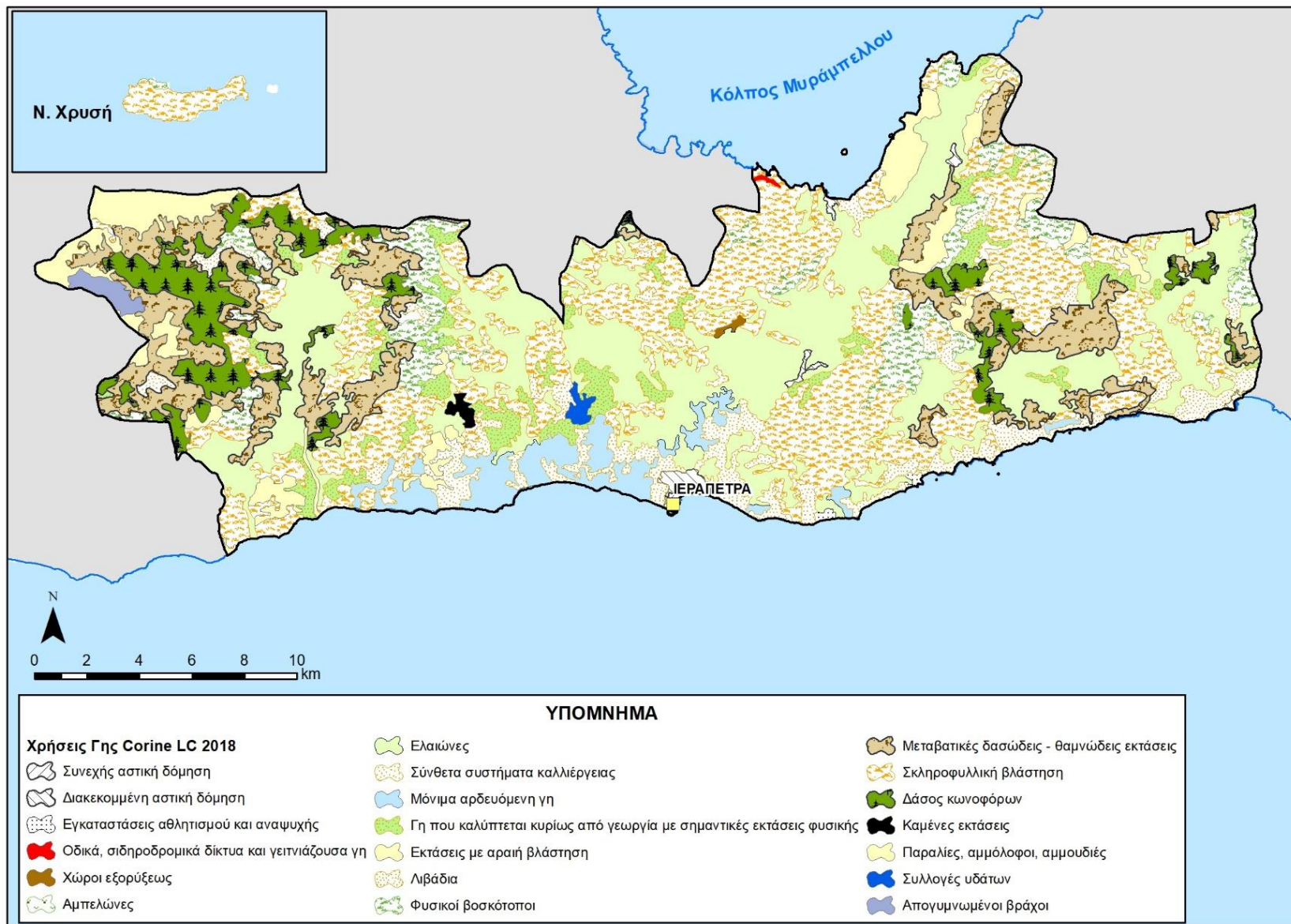
Από το Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο αντλήθηκαν πληροφορίες σχετικά με τις χρήσεις γης, με στόχο την εύρεση του ποσοστού κάλυψης των Συγκροτημάτων από κτίρια (δομημένη περιοχή), οδικό δίκτυο και βλάστηση. Επιπλέον, πληροφορίες σε ό,τι αφορά τις χρήσεις γης στο σύνολο του Δήμου Ιεράπετρας βασίστηκαν στα στοιχεία του Corine Land Cover (Copernicus Europe's eyes on Earth 2018).

Παρατηρείται ότι τη μεγαλύτερη εξάπλωση παρουσιάζουν οι εκτάσεις με σκληροφυλλική βλάστηση και οι ελαιώνες. Μαζί καλύπτουν πάνω από το 50% της έκτασης του Δήμου με τον πρώτο τύπο να καλύπτει το 26,77% και το δεύτερο το 26,17% του συνόλου της έκτασής του. Ακολουθούν οι μεταβατικές δασώδεις - θαμνώδεις εκτάσεις που καλύπτουν το 10,1% της έκτασής του και οι φυσικοί βοσκότοποι που καλύπτουν το 9% του Δήμου. Οι εκτάσεις αυτές εντοπίζονται κυρίως στα ανατολικά και δυτικά του Δήμου Ιεράπετρας.

Άλλες χρήσεις γης, που εντοπίζονται επί του Δήμου, καλύπτουν περιοχές μικρότερης έκτασης. Αξίζει να σημειωθεί ότι μόλις το 0,53% ανήκει στη διακεκομμένη αστική δόμηση, το 0,04% στα οδικά, σιδηροδρομικά δίκτυα και το 0,10% στη συνεχή αστική δόμηση. Το σύνολο των χρήσεων γης του Δήμου Ιεράπετρας, καθώς και το επί τοις εκατό (%) της έκτασης που καταλαμβάνουν παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 2) και απεικονίζεται στην Εικόνα 14.

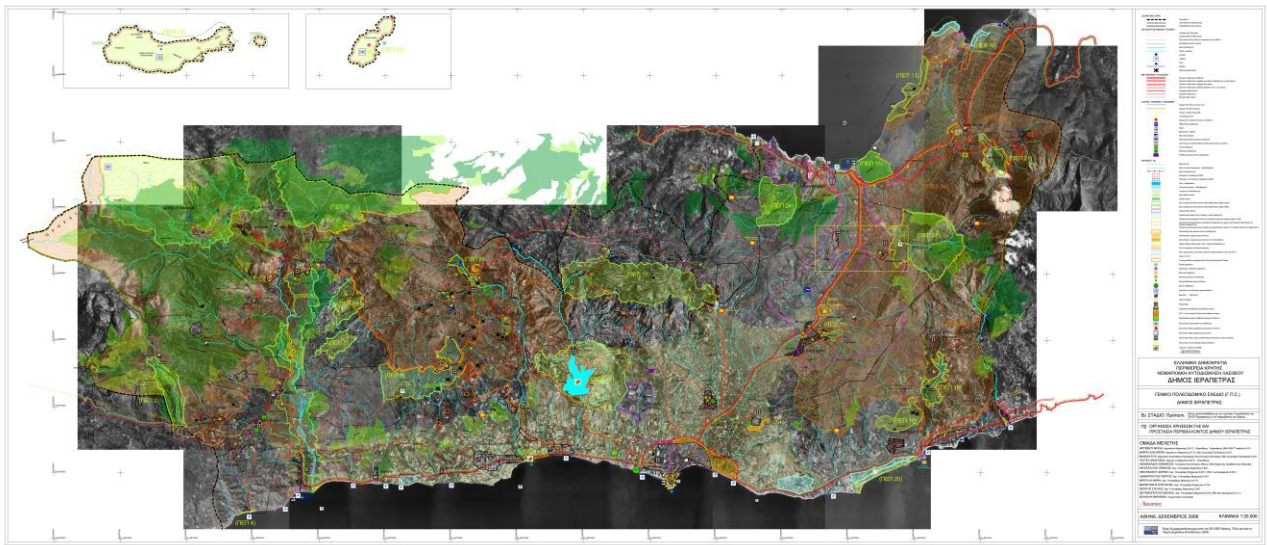


Διάγραμμα 2: Σύνολο χρήσεων γης Δήμου Ιεράπετρας και ποσοστό % κάλυψής τους στο Δήμο












Εικόνα 14: Χρήσεις γης του Δήμου Ιεράπετρας (Corine Land Cover, 2018)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στην ιστοσελίδα του Δήμου έχει αναρτηθεί το Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο (Γ.Π.Σ.) (Εικόνα 15). Το υπόμνημα του Σχεδίου (Πίνακας 8) υποδεικνύει τα δεδομένα που μπορούν να αντληθούν για το σύνολο της έκτασης του Δήμου Ιεράπετρας. Τα στοιχεία, που αφορούν στο ποσοστό κάλυψης των Συγκροτημάτων από κτίρια (δομημένη περιοχή), οδικό δίκτυο και βλάστηση και χρησιμοποιούνται ως δεδομένα στην προσομοίωση της περιοχής από το λογισμικό Aquacycle, εκτιμήθηκαν από το Γ.Π.Σ. με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Autocad.



Εικόνα 15: Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο Δήμου Ιεράπετρας

Πίνακας 8: Υπόμνημα Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου Δήμου Ιεράπετρας

ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ ΟΡΙΑ	
	Όριο Δήμου
	Όριο Δημοτικού Διαμερίσματος
	Θεσμοθετημένο όριο οικισμού
ΦΥΣΙΚΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
	Ισοϋψείς (ανά 100 μέτρα)
	Ισοϋψείς (240 και 260 μέτρων)
	Όριο ορεινής ζώνης (ζώνη με υψόμετρο άνω των 800m)
	Θεσμοθετημένο όριο αιγιαλού
	Κύριο υδατόρρευμα
	Ποτάμι - χειμαρας

Μελέτη πρόβλεψης της ζήτησης πόσιμου νερού (για διάφορα κλιματικά
σενάρια) του Δήμου Ιεράπετρας

ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ ΥΠΟΔΟΜΗ



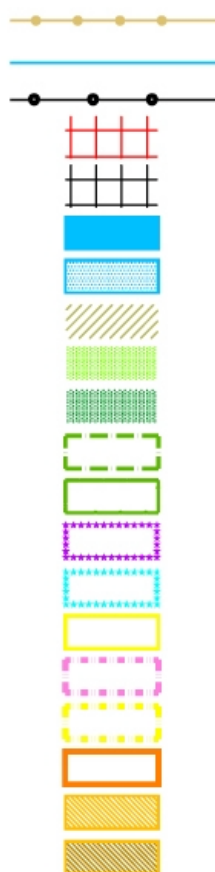
- Πρωτεύον Οδικό Δίκτυο (Εθνικό)
- Πρωτεύον Οδικό Δίκτυο (χάραξη νέου άξονα παράλληλη με την υφιστάμενη)
- Πρωτεύον Οδικό Δίκτυο (χάραξη νέου άξονα)
- Πρωτεύον Οδικό Δίκτυο (πιθανή χάραξη Ν.Ο.Α.Κ., υπό μελέτη)
- Επαρχιακό Οδικό Δίκτυο
- Δημοτικό Οδικό Δίκτυο
- Κοινοτικό Οδικό Δίκτυο

ΛΟΙΠΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ



- Γραμμή ΟΤΕ, δίκτυο οπτικών ινών
- Γραμμή ΟΤΕ, δίκτυο χαλκού
- Γραμμή υψηλής τάσης ΔΕΗ
- Υποσταθμός Δ.Ε.Η.

ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ



- Μονοπάτι Ε4
- Όριο υπό μελέτη φράγματος - υδατοδεξαμενής
- Όριο λατομικής ζώνης
- Οικισμός με πολεοδομικό σχέδιο
- Οικισμός με εκπονούμενο πολεοδομικό σχέδιο
- Λίμνη Μπραμιανών
- Υπό μελέτη φράγμα - Υδατοδεξαμενή
- Γεωργική γή προτεραιότητας
- Μικτή δασική έκταση
- Δασική έκταση
- Όριο περιοχής κοινοτικού δικτύου Φύση 2000 (Natura 2000), (pSCI)
- Όριο περιοχής κοινοτικού δικτύου Φύση 2000 (Natura 2000), (SPA)
- Αρχαιολογικός χώρος
- Αρχαιολογικός χώρος όπου υπάρχουν ενάλιες αρχαιότητες
- Προστατευόμενα οικιστικά σύνολα που διατηρούν σημαντικά τμήματα πβo του 1830
- Προτάσεις (μη θεσμοθετημένες) οριοθέτησης αρχαιολογικών χώρων (ΚΔ' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων)
- Προτάσεις (μη θεσμοθετημένες) οριοθέτησης αρχαιολογικών χώρων (13 Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων)
- Προτεινόμενο όριο οικισμών μέσω πολεοδόμησης
- Προτεινόμενες περιοχές προς επέκταση
- Προτεινόμενες περιοχές προς επέκταση υπό προϋποθέσεις

ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ



Περιοχή Ειδικής Προστασίας (Π.Ε.Π.) Φυσικού Περιβάλλοντος
 Ζώνη περιορισμού και ελέγχου δόμησης
 Ζώνη οργανωμένης ανάπτυξης τουριστικών δραστηριοτήτων ή/και Π.Ε.Ρ.Π.Ο
 Χώρος Β.Ι.Π.Α
 Γενική χωροθέτηση Αρχαιολογικού-Πολιτιστικού-Θεματικού Πάρκου



Ενάλια αρχαιότητα



Προϊστορική - Κλασσική αρχαιότητα



Βυζαντινή αρχαιότητα



Νεώτερα μνημεία και τεχνικά έργα



Περιοχή ιδιαίτερου φυσικού κάλλους



Ελιά του Καβουσίου



Κηρυγμένο τοπίο ιδιαίτερου φυσικού κάλλους



Εκκλησία — Μοναστήρι



Χώρος camping



Νεκροταφεία



Τμηματική πολεοδομία για εξομάλυνση ορίων



Π.Ε.Π., ζώνη ακτίνας 50 μέτρων από αξιόλογα στοιχεία



Προτεινόμενος χώρος προβολής γεωργικών προϊόντων



Προτεινόμενες δραστηριότητες εκπαίδευσης



Προτεινόμενη θέση χωροθέτησης εργατοικών κατοικιών



Προτεινόμενη θέση αρχαιολογικού μουσείου



Προτεινόμενη θέση χώρου εγκατάστασης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας



Προτεινόμενο τοπίο ιδιαίτερου φυσικού κάλλους



Υγρότοποι - Βιότοποι CORINE



1 Ταμιευτήρας Μπραμιανών
 2 Εκβολές Ποταμού Στομίου



Τα δεδομένα για τα 4 Συγκροτήματα, που απαρτίζουν τον υπό - μελέτη Δήμο, σημειώνονται στον πίνακα 9.

Πίνακας 9: Μετρούμενες Παράμετροι των 4 Συγκροτημάτων του Δήμου Ιεράπετρας (προσομοίωση Συγκροτήματος)

Παράμετρος	Συγκροτήματα				Σύνολο
	Συγκρότημα 1 ^ο	Συγκρότημα 2 ^ο	Συγκρότημα 3 ^ο	Συγκρότημα 4 ^ο	
Συνολική έκταση Συγκροτήματος (Total area of cluster)	4988,04 ha	3280,05 ha	1397,89 ha	1885,49 ha	11551,47 ha
Έκταση δρόμων (Road area)	2,00 ha	1,31 ha	0,56 ha	0,75 ha	4,62 ha
Έκταση ανοικτών δημοσίων χώρων (Area of public open space)	4631,97 ha	3206,27 ha	1337,23 ha	1836,41 ha	11011,88 ha

Σημειώνεται ότι η παράμετρος «Έκταση δρόμων» και η παράμετρος «Έκταση ανοικτών δημοσίων χώρων» για κάθε Συγκρότημα δεν αθροίζονται στη «Συνολική έκταση Συγκροτήματος». Η επιφάνεια, που υπολείπεται σε κάθε Συγκρότημα, αφορά στη συνολική έκταση που καταλαμβάνουν οι Μονάδες Κατανάλωσής του.

4.2.1.2 Παράμετροι Μονάδας Κατανάλωσης

Η Μονάδα Κατανάλωσης (Unit Block) αποτελείται, σε ό,τι αφορά την κάλυψη, από την έκταση της στέγης, την πλακόστρωτη περιοχή (πεζοδρόμιο) και τον κήπο. Η ίδια χρησιμοποιείται από το λογισμικό Aquacycle ως η ελάχιστη κλίμακα διαχείρισης αστικών υδάτων. Το Συγκρότημα αποτελείται από ένα σύνολο Μονάδων Κατανάλωσης - Unit Blocks στο οποίο περιλαμβάνονται δρόμοι και ανοιχτοί χώροι.

Οι Παράμετροι της Μονάδας Κατανάλωσης για κάθε Συγκρότημα του Δήμου Ιεράπετρας παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 10).

Πίνακας 10: Παράμετροι για προσομοίωση Μονάδας Κατανάλωσης

Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Πηγή δεδομένων
Αριθμός Μονάδων Κατανάλωσης	Αριθμός	Υπολογισμοί
Μέση οικιακή πληρότητα	Αριθμός ατόμων	Δημογραφικά Δεδομένα
Έκταση Μονάδας Κατανάλωσης	m ²	Ψηφιακοί χάρτες
Έκταση του κήπου της Μονάδας Κατανάλωσης	m ²	Ψηφιακοί χάρτες
Έκταση της στέγης της Μονάδας Κατανάλωσης	m ²	Ψηφιακοί χάρτες
Έκταση του πεζοδρομίου της Μονάδας Κατανάλωσης	m ²	Ψηφιακοί χάρτες
Ποσοστό του κήπου που αρδεύεται	Ποσοστό	Εκτίμηση

Ο αριθμός των κτηρίων ανά Συγκρότημα υπολογίστηκε με βάση τον πληθυσμό του κάθε Συγκροτήματος και τη μέση δυναμικότητα του κάθε σπιτιού. Σημειώνεται πως η μέση δυναμικότητα σπιτιού (Average household occupancy) για την Ελλάδα είναι 2,7.

Η έκταση της Μονάδας Κατανάλωσης (Unit Block) ή αλλιώς έκταση κτιρίου υπολογίστηκε από μετρήσεις σε ψηφιακούς χάρτες για το κάθε Συγκρότημα. Η έκταση αποτυπώνεται σε m² και αποτελεί μέσο όρο από ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα Μονάδων Κατανάλωσης για το κάθε Συγκρότημα. Οι μετρήσεις επιβεβαιώθηκαν και μέσω των ψηφιακών χαρτών που προσφέρει η ιστοσελίδα του Ελληνικού Κτηματολογίου (e-ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ 2022). Μέσω της ιστοσελίδας υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας σχήματος (πολύγωνου) και υπολογισμού της αντίστοιχης επιφάνειας περικλείοντας μια περιοχή.

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίστηκαν η έκταση του κήπου, η έκταση της στέγης και η έκταση του πεζοδρομίου (πλακόστρωτης περιοχής), ενώ το άθροισμά τους δίνει την έκταση κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, η έκταση της στέγης, δηλαδή της δομημένης επιφάνειας της Μονάδας, επιβεβαιώθηκε με βάση το συντελεστή δόμησης της περιοχής (ΦΕΚ 565/Δ'/04.08.1988). Τέλος, για το ποσοστό του κήπου που αρδεύεται, καθώς και το ποσοστό του ανοιχτού δημοσίου χώρου (πρασίνου) που αρδεύεται έγιναν εκτιμήσεις.

Οι απώλειες του δικτύου ύδρευσης βασίστηκαν στο ποσοστό απωλειών του δικτύου ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ. Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα δίκτυα ύδρευσης παγκόσμια, είναι οι απώλειες νερού. Το Μη Ανταποδοτικό Νερό, που είναι το νερό που δεν αποφέρει έσοδα στην εταιρεία ύδρευσης, ξεπερνά σε κάποιες περιπτώσεις ένα μεγάλο ποσοστό της εισερχόμενης ποσότητας νερού σε ένα δίκτυο ύδρευσης. Οι επιπτώσεις του Μη Ανταποδοτικού Νερού είναι περιβαλλοντικές, αφού γίνεται υπερ-εκμετάλλευση των υδατικών πόρων, καταναλώνεται

ενέργεια σε όλη την αλυσίδα παροχής νερού και παράγεται αυξημένο ανθρακικό αποτύπωμα λόγω της έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα και αερίων του θερμοκηπίου. Οι επιπτώσεις του Μη Ανταποδοτικού Νερού είναι και οικονομικές, αφού οι εταιρείες ύδρευσης χάνουν έσοδα ενώ δαπανούν μεγαλύτερα ποσά για την άντληση, μεταφορά, επεξεργασία, διανομή, κλπ. του νερού, το οποίο τελικά χάνεται λόγω των απωλειών.

Οι παράμετροι που αναπαριστούν φυσικά και δομικά χαρακτηριστικά και απαιτούνται για την προσομοίωση των υδατικών πόρων, σε επίπεδο Μονάδας Κατανάλωσης, φαίνονται στον Πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 11).

Πίνακας 11: Μετρούμενες Παράμετροι των 4 Συγκροτημάτων του Δήμου Ιεράπετρας (προσομοίωση Μονάδας Κατανάλωσης)

Παράμετρος	Συγκροτήματα			
	Συγκρότημα 1 ^ο	Συγκρότημα 2 ^ο	Συγκρότημα 3 ^ο	Συγκρότημα 4 ^ο
Αριθμός κτηρίων ανά Συγκρότημα (No of blocks in a cluster)	6681	419	158	569
Μέση δυναμικότητα σπιτιού (Average household occupancy)	2,7	2,7	2,7	2,7
Έκταση κτηρίου (Area of unit block in m ²)	530	1730	3800	850
Έκταση κήπου (Area of unit block garden in m ²)	113	865	710	250
Έκταση στέγης (Area of unit block roof in m ²)	252	625	1800	240
Έκταση πεζοδρομίου (Area of unit block pavement in m ²)	165	240	1290	360
Ποσοστό του κήπου που αρδεύεται (Per cent of unit block garden irrigated as a %)	10	10	10	10
Ποσοστό του ανοιχτού δημοσίου χώρου (πρασίνου) που αρδεύεται (Per cent of public open space irrigated as a %)	0	0	0	0
Απώλειες του δικτύου ύδρευσης (Water supply leakage %)	10	10	10	10

4.2.2 Οικιακή κατανάλωση νερού στην προσομοίωση

Στο μοντέλο προσομοίωσης απαιτούνται, πέραν των δεδομένων που αναλύθηκαν στις παραπάνω ενότητες και αφορούν σε δημογραφικά δεδομένα (π.χ. κάτοικοι ανά σπίτι), και δεδομένα που σχετίζονται με την κατανάλωση νερού ανά άτομο. Τα τελευταία χορηγήθηκαν από το Δήμο Ιεράπετρας, στο πλαίσιο εκπόνησης του Γενικού Σχεδίου Ύδρευσης (Masterplan) για το Δήμο. Συνεπώς, η τιμολογούμενη κατανάλωση νερού ανά Ζώνη Παροχής Νερού (Πίνακας 12) είναι:

Πίνακας 12: Τιμολογούμενη κατανάλωση νερού ανά ΖΠΝ Δήμου Ιεράπετρας

ΖΠΝ	Τιμολογούμενη Κατανάλωση (m³/έτος)
Ιεράπετρας	1.150.650
Αγ. Ιωάννη	118.932
Σχινοκαψάλων	89.916
Μακρύ Γιαλού	166.633
ΣΥΝΟΛΟ	1.526.131

Η συνολική κατανάλωση νερού στην υπό-μελέτη περιοχή ανέρχεται σε $1.526.131 \text{ m}^3/\text{έτος} = 1.526.131 \cdot 1.000 \text{ lt} / \text{έτος} = 1.526.131 \cdot 1.000 \text{ lt} / (365 \text{ ημέρες}) = 4.181.180,82 \text{ lt/day}$.

Δεδομένου ότι το σύνολο του μόνιμου πληθυσμού για τα 4 υπό – μελέτη Συγκροτήματα του Δήμου Ιεράπετρας είναι 21.131 κάτοικοι, σύμφωνα με τα δεδομένα της τελευταίας απογραφής της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) του 2011, η κατανάλωση είναι $197,87 \text{ lt}/\text{άτομο}/\text{day}$. Η ημερήσια κατανάλωση νερού ανά άτομο/κάτοικο προκύπτει εντός του εύρους κατανάλωσης, $100\text{-}250 \text{ lt}/\text{άτομο}/\text{day}$, που ορίζεται στην Κ.Υ.Α. αρ.Δ11/Φ.16/8500/22-03-1991 για την ορθολογική χρήση νερού σε οικισμούς.

Στο πλαίσιο προσομοίωσης της οικιακής κατανάλωσης νερού, γίνεται καταμερισμός της ποσότητας νερού που καταναλώνεται στο εσωτερικό ενός σπιτιού στις κατηγορίες του παρακάτω πίνακα (Πίνακας 13). Ο καταμερισμός στις επιμέρους εσωτερικές χρήσεις στηρίζεται σε διεθνή βιβλιογραφία (Loh and Peter 2003) προκειμένου να διαμορφωθεί το προφίλ της οικιακής κατανάλωσης των Μονάδων Κατανάλωσης του υπό – μελέτη Δήμου. Η προσομοίωση στο λογισμικό Aquacycle απαιτεί να δοθεί η οικιακή κατανάλωση νερού ως συνάρτηση της δυναμικότητας της Μονάδας Κατανάλωσης και του τύπου εσωτερικής χρήσης.

Πίνακας 13: Οικιακή κατανάλωση νερού (lt/day)

Δυναμικότητα Μονάδας Κατανάλωσης	Κουζίνα (22%)	Μπάνιο (34%)	Τουαλέτα (18%)	Πλυντήριο (26%)	Κατανάλωση νερού (lt/day)
1	44	67	36	51	198
2	87	135	71	103	396
3	131	202	107	154	594
4	174	269	143	206	792
5	218	337	178	257	990
6	261	404	214	309	1188
7	305	471	249	360	1386

4.2.3 Κλιματικά δεδομένα

Εισαγωγή

Η προσομοίωση των κλιματικών δεδομένων γίνεται μέσω του υπολογιστικού εργαλείου Aquacycle χρησιμοποιώντας τις ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής. Τα ανωτέρω δεδομένα, που αφορούν στο Δήμο Ιεράπετρας, παραχωρήθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών για 3 κλιματικά σενάρια (RCP 2.6, 4.5, 8.5) σε χρονικό εύρος από το 1971 έως το 2050. Τα σενάρια αυτά αντιστοιχούν στη μείωση, την σταθερότητα ή την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου, αντίστοιχα.

Πιο συγκεκριμένα, επιλέχθηκε η περίοδος 1991 – 2020 είναι η περίοδος αναφοράς ή control (reference period) και χρησιμοποιείται για σύγκριση των μελλοντικών προσομοιώσεων, ενώ η περίοδος 2021 - 2050 είναι η μελλοντική (future) περίοδος. Σημειώνεται ότι για τα σενάρια εκπομπών RCP 2.6, 4.5 και 8.5, στην περίοδο αναφοράς (1991 - 2020), οι τιμές είναι οι ίδιες σε όλα τα αρχεία των RCP. Τέλος, τα κλιματικά δεδομένα, που εισήχθησαν στο υπολογιστικό εργαλείο, έχουν παραχθεί από μοντέλα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και είναι διαφορετικά για τα 3 κλιματικά σενάρια.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, χρησιμοποιήθηκε το RCM μοντέλο RACMO22E του Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI). Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι ένα περιοχικό κλιματικό μοντέλο με οριακές συνθήκες που ορίζονται από το παγκόσμιο μοντέλο HadGEM-ES του Met Office Hadley Centre. Οι κλιματικές προσομοιώσεις μέσω Regional Climate Models (RCMs) αναπτύχθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος EURO-CORDEX της διεθνούς πρωτοβουλίας

CORDEX, που χρηματοδοτείται από το Παγκόσμιο Πρόγραμμα Έρευνας για το Κλίμα (WRCP) με σκοπό τη διαμόρφωση ενός διεθνώς συντονισμένου πλαισίου για την παραγωγή βελτιωμένων κλιματικών προβλέψεων σε περιφερειακό επίπεδο για όλες τις χερσαίες περιοχές παγκοσμίως.

Κλιματικά σενάρια

Κλιματικό σενάριο είναι μια απλουστευμένη αναπαράσταση των μελλοντικών συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου, που βασίζεται σε μια σειρά υποθέσεων για τα αίτια των εκπομπών αυτών (κοινωνικά, πολιτικοοικονομικά κλπ.) (IPCC, 2014). Η δημιουργία τους έχει σκοπό τη διερεύνηση πιθανών επιπτώσεων της ανθρώπινης παρέμβασης στο μελλοντικό κλίμα. Το κύριο εργαλείο για την ανάπτυξη κλιματικών σεναρίων αποτελούν οι κλιματικές προβολές. Ωστόσο, ένα σενάριο δεν αποτελεί πρόγνωση της μελλοντικής κατάστασης του κλίματος αλλά μια όσο το δυνατόν ρεαλιστική εκτίμηση.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιούνται τα Representative Concentration Pathways (RCP) κλιματικά σενάρια που έχουν αναπτυχθεί από την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC). Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται τα κλιματικά σενάρια RCP: RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5, τα οποία εισήγαγε η IPCC (2014), στην πέμπτη αναφορά αξιολόγησης του (AR5). Οι αριθμοί δηλώνουν το radiative forcing, που προβλέπεται το 2100. Αυτά τα σενάρια αναπτύχθηκαν ώστε με καθορισμένο συνδυασμό συγκεντρώσεων θερμοκηπικών αερίων και αερολυμάτων να οδηγούν σε συγκεκριμένο radiative forcing ως το 2100. Το radiative forcing (RF) είναι μια παράμετρος που χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση της επίδρασης ενός παράγοντα στο ενεργειακό ισοζύγιο του συστήματος Γη-ατμόσφαιρα, μετράται σε Watt/m^2 και ορίζεται ως ο ρυθμός μεταβολής της ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο στην κορυφή της ατμόσφαιρας εξαιτίας συγκεκριμένου παράγοντα.

Συνεπώς, ένα σενάριο RCP υποθέτει ποια θα είναι η πορεία των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα και έπειτα εκτιμά την αλλαγή στο ενεργειακό ισοζύγιο του συστήματος Γη-Ατμόσφαιρα σε σχέση με την περίοδο 1986-2005 (van Vuuren et al., 2011). Παραδείγματος χάρη, το σενάριο RCP 4.5 εκτιμά ότι οι συγκεντρώσεις των θερμοκηπικών αερίων θα αυξάνονται μέχρι το 2040 (μέγιστο) και έπειτα θα μειώνονται, ενώ το 2100 κάθε τετραγωνικό μέτρο στην κορυφή της ατμόσφαιρας θα δέχεται κατά μέσο όρο 4.5W περισσότερη ενέργεια σε σχέση με την περίοδο 1986-2005. Στη συνέχεια, ακολουθεί επεξήγηση των κλιματικών σεναρίων RCP της IPCC.

RCP 2.6: Αποτελεί το αυστηρό σενάριο μετριασμού εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και βασίζεται στην υπόθεση ότι το μέγιστο των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου θα συμβεί κατά την τρέχουσα δεκαετία 2010-2020, ενώ στη συνέχεια θα ακολουθήσει σημαντική μείωση. Κατά το σενάριο RCP 2.6, το μέγιστο ενεργειακό ισοζύγιο της ατμόσφαιρας (RF) σημειώνεται το 2040 στα 3 W/m^2 και η σταθεροποίηση του στα 2.6 W/m^2 το 2100. Οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου μειώνονται συνεχώς μέχρι το 2100. Το RCP 2.6 είναι ένα αντιπροσωπευτικό σενάριο στο οποίο η αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας συγκριτικά με την προ-βιομηχανική εποχή εκτιμάται κάτω από 2°C (IPCC, 2014).

RCP 4.5: Αποτελεί ενδιάμεσο σενάριο μετριασμού εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, σύμφωνα με το οποίο οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα αυξάνονται μέχρι το 2040 και μετά θα μειωθούν. Το σενάριο RCP 4.5 αναπτύχθηκε από την ομάδα GCAM του ινστιτούτου Pacific Northwest National Laboratory's Joint Global Change Research Institute (JGCRI) των Η.Π.Α. Πρόκειται για ένα σενάριο σταθεροποίησης του ενεργειακού ισοζυγίου της ατμόσφαιρας στα 4.5 W/m² το 2100, χωρίς να υπερβαίνει την τιμή αυτή (Thomson et al. 2011). Το συγκεκριμένο σενάριο λαμβάνει υπόψιν του ότι θα υλοποιηθούν προγράμματα αναδάσωσης και ότι θα πραγματοποιηθούν αλλαγές στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Επιπλέον, οι εκπομπές μεθανίου αναμένονται να είναι σταθερές, ενώ οι εκπομπές CO₂ επιτρέπεται να αυξηθούν με αργούς ρυθμούς έως το 2040 και έπειτα να αρχίσουν να μειώνονται. Το σενάριο RCP 4.5 αντιπροσωπεύει τη γενική μείωση στην κατανάλωση ενέργειας και τη χρήση ορυκτών καυσίμων, ενώ υποθέτει αύξηση χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και πυρηνικής ενέργειας (Thomson et al., 2011).

RCP 8.5: Αποτελεί ακραίο σενάριο με υψηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, σύμφωνα με το οποίο οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα συνεχίσουν να αυξάνονται καθ' όλη τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα. Το σενάριο RCP 8.5 αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας το μοντέλο MESSAGE και το IIASA Integrated Assessment Framework του International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) στην Αυστρία. Το σενάριο αυτό χαρακτηρίζεται από αυξανόμενες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, οδηγώντας σε υψηλά επίπεδα συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου (Riahi et al. 2007). Αναπαριστά μία μελλοντική κατάσταση κατά την οποία δεν θα υλοποιηθούν πολιτικές μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου και οι εκπομπές CH₄ και N₂O θα αυξηθούν με ταχείς ρυθμούς μέχρι το τέλος του αιώνα. Επιπλέον, θα αυξηθεί η χρήση γης, λόγω του αυξανόμενου πληθυσμού, καθώς και η χρήση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας και τις μεταφορές (Riahi et al., 2011).

Κλιματικά μοντέλα

Η δημιουργία των κλιματικών μοντέλων είχε ως στόχο τη βελτίωση της κατανόησης και της προβλεψιμότητας της κλιματικής συμπεριφοράς. Τα αποτελέσματα και οι προβλέψεις των κλιματικών μοντέλων συμβάλουν στη σωστότερη λήψη αποφάσεων σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, χρησιμοποιήθηκε το RCM μοντέλο RACMO22E, ως ένα περιοχικό κλιματικό μοντέλο, για την προσομοίωση του κλίματος. Τα περιοχικά κλιματικά μοντέλα (Regional Climate Models-RCMs) λειτουργούν με την αύξηση της ανάλυσης των παγκόσμιων κλιματικών μοντέλων (GCM) σε μία μικρή περιορισμένη περιοχή ενδιαφέροντος. Τα RCMs εφαρμόζονται σε έναν τομέα περιορισμένης έκτασης με την αύξηση της ανάλυσης ενός GCM. Το μοντέλο RACMO22E χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας του αέρα (T_{mean} με μονάδα μέτρησης °C), της ημερήσιας βροχόπτωσης (Precipitation) (PR με μονάδα μέτρησης mm) και της διάρκειας ηλιοφάνειας (SD με μονάδα μέτρησης sec) και ειδικότερα για την περιοχή του Δήμου Ιεράπετρας της Κρήτης. Για την εστίαση

στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης επιλέχθηκε το σημείο με latitude 35.0573 και longitude 25.7880 σε ανάλυση περίπου 12 km του μοντέλου (downscaling).

Τα αποτελέσματα του μοντέλου RACMO22E για τη μέση ημερήσια θερμοκρασία, την ημερήσια βροχόπτωση και τη διάρκεια της ηλιοφάνειας παραχωρήθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών στο πλαίσιο εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Το μοντέλο θεωρεί ότι ο κάθε μήνας έχει 30 ημέρες και τα αποτελέσματα δόθηκαν για τα έτη 1971 – 2050 για τα 3 κλιματικά σενάρια RCP.

Καταβιβασμός κλίμακας (downscaling)

Η διαδικασία εξαγωγής πληροφορίας από δεδομένα μεγάλης κλίμακας σε δεδομένα μικρότερης κλίμακας με στόχο την εφαρμογή της σε προβλέψεις τοπικής εμβέλειας ονομάζεται καταβιβασμός κλίμακας. Η μέθοδος δυναμικής υποκλιμάκωσης (dynamic downscaling), δηλαδή αναγωγής σε μεγαλύτερη ανάλυση με μέσης κλίμακας δυναμικά πρότυπα (regional climate models, RCMs), χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα διπλωματική εργασία, όπου έγινε οριζόντια ανάλυση περίπου 12 km.

Η δυναμική υποκλιμάκωση οδήγησε στη επιτυχέστερη αναπαράσταση των μέσων τιμών των κλιματικών παραμέτρων. Ειδικότερα, τα παγκόσμια κλιματικά μοντέλα (GCM) αποδεικνύονται ανεπαρκή στο να αποδώσουν λεπτομέρειες σε κλίμακα μικρότερη του ορισμένου κανάβου και για τοπική κλίμακα απαιτείται υψηλότερη ανάλυση από αυτή που μπορούν να δώσουν. Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε το πείραμα καταβιβασμού κλίμακας CORDEX (Coordinated Regional Downscaling Experiment), το οποίο αποτελεί πρωτοβουλία του Ευρωπαϊκού κλάδου EURO-CORDEX και έχει ως σκοπό την οργάνωση ενός διεθνώς συντονισμένου πλαισίου για την παραγωγή προσομοιώσεων.

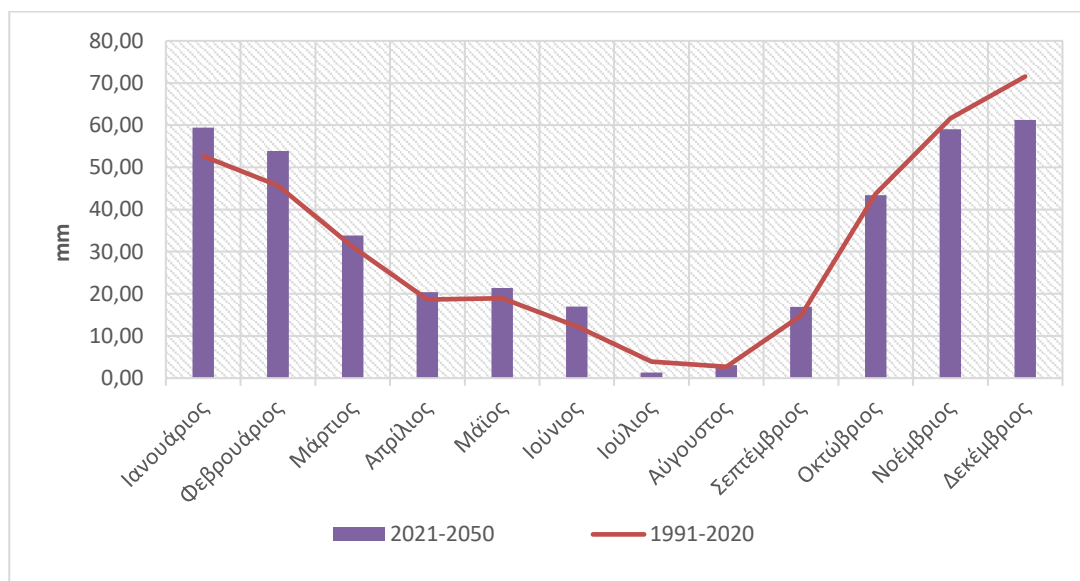
4.2.3.1 Βροχόπτωση

Στο πλαίσιο εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών παραχώρησε τις ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης που αφορούν το Δήμο Ιεράπετρας:

- Για 3 κλιματικά σενάρια (RCP 2.6, 4.5 και 8.5) και
- Σε χρονικό εύρος 1971 – 2050.

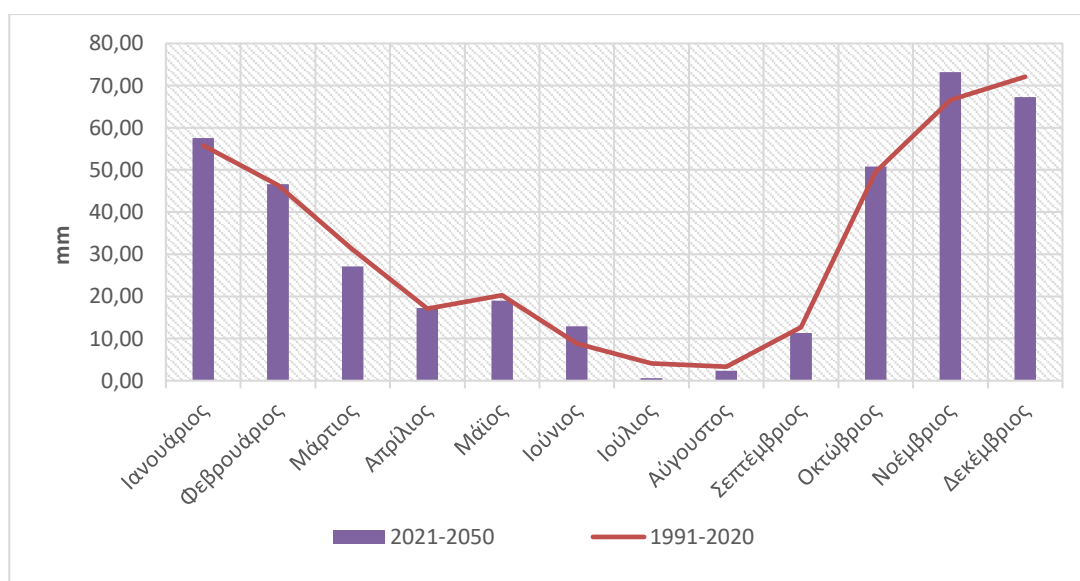
Η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε για τα διαστήματα 1991-2020 και 2021-2050. Ο λόγος έγκειται στο γεγονός της χρήσης δύο χρονικών περιόδων, εκάστης διάρκειας 30 χρόνων, ώστε να επιτευχθεί σύγκριση περιόδων ίδιας διάρκειας. Οι ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης του πρώτου χρονικού διαστήματος χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση του μέσου (μέσος όρος) μηνιαίου ύψους βροχής για την περίοδο αναφοράς, ενώ αυτές του δεύτερου χρονικού διαστήματος χρησιμοποιήθηκαν αντίστοιχα για τη μελλοντική περίοδο.

Συνεπώς, στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζεται ο μέσος όρος μηνιαίου ύψους βροχής για το διάστημα 2021-2050 για το κλιματικό σενάριο RCP 2.6 (Διάγραμμα 3), RCP 4.5 (Διάγραμμα 4), RCP 8.5 (Διάγραμμα 5) και συγκρίνονται με πραγματικά δεδομένα μηνιαίου ύψους βροχής για το διάστημα 1991-2020.



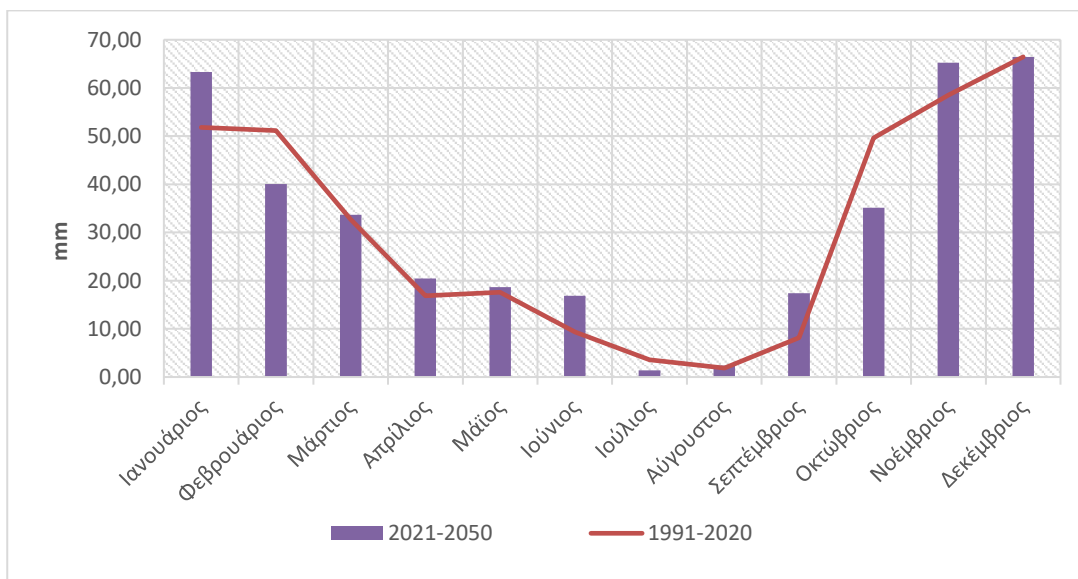
Διάγραμμα 3: Βροχόπτωση Δήμου Ιεράπετρας για το κλιματικό σενάριο RCP 2.6

Για το Δήμο Ιεράπετρας και το κλιματικό σενάριο **RCP 2.6**, παρατηρούνται υψηλές βροχοπτώσεις κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες, ενώ η τάση τους ύψους βροχής παραμένει ίδια για την περίοδο αναφοράς και τη μελλοντική περίοδο.



Διάγραμμα 4: Βροχόπτωση Δήμου Ιεράπετρας για το κλιματικό σενάριο RCP 4.5

Για το Δήμο Ιεράπετρας και το κλιματικό σενάριο **RCP 4.5**, παρατηρείται μεγαλύτερο ύψος βροχής σε σχέση με το σενάριο RCP 2.6 για τους μήνες Οκτώβριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο, ενώ για τους υπόλοιπους μήνες μικρότερο. Η σύγκριση γίνεται για τη μελλοντική περίοδο (2021-2050). Επιπλέον, στο συγκεκριμένο κλιματικό σενάριο παρατηρείται ότι η τάση τους ύψους βροχής παραμένει ίδια για την περίοδο αναφοράς και τη μελλοντική περίοδο, όπως συνέβαινε και για το κλιματικό σενάριο RCP 2.6.

**Διάγραμμα 5: Βροχόπτωση Δήμου Ιεράπετρας για το κλιματικό σενάριο RCP 8.5**

Στο κλιματικό σενάριο RCP 8.5, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αυξάνονται σημαντικά μέχρι το 2100, συνεπώς παρατηρούνται πιο έντονα φαινόμενα σε σχέση με το σενάριο RCP 4.5, ειδικά τους μήνες Ιανουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Σεπτέμβριο και συγκεκριμένα κατά τα έτη 2021 - 2050.

4.2.3.2 Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή

Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ET) ορίζεται σαν η πραγματική ποσότητα νερού που χάνεται στην ατμόσφαιρα από τις διεργασίες εξάτμισης και διαπνοής και είναι εξ' ορισμού ίση με τη δυνητική σε συνθήκες επάρκειας νερού. Όταν όμως το νερό αρχίζει και περιορίζεται και δεν είναι αρκετό για την εξατμισοδιαπνοή σε δυνητικούς ρυθμούς, τότε οι απώλειες νερού μειώνονται παρόλες τις αυξημένες απαιτήσεις της ατμόσφαιρας. Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή (PET) μπορεί γενικά να οριστεί σαν η ποσότητα του νερού που θα μπορούσε να εξατμιστεί από το έδαφος και τα υδάτινα σώματα και να διαπνεύσει από την βλάστηση, χωρίς περιορισμούς άλλους από τις απαιτήσεις της ατμόσφαιρας. Η έννοια της PET πρωτοχρησιμοποιήθηκε από τον Thornthwaite (Halstead, 1951)

στην προσπάθειά του να υπολογίσει την πραγματική εξατμισοδιαπνοή. Η έννοια της PET συνιστά έναν χρήσιμο δείκτη που αντιπροσωπεύει την μέγιστη δυνατή απώλεια νερού από μία περιοχή με βλάστηση προς την ατμόσφαιρα.

Η διεργασία της εξατμισοδιαπνοής, σε μια αστική περιοχή, είναι δύσκολο να προσομοιωθεί και να υπολογιστεί λόγω της ιδιομορφίας των επιφανειών και του μικροκλίματος της περιοχής. Συνεπώς, οι τιμές της εξατμισοδιαπνοής βασίζονται σε έμμεσους υπολογισμούς για τους οποίους απαιτούνται διάφορα κλιματικά δεδομένα όπως η διάρκεια ηλιακής ακτινοβολίας και η μέση θερμοκρασία. Η εξατμισοδιαπνοή στην παρούσα διπλωματική εργασία υπολογίστηκε με τη μέθοδο Thornthwaite σε ημερήσιο χρονικό βήμα εισάγοντας σε αυτή δεδομένα θεωρητικής ηλιοφάνειας (ώρες/ημέρα) και μέσης θερμοκρασίας. Πιο συγκεκριμένα, ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής μέσω της μεθόδου **Thornthwaite**:

- Η μέθοδος δίνει σαν αποτέλεσμα τη μέση μηνιαία τιμή της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής
- Οι τύποι που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

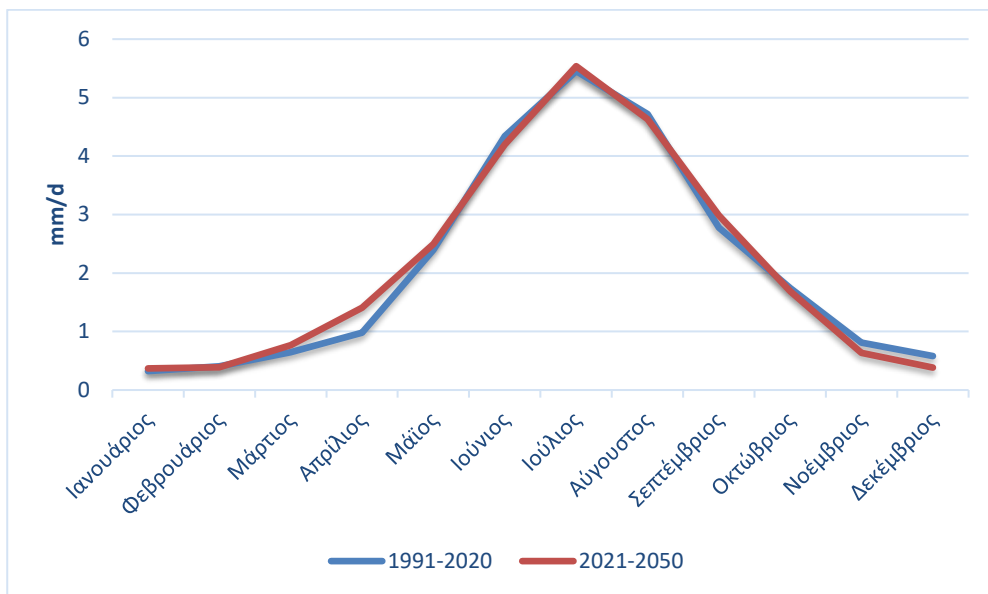
$\frac{mm}{month}$	$ET_p' = 16 \left(\frac{10T}{T_E} \right)^a$	$T_E = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1,514}$
$a = 6,75 \times 10^{-7} T_E^3 - 7,71 \times 10^{-5} T_E^2 + 1,972 \times 10^{-2} T_E + 0,49239$		

Όπου,

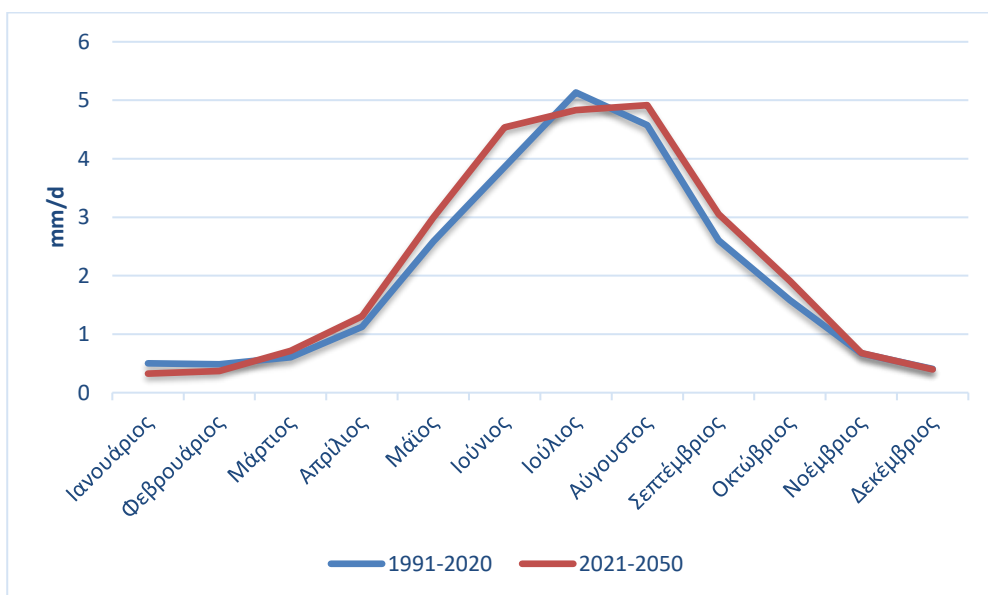
- T είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα (°C)
- T_E είναι ο ετήσιος θερμικός δείκτης του Thornthwaite, ο οποίος είναι το άθροισμα των 12 μηνιαίων θερμικών δεικτών
- α είναι συντελεστής που εξαρτάται από το θερμικό δείκτη T_E

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζεται ο μέσος όρος των τιμών δυνητικής εξατμισοδιαπνοής ανά μήνα για τα διαστήματα 1991-2020 και 2021-2050 για το κλιματικό σενάριο RCP 2.6 (Διάγραμμα 6), RCP 4.5 (Διάγραμμα 7), RCP 8.5 (Διάγραμμα 8).

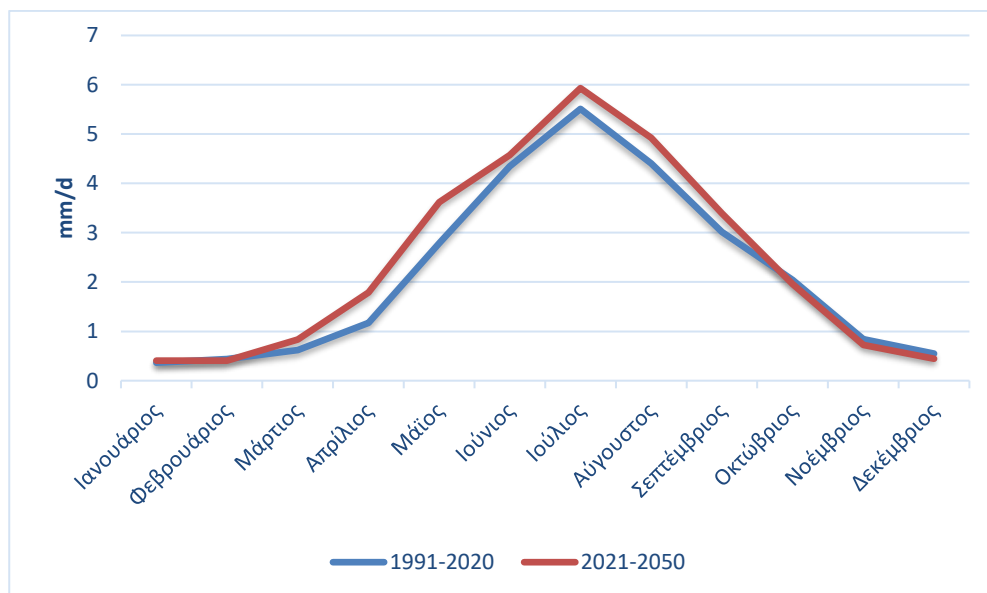
Μελέτη πρόβλεψης της ζήτησης πόσιμου νερού (για διάφορα κλιματικά σενάρια) του Δήμου Ιεράπετρας



Διάγραμμα 6: Δυνητική Εξαμυσοδιαπνοή του Δήμου Ιεράπετρας για το κλιματικό σενάριο RCP 2.6



Διάγραμμα 7: Δυνητική Εξαμυσοδιαπνοή του Δήμου Ιεράπετρας για το κλιματικό σενάριο RCP 4.5



Διάγραμμα 8: Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή του Δήμου Ιεράπετρας για το κλιματικό σενάριο RCP 8.5

4.3 Μεθοδολογία εισαγωγής δεδομένων στο εργαλείο

Τα δεδομένα, που συλλέχθηκαν και παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα, εισαγονται στο υπολογιστικό εργαλείο Aquacycle με στόχο την πρόβλεψη της ζήτησης πόσιμου νερού για 3 κλιματικά σενάρια στην υπό-μελέτη περιοχή. Τα βήματα που απαιτούνται (Εικόνα 16) είναι τα εξής:

1. Load group:

- Για κάθε εξεταζόμενο χρονικό διάστημα και κλιματικό σενάριο δημιουργούμε αρχεία txt στα οποία κωδικοποιούνται καταλλήλως τα δεδομένα, ώστε να μπορούν να διαβαστούν από το εργαλείο.
- Γίνεται μετατροπή των αρχείων txt σε αρχεία διαφορετικών κάθε φορά καταλήξεων ανάλογα με το είδος του εισαχθέντος δεδομένου. Οι καταλήξεις των αρχείων είναι οι εξής:

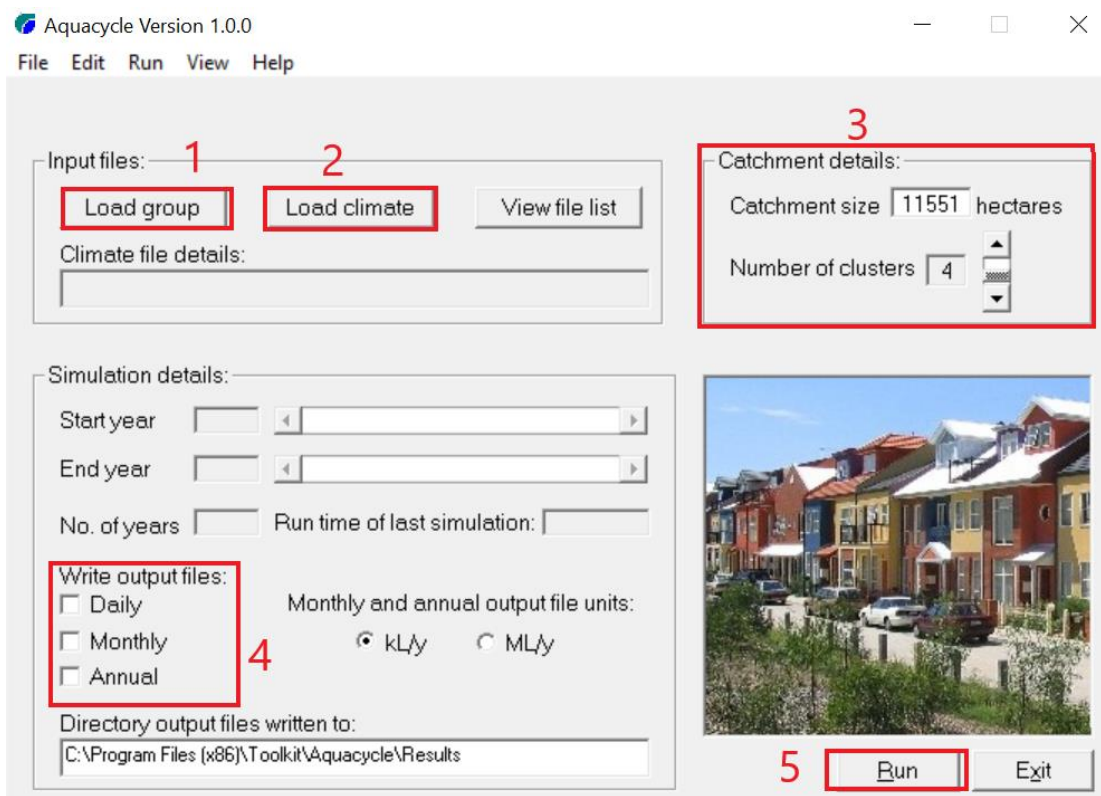
Τύπος δεδομένου	Κατάληξη αρχείου
Προφίλ οικιακής κατανάλωσης (Indoor water usage profile)	.wprf
Μονάδα Κατανάλωσης (Unit block)	.ubl

Συγκρότημα (Cluster)	.clu
Συνολική αστική περιοχή (Catchment)	.cmt
Παράμετροι (Parameter & initial values)	.prm

2. Load climate:

Ομοίως με το βήμα 1, δημιουργούνται και φορτώνουν τα αρχεία με τα κλιματικά δεδομένα (βροχοπτώση και δυνητική εξατμισοδιαπνοή). Τα αρχεία αυτά έχουν την .clm κατάληξη.

- Εισάγονται τα χαρακτηριστικά της συνολικής αστικής περιοχής. Στην περίπτωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η υπό-εξέταση περιοχή έχει συνολική επιφάνεια περίπου 11.551 ha (βλ. Πίνακας 9), ενώ η περιοχή έχει χωριστεί σε 4 Συγκροτήματα (Clusters).
- Επιλέγεται το χρονικό βήμα για την εμφάνιση των αποτελεσμάτων.
- "Τρέχει" το λογισμικό και παράγονται τα αποτελέσματα.



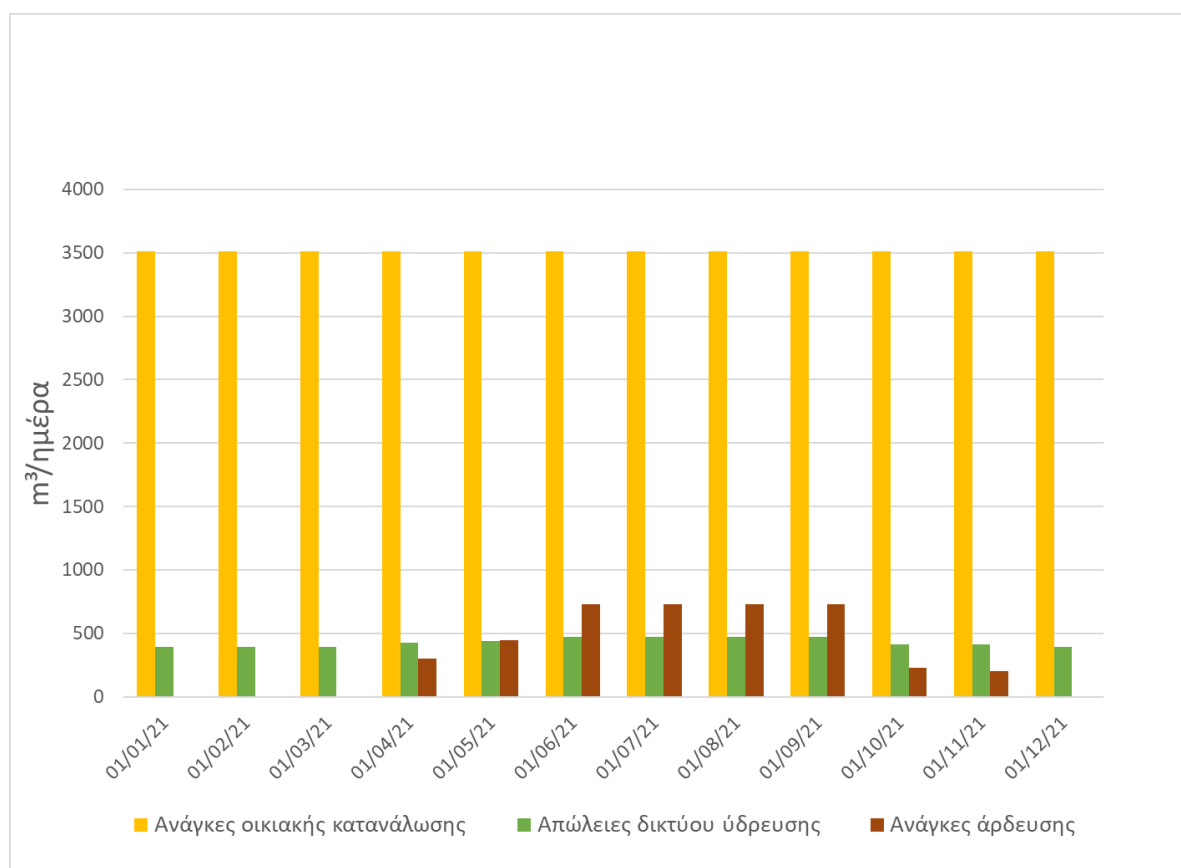
Εικόνα 16: Βήματα εισαγωγής δεδομένων στο εργαλείο

5. Αποτελέσματα προσομοίωσης

Οι ανάγκες για πόσιμο νερό σε επίπεδο κατοικίας, αλλά και για άρδευση (όταν αυτές δεν καλύπτονται κατά προτεραιότητα από τις βροχοπτώσεις) είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση νερού ύδρευσης. Βεβαίως και σε ό,τι αφορά τη ζήτηση, συνεκτιμώνται και οι απώλειες του δικτύου ύδρευσης, ενώ οι ανάγκες άρδευσης είναι συνάρτηση των κατακρημνίσεων και της εξατμισοδιαπνοής.

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας και προσομοίωσης, έγινε η υπόθεση ότι οι ανοικτές περιοχές πρασίνου δεν αρδεύονται από το δίκτυο ύδρευσης και ότι το 10% της επιφάνειας του κήπου μιας Μονάδας Κατανάλωσης αρδεύεται με νερό δικτύου ύδρευσης.

Η ανάλυση της κατανάλωσης του νερού ύδρευσης στο Δήμο Ιεράπετρας παρατίθεται ενδεικτικά για το έτος 2021 και το σενάριο RCP 2.6 στο Διάγραμμα 9.



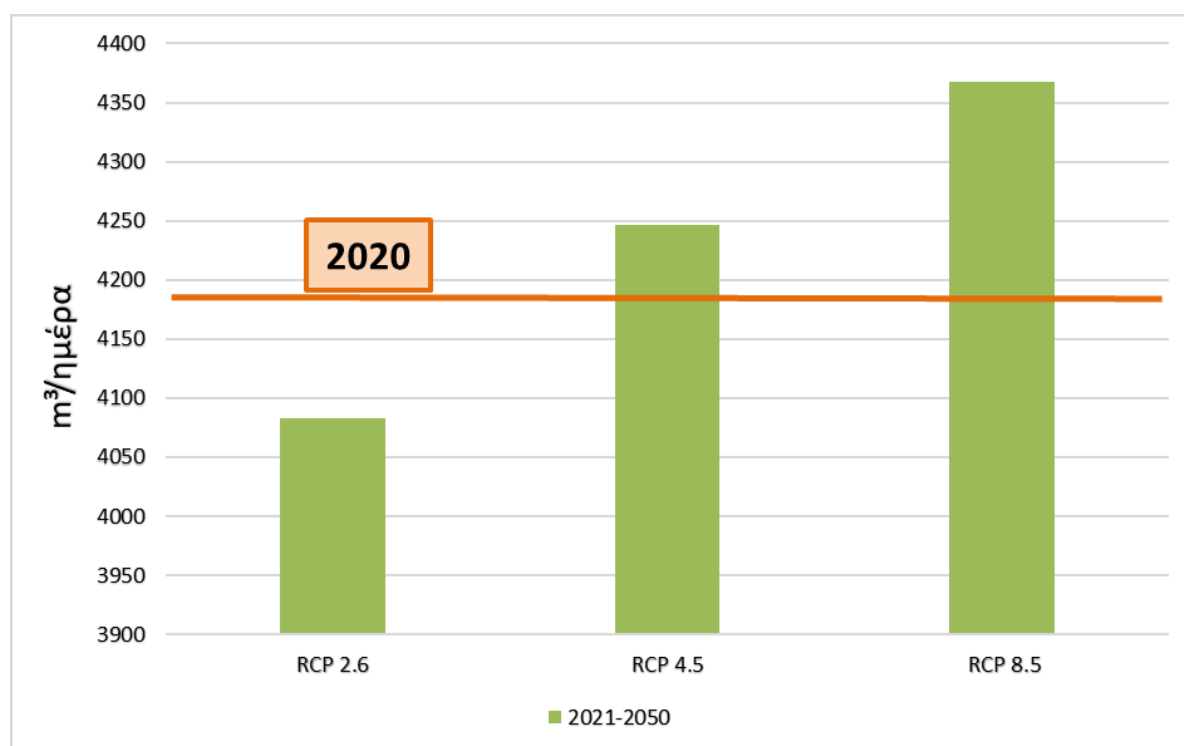
Διάγραμμα 9: Ανάλυση κατανάλωσης νερού ύδρευσης στο Δήμο Ιεράπετρας για το 2021 του σεναρίου RCP 2.6

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 9, η χρήση νερού σε επίπεδο σπιτιού (Ανάγκες οικιακής κατανάλωσης) αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης νερού ύδρευσης (περίπου 3514 m³/ημέρα). Οι

απώλειες του δικτύου ύδρευσης έχουν υπολογιστεί κατ' εκτίμηση (10%) και κυμαίνονται στα 390 m³/ημέρα. Οι ανάγκες άρδευσης, που καλύπτονται από το νερό ύδρευσης στο Δήμο Ιεράπετρας, μεταβάλλονται ανάλογα με τα επίπεδα των κατακρημνίσεων και της εξατμισοδιαπνοής. Υψηλότερο ποσοστό κατανάλωσης νερού για άρδευση παρουσιάζεται κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου τα επίπεδα βροχοπτώσεων είναι σημαντικά περιορισμένα.

Ωστόσο, κύριος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η πρόβλεψη της ζήτησης νερού ύδρευσης (για 3 κλιματικά σενάρια: RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5) στο Δήμο Ιεράπετρας, όπως αυτή υπολογίστηκε από το εργαλείο Aquacycle και παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 10. Η κόκκινη ευθεία αναπαριστά την υπάρχουσα ζήτηση (για το 2020) σε νερό ύδρευσης στο Δήμο που ανέρχεται στα 4184 m³/ημέρα.

Για το σενάριο RCP 2.6, που είναι και το σενάριο που προβλέπει τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, φαίνεται ότι η ζήτηση νερού θα είναι μικρότερη σε σχέση με τη σημερινή. Στο σενάριο RCP 4.5, για το οποίο τα αέρια του θερμοκηπίου παραμένουν σταθερά, η ζήτηση νερού αυξάνεται κατά 60 m³/ημέρα σε σχέση με το 2020. Για το σενάριο RCP 8.5, για το οποίο αυξάνονται σημαντικά τα αέρια του θερμοκηπίου, παρατηρείται σημαντική αύξηση στην κατανάλωση νερού για ύδρευση φτάνοντας σχεδόν τα 4365 m³/ημέρα.



Διάγραμμα 10: Ζήτηση νερού ύδρευσης στο Δήμο Ιεράπετρας από το 2021 έως το 2050 για 3 κλιματικά σενάρια

Η πρόβλεψη για αύξηση της ζήτησης νερού, υπό το πρίσμα των διαφορετικών κλιματικών σεναρίων (RCP 4.5 και RCP 8.5) στο Δήμο Ιεράπετρας, θεωρείται σωστή αν ληφθεί υπόψη ότι πρόκειται για ένα Δήμο με έντονη τουριστική δραστηριότητα, αλλά και υψηλές θερμοκρασίες ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες.

Εξάλλου, αναγνωρίζεται ευρέως ότι εξαιτίας των ραγδαίων μεταβολών στο κλίμα, με κυριότερη την αύξηση της θερμοκρασίας που προκαλεί φαινόμενα ξηρασίας και λειψυδρίας, οι διαθέσιμες ποσότητες νερού μειώνονται σημαντικά και η ποιότητά τους υποβαθμίζεται λόγω της υπεράντλησης των υπόγειων υδάτων. Η κλιματική αλλαγή σε συνδυασμό με τη μη ορθολογική διαχείριση του νερού είναι δυνατό να θέσει σε κίνδυνο το συνολικό οικοσύστημα.

Από την άλλη, σημαντικό πρόβλημα δημιουργούν τα υψηλά ποσοστά απωλειών νερού του δικτύου ύδρευσης που οφείλονται σε διαρροές, θραύσεις και μη εξουσιοδοτημένη χρήση νερού. Ένας επιπλέον παράγοντας αυξημένης κατανάλωσης νερού αφορά στην εξουσιοδοτημένη χρήση του νερού που δεν μετράται. Ο προσδιορισμός των απωλειών αυτών είναι δύσκολος, αφού δύσκολα εκτιμώνται οι ποσότητες που οφείλονται σε ελλιπείς μετρήσεις, δημόσια-κοινοφελής χρήση νερού, καθώς και οι ποσότητες νερού που χρησιμοποιούνται για πυρόσβεση.

Η μείωση των απωλειών από το δίκτυο ύδρευσης θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί με την εγκατάσταση ενός συστήματος δυναμικής διαχείρισης του νερού μέσω τηλεμετρίας. Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από υδρόμετρα για τη δυναμική διαχείριση και παρακολούθηση της παροχής νερού, ασύρματους μεταδότες, αναμεταδότες και συλλέκτες δεδομένων, όπως και λογισμικό συλλογής δεδομένων με σκοπό την άμεση ανίχνευση της μεταβολής της ζήτησης και τη δυνατότητα δυναμικής διαχείρισης της παρεχόμενης ποσότητας πόσιμου ύδατος στο δίκτυο.

6. Συμπεράσματα

Η μελέτη πρόβλεψης της ζήτησης πόσιμου νερού του Δήμου Ιεράπετρας πραγματοποιήθηκε με προσομοίωση του αστικού υδρολογικού κύκλου. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε για 3 κλιματικά σενάρια (RCP 2.6, 4.5, 8.5) ώστε να αναλυθεί η μεταβολή της ζήτησης πόσιμου νερού σε συνάρτηση με τις κλιματικές μεταβολές κατά τη διάρκεια μιας τριακονταετίας.

Βάσει των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης, η κύρια αιτία κατανάλωσης πόσιμου νερού στο Δήμο Ιεράπετρας είναι για οικιακή χρήση. Για το κλιματικό σενάριο RCP 2.6 (μείωση των αερίων του θερμοκηπίου), η ζήτηση πόσιμου νερού στο Δήμο θα έχει μια μικρή μείωση σε σχέση με το 2020, ενώ για το σενάριο RCP 4.5, στο οποίο οι εκπομπές παραμένουν σχεδόν σταθερές θα υπάρχει μια μικρή αύξηση της ζήτησης νερού. Η μεγαλύτερη αύξηση στη ζήτηση νερού ύδρευσης σε σχέση με το 2020 παρατηρείται στο κλιματικό σενάριο RCP 8.5, στο οποίο αυξάνονται τα αέρια του θερμοκηπίου και η ζήτηση σε νερό ύδρευσης θα φτάσει τα 4367,57 m³/ημέρα το χρονικό διάστημα 2021-2050.

Οι προσομοιώσεις δείχνουν ότι η αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου οδηγεί σε ακραία καιρικά φαινόμενα (μακρές περιόδους ξηρασίας) και αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης με αποτέλεσμα η κατανάλωση πόσιμου νερού να τείνει να αυξηθεί στις επερχόμενες δεκαετίες αν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου παραμείνουν σταθερές ή αυξηθούν. Επίσης, σύμφωνα με τα δεδομένα, που αφορούν στο Δήμο Ιεράπετρας και παραχωρήθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, παρατηρούνται περίοδοι ξηρασίας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ειδικά στα κλιματικά σενάρια RCP 4.5 και RCP 8.5 καθιστώντας τη λήψη μέτρων προσαρμογής απαραίτητη ώστε να εξασφαλίζεται η επάρκεια σε πόσιμο νερό και σε περιόδους ξηρασίας.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που αποτυπώνουν τόσο την παρούσα κατάσταση αλλά και τα κλιματικά σενάρια, μπορούν να αποτελέσουν τη βάση αναφοράς για την καταγραφή των διαφόρων τύπων κατανάλωσης νερού σε αστικό περιβάλλον. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνει έλεγχος και πρόβλεψη εκείνου του μέρους της συνολικής κατανάλωσης που οφείλεται σε προφίλ του καταναλωτή εντός ενός νοικοκυριού (συμπεριφορά καταναλωτή), του μέρους που οφείλεται στις ανάγκες άρδευσης πράσινων περιοχών και είναι συνάρτηση των κλιματικών συνθηκών και συμπεριφοράς καταναλωτή και τεχνικών παραμέτρων (όπως η κατάσταση/παλαιότητα του δικτύου ύδρευσης). Η χρήση λογισμικού σαν το Aquacycle βοηθάει τόσο στην αποτύπωση της παρούσας κατάστασης και των διαφόρων σεναρίων αλλά και μπορεί να χρησιμεύσει και ως ένα εργαλείο συνεχούς βαθμονόμησης και ανατροφοδότησης με πληροφορίες από το πραγματικό σύστημα. Αυτή η διαδικασία θα αναδείξει τα τρωτά σημεία του υδατικού ισοζυγίου που χρήζουν ελέγχου και βελτιώσεων.

Καίρια δράση προσαρμογής μπορεί να αποτελέσει η εγκατάσταση υδρομετρητών και τηλεμετρικού συστήματος στον έλεγχο τόσο των διαρροών του υδροδοτικού δικτύου όσο και στον έλεγχο της παροχής.

Μέχρι σήμερα, η διαχείριση των υδάτων στο αστικό περιβάλλον προσανατολιζόταν στην προσφορά νερού, ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες ζήτησης χωρίς τη θεώρηση των κλιματικών μεταβολών στις μελλοντικές ανάγκες ζήτησης. Κρίνεται πλέον επιτακτική αναγκή για ενσωμάτωση των κλιματικών σεναρίων και προβλέψεων της μελλοντικής ζήτησης νερού στις μελέτες υδατικών

πόρων. Υπό το πρίσμα αυτό, ο ορθολογικός σχεδιασμός της αξιοποίησης των υδατικών πόρων και της κατανομής τους στις χρήσεις και τις δραστηριότητες, δύναται να επιτυγχάνει το μέγιστο δυνατό όφελος.

Αναφορές

- «1η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΡΗΤΗΣ (ΕΛ13).» 2017.
- Copernicus Europe's eyes on Earth*. 2018. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>.
- e-ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ*. 2022. https://www.ktimanet.gr/CitizenWebApp/Orthophotographs_Page.aspx.
- e-ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑ Γεωγραφική Αναζήτηση Πληροφοριών*. 2022. <http://gis.epoleodomia.gov.gr/v11/index.html#/>.
- Loh, Michael, και Coghlan Peter. *Domestic Water Use Study In Perth, Western Australia, 1998- 2001*. Water Corporation, 2003.
- ΔΗΜΟΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ*. 2022. <http://www.ierapetra.gov.gr/>.
- Ελληνική Στατιστική Αρχή*. 2022. <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SAM03/->.
- Κάρκα, Παρασκευή. «Αξιολόγηση μεθόδων διαχείρισης και εξοικονόμησης υδάτων σε αστικές περιοχές.» Αθήνα, 2010.
- «Μελέτη Γενικού Σχεδίου Ύδρευσης (Master Plan) Δήμου Ιεράπετρας.» Παραδοτέο: Αποτύπωση - Ανάλυση - Αξιολόγηση Υφιστάμενης Κατάστασης, Αθήνα, 2022.