



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΛΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ**  
**ΜΕ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»**

**MSc: “Environment and Health. Capacity Building for Decision Making”**

**Διευθυντής ΠΜΣ**

**Νικόλαος Καβαντζάς, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ**

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΟΥΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥΣ ΤΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ**  
**ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ**

The effect of the climate change on mosquito populations of Mediterranean and the impact on humans' health.



*Πηγή: [eige.europa.eu](http://eige.europa.eu) και [www.orkin.com](http://www.orkin.com)  
τροποποιημένο*

Όνομα Ελπίδα Τόκα

Αρ. Μητρώου 20170683

Επάγγελμα/ή Ιδιότητα Βιολόγος

Επιβλέπουσα καθηγήτρια ΜΔΕ: Π. Νικολοπούλου-Σταμάτη, Ομότιμη Καθηγήτρια Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

**ΑΘΗΝΑ 2020**



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ  
ΜΕ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»**

**MSc: “Environment and Health. Capacity Building for Decision Making”**

**Διευθυντής ΠΜΣ**

**Νικόλαος Καβαντζάς, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ**

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΟΥΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥΣ ΤΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ  
ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ**

The effect of the climate change on mosquito populations of Mediterranean and the impact on humans' health.

Όνομα: Ελπίδα Τόκα

Αρ. Μητρώου: 20170683

Επάγγελμα/ή Ιδιότητα: Βιολόγος

**Τριμελής επιτροπή**

Επιβλέπουσα καθηγήτρια ΜΔΕ: Π. Νικολοπούλου-Σταμάτη, Ομότιμη Καθηγήτρια Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ  
Πρόεδρος καθηγητής ΜΔΕ: Ν. Καβαντζάς - Διευθυντής ΠΜΣ, Καθηγητής Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

Μέλος καθηγητής ΜΔΕ: Α. Χ. Λάζαρης, Καθηγητής Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

**ΑΘΗΝΑ 2020**

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστικός/ή συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί εργασία ανασκόπησης στην κλιματική αλλαγή στην Μεσόγειο και στις μεταδιδόμενες από τα κουνούπια ασθένειες.

Έμπνευση για την επιλογή του θέματος αποτέλεσαν οι προπονήσεις μου στο στάδιο στίβου, στον Ωρωπό Ατικής, όπου τα τελευταία χρόνια επιθετικά σμήνη κουνουπιών προκαλούν ιδιαίτερη όχληση και ταυτόχρονα θέτουν σε κίνδυνο της υγεία των αθλούμενων και παρευρισκόμενων στον χώρο αυτό.

Επίσημα, η εργασία ξεκίνησε τον Οκτώβρη του 2019 και ολοκληρώθηκε τον Αύγουστο του 2020, όμως στην πραγματικότητα διήρκησε πολύ λιγότερο.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την αξιότιμη κα Νικολοπούλου-Σταμάτη Πολυξένη, επιβλέπουσα καθηγήτρια στην παρούσα διπλωματική για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε για την διεκπεραίωση της εργασίας.

Επίσης, με την περάτωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να χαρίσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την στήριξη που μου παρείχε όλο αυτό το διάστημα ώστε να μπορέσω να κυνηγήσω και να πετύχω ταυτόχρονα δύο υψηλούς στόχους και στους φίλους μου που δείξανε κατανόηση...

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

[ΠΕΡΙΛΗΨΗ]	9
[ABSTRACT]	9
[ΕΙΣΑΓΩΓΗ]	10
<b>ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ</b>	<b>14</b>
<b>1. ΤΟ ΚΛΙΜΑ</b>	<b>15</b>
1.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΛΙΜΑΤΟΣ	15
1.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	15
1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ	17
<b>2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ</b>	<b>18</b>
2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	19
2.2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ (CLIMATE VARIABLILITY, CV)	19
2.3. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ (CLIMATE CHANGE, CC)	20
2.3.1 Φυσικά αίτια μεταβολής του κλίματος	20
2.3.2 Ανθρωπογενή αίτια κλιματικής αλλαγής	21
2.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ	22
2.4.1 Ακραία καιρικά φαινόμενα	22
2.4.2 Αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας	22
2.4.3 Θέρμανση των Ωκεανών	22
2.4.4 Συρρίκνωση της κρούσφαιρας	22
2.4.5 Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	23
2.4.6 Οξίνιση των ωκεανών	23
2.4.7 Αλλαγές στην Βιοποικιλότητα	23
2.5 ΣΕΝΑΡΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ (SRE)	24
<b>3. ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ</b>	<b>26</b>
3.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ	26
3.2 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ	27
3.3 ΚΛΙΜΑ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ	28
3.4 ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ	29
3.5 ΣΕΝΑΡΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ	31
<b>ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ CULICIDAE</b>	<b>32</b>
<b>4 ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ CULICIDAE</b>	<b>33</b>
4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	33
4.2. ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ & ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	34
4.2.1 Στάδιο αυγού - egg	34
4.2.2 Στάδιο προνύμφης - larva	35
4.2.3.Στάδιο νύμφης - pupa	35
4.2.4 Στάδιο ακμαίου	36
4.3 ΓΕΝΝΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ	38
4.4 ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ & ΔΙΑΤΡΟΦΗ	39
4.4.1 Τροφικές απαιτήσεις κουνουπιών	39
4.4.2. Θήρευση- Απομύζηση	40
4.5 ΠΤΗΣΗ	40
<b>5 ΓΕΝΗ ΑΚΜΑΙΩΝ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ</b>	<b>41</b>
5.1 ΥΠΟΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΑΝΟΡΗΕΛΙΝΑΕ	41
5.1.1 Γένος Anopheles	42
An. atroparvus	43
An. labranchiae	43

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

An. sacharovi	43
5.2.1 Γένος Aedes	44
Aedes albopictus	44
5.2.2. Γένος Culex	44
Culex perexiguus	45
Culex pipiens	45
Culex modestus	45
Culex Theileri	45
<b>ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΜΕΤΑΔΙΔΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΚΟΥΝΟΥΠΙΑ</b>	<b>46</b>
<b>6 ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΚΟΥΝΟΥΠΙΑ</b>	<b>47</b>
6.1 Ελονοσία (Malaria)	47
6.2 Αρμποϊοί (Arboviruses)	49
6.2.1 Δάγκειος πυρετός (Dengue fever)	50
6.2.2 Ιός Δυτικού Νείλου (West Nile Virus)	51
6.2.3 Κίτρινος πυρετός (Yellow fever)	52
6.2.4 Ιός Usutu (Usutu virus)	53
6.3 Φιλαρίαση (Filariasis)	53
6.5 Ιός Chikungunya (Chikungunya virus)	54
<b>7 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ</b>	<b>55</b>
7.1 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ.	55
7.2 ΜΕΙΩΣΗ ΕΣΤΙΩΝ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.	55
7.3 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ	55
7.4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ (BIOLOGICAL CONTROL)	56
7.4.1 Θηρευτές κουνουπιών (Mosquito predators)	56
7.4.2 Εντομοπαθογόνοι οργανισμοί (Entomopathogenic organisms)	56
7.4.3 Εκχυλίσματα φυτών (Plant-borne mosquitocites)	57
7.5 ΧΗΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ (CHEMICAL CONTROL)	57
7.6 ΓΕΝΕΤΙΚΟΣ ΈΛΕΓΧΟΣ (GENETIC CONTROL)	58
7.6.1. Τεχνική εξαπόλυσης στείρων εντόμων (SIT: sterile insect technique).	58
7.6.2 Γενετικά τροποποιημένα κουνούπια (Genetically Modified Mosquitoes, GMm)	58
<b>[ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ]</b>	<b>60</b>
<b>[ΣΥΖΗΤΗΣΗ]</b>	<b>62</b>
<b>ΑΝΑΦΟΡΕΣ</b>	<b>64</b>

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

**ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ**

<b>°C</b>	Degrees on Celsius scale/ Βαθμοί της κλίμακας Κελσίου
<b>Ae.</b>	Aedes (γένος κουνουπιών)
<b>An.</b>	Anopheles (γένος κουνουπιών)
<b>Ar</b>	Chemical element Argon/ Χημικό στοιχείο Αργό
<b>AR4</b>	4 <sup>th</sup> Assessment Report/ 4 <sup>η</sup> έκθεση αξιολόγησης
<b>CDC</b>	Centers for Disease Control and Prevention/ Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων (ΗΠΑ)
<b>CFC</b>	ChloroFluoroCarbon/ ΧλωροΦθορΆνθρακες
<b>CO</b>	Carbon monoxide/ Μονοξείδιο του άνθρακα
<b>Co</b>	Cobalt/ Κοβάλτιο
<b>CO<sub>2</sub></b>	Carbon dioxide/ Διοξείδιο του άνθρακα
<b>Cs</b>	Cesium/ Καίσιο
<b>Cx.</b>	Culex (γένος κουνουπιών)
<b>DDT</b>	p,p'-Dichloro-diphenyl-trichloroethane- χημικό εντομοαπωθητικό
<b>DEET</b>	N,N-Diethyl-meta-toluamide- χημικό εντομοαπωθητικό
<b>DF</b>	Dengue Fever/ Δάγκειος Πυρετός
<b>DHF</b>	Dengue Hemorrhagic Fever/ Δάγκειος Αιμορραγικός Πυρετός
<b>E.E.</b>	Ευρωπαϊκή Ένωση
<b>ECDC</b>	European Centers for Disease Control and Prevention/ Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων Ευρώπης
<b>GM</b>	Genetically Modified/ Γενετικά τροποποιημένο
<b>g/kg</b>	Γραμμάρια ανά κιλό/ grams per kilo
<b>IGR</b>	Insect Growth Regulators/ Ρυθμιστές Ανάπτυξης Εντόμων
<b>IPCC</b>	Intergovernmental Panel on Climate Change/ Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος
<b>MBD</b>	Mosquito-borne diseases/ Ασθένειες μεταδιδόμενες από κουνούπια
<b>MDM</b>	MeDiterranean Mountains/ Μεσογειακή ορεινή ζώνη
<b>MF</b>	Microfilariae/ Μικροφιλάριες
<b>N<sub>2</sub></b>	Chemical molecule Nitrogen/ Χημικό μόριο Άζωτο
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Nitrous oxide/ Υποξείδιο του Αζώτου
<b>NH<sub>4</sub></b>	Methane/ Μεθάνιο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

<b>NSIDC</b>	National Snow and Ice Data Center/Εθνικό κέντρο δεδομένων χιονιού και πάγου
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxygen/Οξυγόνο
<b>O<sub>3</sub></b>	Ozone/Οζόν
<b>P.</b>	Plasmodium/Πλασμώδιο
<b>P<sub>ann</sub></b>	Annual precipitation/ Ετήσια βροχόπτωση
<b>ppm</b>	Parts per meter/ μέρη ανά εκατομμύριο (αναλογία)
<b>RIDL</b>	Release of Insects Carrying a Dominant Lethal- Μέθοδος Γενετικού Ελέγχου κουνουπιών με χρήση θανατηφόρου γονιδίου
<b>SRES</b>	Special Report on Emissions Scenarios/
<b>THC</b>	Thermo-Haline Circulation / Κυκλοφορία βάσει της κλισης θερμοκρασίας
<b>T<sub>min</sub></b>	Minimum temperature/ Ελάχιστη θερμοκρασία
<b>UNEP</b>	United Nations Environmental Programme/ Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα Ηνωμένων Εθνών
<b>USUV</b>	Usutu Virus/ ιός Usutu
<b>W.</b>	Wuchereria
<b>WHO</b>	World Health Organisation/ Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
<b>WNV</b>	West Nile Virus/ Ιός Δυτικού Νείλου
<b>ΔΙΠΕ</b>	Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών
<b>μ.</b>	Meters (m) /Μέτρα
<b>χιλ.</b>	Milimeters (mm)/Χιλιοστά



**[ΠΕΡΙΛΗΨΗ]**

Το κλίμα μίας περιοχής έχει άμεση επίδραση στις ασθένειες που μεταδίδονται από τα κουνούπια (MBD) καθώς επηρεάζει τους πληθυσμούς των κουνουπιών (αφθονία, εξάπλωση, επιβίωση), τους παθογόνους οργανισμούς (χρόνος επώασης, πολλαπλασιασμός) τους ενδιάμεσους ξενιστές (αφθονία, διασπορά, συμπεριφορά) και στις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Η περιοχή της Μεσογείου δέχεται έντονες πιέσεις εξαιτίας του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, γεγονός που τη χαρακτηρίζει ως “hotspot”. Πολλές Μεσογειακές χώρες είχαν παρουσιάσει στο παρελθόν επιδημίες MBD οι οποίες σταδιακά εξαλείφθηκαν. Τα τελευταία χρόνια, η αύξηση των κρουσμάτων τέτοιων ασθενειών στην Ευρωπαϊκή Μεσόγειο σε συνδυασμό με την ενδημική προσέλευση και εγκατάσταση ακμαίων από το Νότο προκαλεί ανησυχίες για την επανεμφάνιση του προβλήματος. Στην Αμερική έχει ήδη ξεκινήσει να εφαρμόζεται η πλέον καινοτόμος μέθοδος αντιμετώπισης των κουνουπιών που αφορά στη γενετική τους μετάλλαξη. Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δεδομένα στην Φλόριντα των ΗΠΑ πρόκειται να απελευθερωθούν 750εκ. μεταλλαγμένα κουνούπια με την ελπίδα ότι θα αποτελέσουν τροχοπέδη στο ραγδαίο πολλαπλασιασμό των κουνουπιών *Ae. aegypti* τα οποία μεταφέρουν ασθένειες που απειλούν την υγεία του ανθρώπου.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Κλιματική\_αλλαγή, Κλίμα, Μεσόγειος, Κουνούπια, Ασθένειες\_κουνούπια, Μεσογειακό\_κλίμα, Ελονοσία, Ανωφελή, Αρμυιοί, Φιλάριας, Κίτρινος\_πυρετός, Δάγκειος\_πυρετός, Ιός\_δυτικού\_Νείλου, *Culex*, *Aedes*.

**[ABSTRACT]**

The area's climate has a direct effect on mosquito-borne diseases (MBD), as it affects mosquito populations (abundance, spread, survival), pathogens (incubation time, multiplication), the in between hosts (abundance, dispersion, behavior) and the interactions between them. The Mediterranean region is under intense pressure due to the climate change which characterizes the Mediterranean as "hotspot". Many Mediterranean countries have had MBD epidemics in the past, which were gradually eradicated. However, the last years the increase in cases of such diseases in the European Mediterranean combined with the endemic influx and establishment of mosquitoes from the South has raised concerns about the recurrence of the problem. America is the first continent to apply the most innovative method of mosquito control which involve GM mosquitoes. According to the latest data, 750 million of GM mosquitoes has already been approved to be released in Florida, in hope to reduce the populations of *Ae. aegypti* which transfer deadly diseases to humans.

**KEY WORDS:** Climate\_change, Climate, Mediterranean, Mosquitoes, Mosquito\_borne\_diseases, Mediterranean\_climate, Malaria, Anopheles, Arbovirus, Filaria, Yellow\_fever, Dengue\_fever, West\_Nile\_virus, *Culex*, *Aedes*

**[ΕΙΣΑΓΩΓΗ]**

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα αδιαμφισβήτητο, παγκόσμιο φαινόμενο του οποίου οι πρώτες συνέπειες είναι ήδη ορατές. Το κλίμα καθορίζεται από το κλιματικό σύστημα, δηλαδή την ατμόσφαιρα, την υδρόσφαιρα, την κρυόσφαιρα, τη βιόσφαιρα και την επιφάνεια του εδάφους. Με την πάροδο του χρόνου, η αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών των στοιχείων σε συνδυασμό με εξωτερικές δυνάμεις μεταβάλουν το κλιματικό σύστημα, ενώ παράλληλα παρέχουν την ενέργεια και τα απαραίτητα συστατικά για την διατήρησή του (Ropelewski and Arkin, 2019). Καθένα από τα παραπάνω στοιχεία του κλιματικού συστήματος καθώς και οι εξωτερικές επιρροές που δέχονται διαφέρουν στα ετερόμορφα μέρη της Γης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα διαφορετικές περιοχές να χαρακτηρίζονται από ποικιλία κλιματικών συνθηκών. Για παράδειγμα, οι περιοχές που βρίσκονται κοντά στον ισημερινό (δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία) και έχουν τροπικό κλίμα ενώ αντίθετα, οι περιοχές κοντά στους πόλους (δέχονται μειωμένη ηλιακή ακτινοβολία) χαρακτηρίζονται από ψυχρό κλίμα (Beck *et al*, 2018).

Η περιοχή της Μεσογείου εξαιτίας της γεωγραφικής της θέσης και της ιδιαίτερης τοπογραφία της παρουσιάζει ποικιλία μικροκλιμάτων (Lionello *et al*, 2012, Oliva *et al* 2018). Ταυτόχρονα, το μέσο κλίμα της χαρακτηρίζεται εύκρατο (Csa και Csb) με ήπιους χειμώνες και θερμά, ξηρά καλοκαίρια. Αυτή η μοναδικότητα του κλίματος είναι ευρέως γνωστή ως «μεσογειακό κλίμα» (Giorgi *et al*, 2007).

Με την πάροδο του χρόνου το κλιματικό σύστημα αλλάζει με αποτέλεσμα να διαφοροποιείται και το κλίμα. Παροδικές διακυμάνσεις της μέση κατάστασης του κλίματος για μία ορισμένη χρονική περίοδο ονομάζονται κλιματική μεταβλητότητα. Η κλιματική μεταβλητότητα προηγείται της κλιματική αλλαγής η οποία αφορά μακροπρόθεσμες και επίμονες μεταβολές των χαρακτηριστικών του κλίματος (WMO). Η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα φυσικό φαινόμενο που οφείλεται σε εσωτερικές διεργασίες ή εξωτερικές πιέσεις που δέχονται τα κλιματικά συστήματα. Ωστόσο, το φαινόμενο επιταχύνεται με εκθετικό ρυθμό τις τελευταίες δεκαετίες εξαιτίας ανθρωπογενών παρεμβάσεων στη φύση (IPCC, 2007).

Αποτέλεσμα της πίεση που ασκείται στο κλιματικό σύστημα από την συνέργεια των φυσικών και ανθρωπογενών διεργασιών σε αυτό, είναι τα ακραία καιρικά φαινόμενα, η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, η θέρμανση των ωκεανών, η συρρίκνωση της κρυόσφαιρας, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η οξίνιση των ωκεανών (Sabine *et. al*. 2004) και οι αλλαγές στη βιοποικιλότητα. Τα φαινόμενα αυτά αναμένεται να κατανεμηθούν σε όλη την επιφάνεια της Γης. Ωστόσο, η κατανομή δεν θα είναι ομοιόμορφη με ορισμένες περιοχές να βιώνουν πιο έντονα τα φαινόμενα αυτά από ότι άλλες. Οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται ως hotspot της κλιματικής αλλαγής.

Στις περιοχές που αποτελούν hotspot για την κλιματική αλλαγή συγκαταλέγεται και η λεκάνη της Μεσογείου. Αυτό οφείλεται τόσο στη θέση της μεταξύ τριών ηπείρων (Ευρώπη, Αφρική, Ασία), όσο και στο ηπειρωτικό της τμήμα, το οποίο έχει πλούσιο ανάγλυφο και περικλείει την ημίκλειστη θάλασσα της Μεσογείου με το πολυάριθμα νησιά και βραχονησίδες. Παράλληλα οι κλιματικές επιρροές που δέχεται από την ξηρή και ζεστή Έρημο της Αφρικής, το ψυχρό κλίμα της κεντρικής και βόρειας Ευρώπης και τον υγρό Ατλαντικό Ωκεανό την κατατάσσουν σε ένα από τα πιο ποικιλόμορφα και συνάμα ευαίσθητα οικοσυστήματα του πλανήτη (Giorgi *et al*, 2001). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η Μεσόγειος να ανταποκρίνεται άμεσα στην κλιματική

αλλαγή και σε συνδυασμό με την αναλογικά μικρή της έκταση στον χάρτη αποτελεί το τέλειο «εργαστήριο» για την μελέτη της Παγκόσμια Κλιματικής Αλλαγής και των επιπτώσεών της (Giorgi *et al*, 2001).

Μελέτες αναφορικά με την μεταβολή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας και του μέσου ύψους του νετού στην περιοχή της Μεσογείου δείχνουν μία ανησυχητικά ταχύρυθμη μεταβολή από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα (Luterbacher and Garnier, 2006). Συγκεκριμένα, η μέση ετήσια θερμοκρασία στη λεκάνη της Μεσογείου παρουσιάζει μία αυξανόμενη ανοδική τάση που εκτιμάται πως μέχρι το τέλος του 21<sup>ου</sup> αιώνα θα έχει αυξηθεί από 2,2-5,1°C αναφορικά με το διάστημα 1980-1999 (IPCC,2007, SRE A1B). Αντίθετα, το ύψος των βροχοπτώσεων παρουσιάζει δραματική μείωση τις τελευταίες δεκαετίες προκαλώντας ανησυχίες για εκτεταμένες περιόδους ξηρασίας και έλλειψη νερού στο μέλλον καθώς αναμένεται μείωση των κατακρημνίσεων έως και 30% μέχρι το τέλος του αιώνα (Antipolis, 2008).

Οι αλλαγές των κλιματικών συνθηκών έχουν άμεση επίπτωση στους ζωντανούς οργανισμούς. Ανάλογα με τον ρυθμό της κλιματικής αλλαγής και την πλαστικότητα του είδους, άλλοι οργανισμοί προσαρμόζονται στις νέες συνθήκες, ενώ άλλοι εξαναγκάζονται σε αναζήτηση περιβάλλοντος με ευνοϊκότερες συνθήκες προκειμένου να επιβιώσουν (κλιματικοί μετανάστες). Παράλληλα, η αλλαγή του κλίματος μπορεί να μεταβάλλει τα φυσικά σύνορα επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο τη εισβολή ξένων ειδών στα οικοσυστήματα (Hoffmann και Sgro, 2011). Στους χωροκατακτητικούς αυτούς οργανισμούς ανήκουν και τα κουνούπια, τα οποία παρουσιάζουν έντονη εξάπλωση τα τελευταία χρόνια.

Τα κουνούπια αποτελούν μία οικογένεια οργανισμών που έχουν έντονο υγειονομικό ενδιαφέρον. Είναι έντομα μικρά, λεπτά και ιπτάμενα τα οποία πραγματοποιούν τον κύκλο ζωής τους σε 4 στάδια: αυγό-προνύμφη-νύμφη-άκμαιο (Hickman *et al*, 2002). Τα πρώτα 3 στάδια αναπτύσσονται στο νερό, ενώ η τελική μεταμόρφωση προς άκμαιο του επιτρέπει να ζει και έξω από αυτό. Τα περισσότερα άκμια δεν απομακρύνονται ιδιαίτερα από το σημείο γέννησής τους. Η πτήση τους μπορεί να είναι τυχαία, προσανατολισμένη ή εντοπισμένη, με κοινό όμως σκοπό την αναζήτηση τροφής, συντρόφου για ζευγάρωμα ή εστίας για την απόθεση των αυγών ή την ανάπαυση (Service, 1997). Συχνά όμως, σμήνη άκμια παρασύρονται από τον άνεμο και μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις μακριά από την εστία τους (Provost, 1971).

Τα αρσενικά, τρέφονται μόνο με νέκταρ και άλλες σακχαρώδεις ουσίες από τις οποίες προμηθεύονται την απαραίτητη ενέργεια που χρειάζονται. Τα θηλυκά των αιμομυζητικών οικογενειών τρέφονται επιπλέον με αίμα, από το οποίο προμηθεύουν στα αυγά τους τις απαραίτητες πρωτεΐνες για να αναπτυχθούν. Τα αιμομυζητικά είδη των άκμια έχουν ιδιαίτερα ανεπτυγμένα τα στοματικά τους εξαρτήματα προκειμένου να πραγματοποιούν νύξεις (τσιμπήματα) στους ξενιστές τους. Στους ξενιστές των κουνουπιών ανήκουν διάφορες ομοταξίες σπονδυλωτών όπως τα αμφίβια, τα ερπετά, τα πτηνά και τα θηλαστικά. Ανάλογα με το είδος, τα άκμια μπορεί να απομυζούν αίμα από ένα ή περισσότερα είδη ξενιστών (Σαβοπούλου-Σουλτάνη και συν., 2011)

Υγειονομικής σημασίας είναι τα άκμια που τουλάχιστον ένας από τους ξενιστές τους είναι ο άνθρωπος. Σε αυτά συγκαταλέγονται τα γένη:

**Anopheles:** Τα άκμια του γένους αυτού είναι οι βασικότεροι φορείς του πλασμοδίου της ελονοσίας. Στη Μεσόγειο εντοπίζονται κυρίως τα γένη *An. atroparvus*, *An. labbranchiae*, *An. sacharovi*, *An. messeae*, *An. sergentii* και *An. superpictus* (Hay *et al*, 2010)

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

**Aedes:** Τα άκμια αυτού του γένους ευθύνονται για την μετάδοση ασθενειών όπως ο κίτρινος πυρετός, ο δάγκειος πυρετός, οι εγκεφαλίτιδες αλλά και φιλαριάσεις. Μεγάλη εξάπλωση στη Μεσόγειο έχουν τα είδη *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus*, *Ae. koreicus*, *Ae. japonicas* (Aedes-ECDC, 2020).

**Culex:** Σε αυτό το γένος συγκαταλέγονται τα περισσότερα είδη. Είναι φορείς αρμοπιών που ευθύνονται για εγκεφαλίτιδες, τον πυρετό του Δυτικού Νείλου, ενώ στις τροπικές μόνο περιοχές μεταφέρουν φιλάριες. Στα αστικά κέντρα το άκμια του γένους αυτού προκαλούν ιδιαίτερη όχληση με τις νύξεις τους. Τα σημαντικότερα είδη στη Μεσόγειο είναι τα *Cx. perexiguus*, *Cx. ripiens*, *Cx. modestus* και *Cx. theileri*.

Εκτός από την εξάπλωση των κουνουπιών σε νέες περιοχές, το κλίμα αποτελεί επίσης σημαντικό και καθοριστικό παράγοντα στην μετάδοση ασθενειών καθώς επηρεάζει (i) την επιβίωση και την αναπαραγωγή των ακμίων, (ii) την συχνότητα των νύξεων και (iii) τον ρυθμό επώασης του παθογόνου μέσα στον οργανισμό του φορέα (WHO,2003).

Σύμφωνα με στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, τουλάχιστον ο μισός πληθυσμός της Γης κινδυνεύει να προσβληθεί από ασθένειες που μεταδίδονται από τα κουνούπια (MBD). Κάθε χρόνο καταγράφονται εκατοντάδες χιλιάδες κρούσματα τέτοιων ασθενειών ενώ εκατομμύρια ανθρώπων πεθαίνουν (WHO, 2009). Οι περισσότερες από αυτές τις ασθένειες κατανέμονται σε υποανάπτυκτες χώρες με τροπικό ή υποτροπικό κλίμα (Αφρική, ΝΑ Ασία, Κ. και Ν. Αμερική), όπου και παρατηρούνται τα περισσότερα είδη κουνουπιών. Όμως, τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί σημαντική επέκταση των κουνουπιών και κατά συνέπεια των MBD.

Οι κυριότερες MBD που προκαλούν ανησυχία στις χώρες της Μεσογείου είναι:

- A) Η ελονοσία
- B) Ο Δάγκειος πυρετός
- Γ) Ο πυρετός του Δυτικού Νείλου
- Δ) Ο κίτρινος πυρετός
- E) Οι φιλαριάσεις
- ΣΤ) Η μηνιγγοεγκεφαλίτιδες

Ορισμένες από τις παραπάνω ασθένειες είναι ιάσιμες ενώ προληπτικός εμβολιασμός υπάρχει μόνο για τον κίτρινο πυρετό (Gardner and Ryman, 2010). Για το λόγο αυτό η αντιμετώπιση των κουνουπιών γίνεται κυρίως με προληπτικά μέτρα και μεθόδους.

Στόχος αυτών των μεθόδων είναι η μείωση των εστιών αναπαραγωγής και η παρεμπόδιση των κουνουπιών να πραγματοποιήσουν νύξεις. Για την αποτελεσματική αντιμετώπιση, είναι απαραίτητο να τακτοποιηθούν πρώτα τα είδη της περιοχής και να προσδιοριστεί η δυναμική και το μέγεθος του πληθυσμού. Ακολούθως μπορούν να χρησιμοποιηθούν μηχανικές, βιολογικές, χημικές ή γενετικές μέθοδοι για την μείωση των πληθυσμών στο αποδεκτό όριο.

Οι μηχανικές μέθοδοι αφορούν κυρίως στην αποφυγή δημιουργίας νέων εστιών αναπαραγωγής. Ακόμα περιλαμβάνουν τεχνικές και παγίδες που δεν επιτρέπουν στα άκμια να έρθουν σε επαφή με στάσιμο νερό ή με τον άνθρωπο.

Οι βιολογικές μέθοδοι χρησιμοποιούν φυσικούς εχθρούς των κουνουπιών, οι οποίοι συμβάλουν στην μείωση του πληθυσμού τους οικολογικά και αποτελεσματικά. Τέτοια

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

παραδείγματα είναι οι θηρευτές κουνουπιών που περιλαμβάνουν λαβροφάγα και «κουνουποφάγα» ζώα όπως μερικά είδη ψαριών, γυρίνων, κωπήποδων ή άλλων εντόμων που τρέφονται με τις νύμφες ή αμφιβίων που τρέφονται με τα άκμια, αντίστοιχα. Στους θηρευτές κουνουπιών ανήκουν και ορισμένα σαρκοφάγα φυτά. Μία άλλη βιολογική μέθοδος καταπολέμησης των κουνουπιών είναι οι εντομοπαθογόνοι οργανισμοί. Σε αυτούς ανήκουν ορισμένα βακτήρια ή μύκητες τα οποία προσβάλλουν τα κουνούπια στο στάδιο της προνύμφης ή του ακμαίου, αντίστοιχα, οδηγώντας το στον θάνατο. Επίσης, πολλά εκχυλίσματα φυτών έχουν εντομοκτόνο ή εντομοαπωθητική δράση.

Οι χημικές μέθοδοι είναι συχνά πιο ισχυρές από τις δύο προηγούμενες, όμως είναι ιδιαίτερα επιβαρυντικές για το περιβάλλον και τους υπόλοιπους οργανισμούς συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου. Περιλαμβάνουν τη χρήση εντομοκτόνων ή εντομοαπωθητικών ουσιών οι οποίες στοχεύουν στο νευρικό, ανοσοποιητικό ή αναπαραγωγικό σύστημα του κουνουπιού. Οι ουσίες αυτές μπορούν εύκολα να εισέλθουν στην τροφική αλυσίδα είτε με τη άμεση κατανάλωση των κουνουπιών από ανώτερους καταναλωτές και στην συνέχεια με το φαινόμενο της βιοσυσσωρευσης, είτε έμμεσα σε περίπτωση που καταλήξουν στους υδροφόρους ορίζοντες.

Τέλος, ο γενετικός έλεγχος συνιστά μία από τις πιο πρόσφατες και πολλά υποσχόμενες μεθόδους για την αντιμετώπιση των κουνουπιών. Η μέθοδος αυτή επιδρά στο DNA των κουνουπιών προκαλώντας στειρότητα ή πρόωρη θνησιμότητα. Η μέθοδος πρόκλησης στειρότητας πραγματοποιείται στα αρσενικά άκμια με τη χρήση ακτινοβολίας και έχει ήδη χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για την αντιμετώπιση της ελονοσίας. Η πρόκληση πρόωρης θνησιμότητας στα άκμια αποτελεί την πιο πρόσφατη και ελπιδοφόρο μέθοδο καταπολέμησης των άκμιαων και πραγματοποιείται με τη χρήση μοριακών, επεμβατικών στο DNA τεχνικών. Και στις δύο περιπτώσεις, τα στειρωμένα ή διαγονιδιακά άκμια απελευθερώνονται στη φύση όπου και πραγματοποιείται σύζευξη με τους φυσικούς πληθυσμούς.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανασκόπησης επιστημονικών μελετών που έχουν γίνει για την μεταβολή του κλίματος της Μεσογείου αλλά και την μεταβολή των πληθυσμών κουνουπιών υγειονομικού ενδιαφέροντος στην περιοχή αυτή. Στη συνέχεια θα γίνει μία προσπάθεια συσχέτισης των παραπάνω αποτελεσμάτων προκειμένου να διεξαχθεί κάποιο συμπέρασμα αναφορικά με την επίδραση του κλίματος στους πληθυσμούς των κουνουπιών υγειονομικού ενδιαφέροντος στη Μεσόγειο.

**ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ**

*ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ*

*ΑΛΛΑΓΗ*

## 1. ΤΟ ΚΛΙΜΑ

Το κλίμα (climate) είναι ένας όρος, που συνδέεται στενά με τον καιρό και τα καιρικά φαινόμενα. Ο καιρός (weather), δηλαδή οι καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, ηλιοφάνεια, άνεμοι κ.λπ.) που επικρατούν σε μία συγκεκριμένη περιοχή, είναι δυνατό να μεταβάλλονται μέσα σε λίγες ώρες, μέρες, μήνες ή και μέσα στο έτος. Αντίθετα, το κλίμα παρουσιάζει μία μέση κατάσταση των καιρικών συνθηκών, που επικρατούν σε μία συγκεκριμένη περιοχή για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Για να προσδιοριστεί το κλίμα χρειάζεται μία μακροπρόθεσμη παρακολούθηση και καταγραφή των καιρικών συνθηκών της εκάστοτε περιοχής. (Caryl- Sue, 2017). Ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (World Meteorological Organisation, WMO) έχει προτείνει μία περίοδο καταγραφής τουλάχιστον 30 ετών ώστε να προσδιορίσει το κλίμα. (WMO, 2020)

### 1.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

Για τον προσδιορισμό του κλίματος μίας περιοχής λαμβάνονται κυρίως υπ' όψιν η μέση θερμοκρασία (θερμό, ψυχρό, εύκρατο) και η βροχόπτωση ή υετός (υγρό, ερήμου) της περιοχής που μελετάται. Άλλα χαρακτηριστικά του κλίματος είναι η υγρασία, οι νεφώσεις, οι άνεμοι, η ομίχλη και η ατμοσφαιρική πίεση. Συχνά ο προσδιορισμός του κλίματος προκύπτει με συνδυασμό των παραπάνω χαρακτηριστικών, ενώ οι μεταβολές τους μέσα στη μέρα, μεταξύ μέρας- νύχτας και οι εποχικές μεταβολές βοηθούν στον προσδιορισμό συγκεκριμένων ειδών κλίματος.

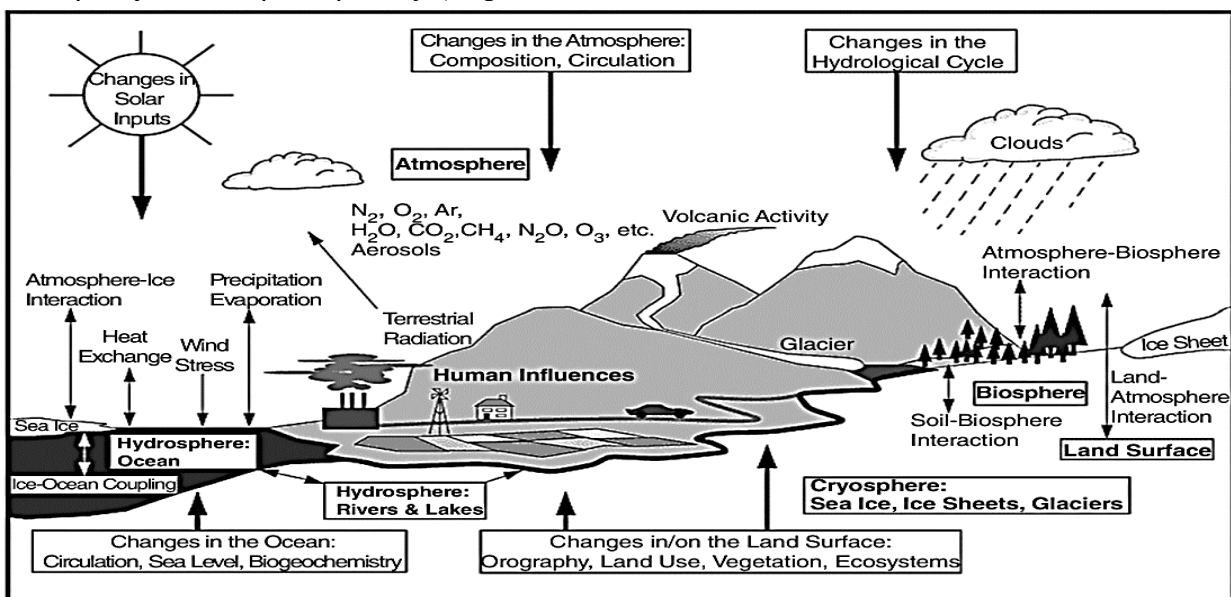
### 1.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το κλίμα καθορίζεται από το κλιματικό σύστημα μιας περιοχής το οποίο αποτελείται από πέντε βασικά στοιχεία: την ατμόσφαιρα, την υδρόσφαιρα, την κρυόσφαιρα, την επιφάνεια του εδάφους και τη βιόσφαιρα καθώς και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις (WMO, 2020).

- a. **Ατμόσφαιρα:** είναι το πιο ασταθές και μεταβλητό μέρος του κλιματικού συστήματος. Αυτό οφείλεται τόσο στη σύσταση της ατμόσφαιρας αλλά και στην κίνηση των αέριων μαζών που περικλείουν την Γη. Η σύσταση επηρεάζεται έντονα από εξωτερικούς φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται το ποσοστό δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας από αυτή. Η κίνηση των αέριων μαζών επηρεάζει την αστάθεια της ατμόσφαιρας καθώς δύναται να επιταχύνει της μεταβολές στη σύστασή της (Ropelewski and Arkin, 2019).
- b. **Υδρόσφαιρα:** περιλαμβάνει το σύνολο των υγρών στοιχείων του πλανήτη. Από τους ωκεανούς που καλύπτουν το 70% περίπου της επιφάνειας της Γης έως τα υπόγεια ύδατα και το πιο μικρό ρυάκι. Οι ωκεανοί, λόγω του όγκου τους μπορούν και αποθηκεύουν μεγάλα ποσά διοξειδίου του άνθρακα, καθώς αυτό διαλύεται στο υγρό στοιχείο ενώ παράλληλα μεταφέρουν μεγάλα ποσά ενέργειας. Σε αντίθεση με την ατμόσφαιρα, η κυκλοφορία του νερού γίνεται με πολύ πιο αργούς ρυθμούς καθώς εξαρτάται τόσο από την διαφορά στην πυκνότητα που οφείλεται στην θερμοκρασίας και την αλατότητα (thermohaline circulation, THC) (Ropelewski and Arkin, 2019).
- c. **Κρυόσφαιρα:** Οι παγετώνες αντανακλούν τις ακτίνες του ήλιου, επιστρέφοντας μεγάλο μέρος της ενέργειάς του πίσω στο διάστημα. Επίσης, η θερμική αγωγιμότητα του πάγου και το μόνιμα παγωμένο έδαφος (permafrost) επηρεάζουν έντονα την θερμοκρασία του περιβάλλοντος ενισχύοντας με αυτόν τον τρόπο τη ροή του θερμοκλινούς (WMO, 2020).

- d. Επιφάνεια εδάφους:** Η τοπογραφία, η βλάστηση και η «υφή» του εδάφους παίζουν καθοριστικό ρόλο στον τρόπο, με τον οποίο η Γη διαχειρίζεται την ενέργεια που φτάνει στην επιφάνειά της από τον Ήλιο. Η αφθονία των φυτών και το είδος της επιφάνειας του εδάφους (λ.χ. αμμώδης, χωμάτινη, ασφάλτινη κ.α.) αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που καθορίζουν την εξάτμιση του νερού, ενώ η ύπαρξη βράχων, χαραδρών κ.λπ. (τοπογραφία) επηρεάζει τη δύναμη και την κατεύθυνση των ανέμων (WMO, 2020).
- e. Βιόσφαιρα:** αποτελεί το άθροισμα των οικοσυστημάτων, δηλαδή όλων των έμβιων οργανισμών και άβιων συστατικών από τα οποία εξαρτάται η ζωή. Επηρεάζει σημαντικά το κλίμα της Γης, μέσω της «ρύθμισης» των αερίων του θερμοκηπίου αλλά και με τον τρόπο που μεταβάλλουν τη διαμόρφωση του εδάφους. Συγκεκριμένα, μέσω της φωτοσύνθεσης τα φυτά ρυθμίζουν τον κύκλο του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα ενώ τα δάση και οι ωκεανοί λειτουργούν ως συλλέκτες άνθρακα διατηρώντας ένα πιο δροσερό κλίμα. Οι ζωντανοί οργανισμοί της ξηράς μεταβάλλουν το τοπίο, τόσο μέσω της φυσικής ανάπτυξης όσο και με τη δημιουργία δομών όπως λαγούμια, φράγματα και αναχώματα. Αυτά τα αλλοιωμένα τοπία μπορούν να επηρεάσουν τις καιρικές συνθήκες όπως τον άνεμο, τη διάβρωση και τη θερμοκρασία (Ropelewski and Arkin, 2019).

Το κλιματικό σύστημα εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου υπό την επίδραση της εσωτερικής του δυναμικής και λόγω εξωτερικών δυνάμεων όπως ηφαιστειακές εκρήξεις, ηλιακές παραλλαγές και ανθρώπινες πιέσεις όπως η μεταβαλλόμενη σύνθεση της ατμόσφαιρας και η αλλαγή χρήσης της γης (WMO, 2020). Είναι ένα ιδιαίτερα σύνθετο και δυναμικό σύστημα καθώς οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των στοιχείων του, είναι αυτές που το ανατροφοδοτούν τόσο με ενέργεια όσο και με τα απαραίτητα συστατικά ώστε να διατηρούνται η ροή του και οι επιμέρους κύκλοι του (κύκλος νερού, άνθρακα, αζώτου κ.λπ.). Στο σχεδιάγραμμα 1 που ακολουθεί απεικονίζεται το κλιματικό σύστημα με τους επιμέρους κύκλους του και τις εσωτερικές του αλληλεπιδράσεις. (Ropelewski and Arkin, 2019).



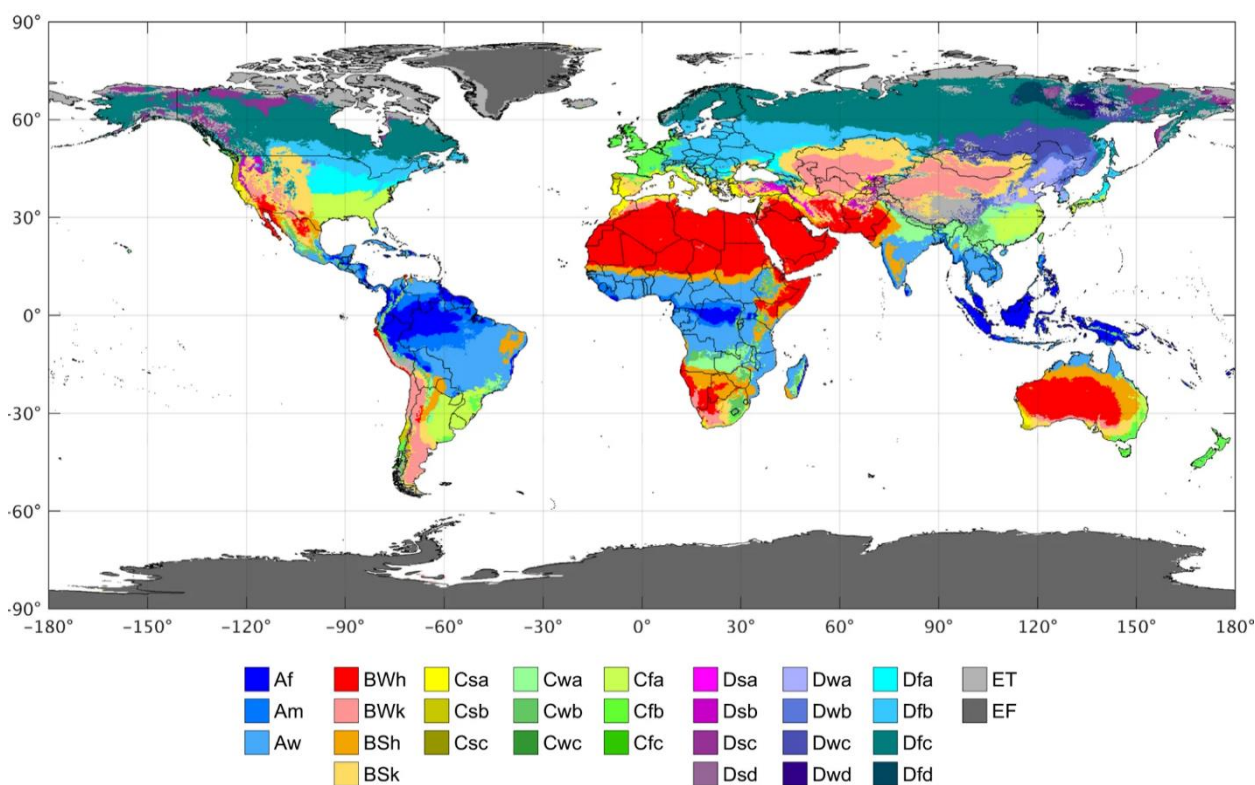
Σχεδιάγραμμα 1. Αναπαράσταση κλιματικού συστήματος. Με τα διπλά βέλη απεικονίζονται οι αμφίδρομες εσωτερικές αλληλεπιδράσεις ενώ με τα έντονα μαύρα βέλη οι αλλαγές που προκύπτουν (Ahlonson *et al*, 2001).



### 1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

Διάφορα μέρη του κόσμου έχουν διαφορετικά κλίματα. Από τα τροπικά δάση με τις συχνές βροχές και τις ξηρές, καυτές ερήμους, μέχρι τους παγωμένους πόλους του πλανήτη μας παρεμβάλλονται διάφορα κλίματα που αποτελούν πηγή της βιοποικιλότητας και της γεωλογικής μας κληρονομιάς. Η διαίρεση των κλιμάτων της γης σε ένα παγκόσμιο σύστημα συνεχόμενων περιοχών, καθεμιά από τις οποίες ορίζεται από σχετική ομοιογένεια στα κλιματικά στοιχεία, ονομάζεται κλιματική ταξινόμηση (climate classification). (Μαμάσης, 2011)

Το πιο γνωστό σύστημα ταξινόμησης του κλίματος αναπτύχθηκε το 1900 από τον Ρωσο-Γερμανό επιστήμονα Wladimir Köppen (Kottek *et al*, 2006). Σήμερα είναι ευρέως γνωστό ως σύστημα Köppen-Geiger και χρησιμοποιείται σε πολλές μελέτες και εφαρμογές, μεταξύ αυτών και η εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η ταξινόμηση σε αυτό το σύστημα βασίζεται κατά κύριο λόγο στην βλάστηση, καθώς θεωρείται πως η βλάστηση μιας περιοχής είναι το «παγωμένο, ορατό κλίμα» της (Köppen, 1936). Περιλαμβάνει 5 βασικές κλιματικές κατηγορίες ή ζώνες (A, B, C, D, E) και 30 υπο-τύπους, όπως φαίνεται στον χάρτη 1 (Beck, 2018). Πρόσφατα προστέθηκε η ζώνη H για τις ορεινές περιοχές με μεγάλο υψόμετρο. Τα κριτήρια για τους υπο-τύπους βασίζονται σε χαρακτηριστικά όπως η θερμοκρασία, η ξηρασία και πιο εξειδικευμένα χαρακτηριστικά για τη συγκεκριμένη ζώνη (Caryl-Sue, 2017).



**Χάρτης 1:** Σύστημα κλιματικής ταξινόμησης Köppen -Geiger. Ο χάρτης αντιστοιχεί στην περίοδο 1980-2016. Το χρωματικό σχήμα καθιερώθηκε για πρώτη φορά το 2007 από τους Peel, Finlayson και McMahon. (Beck *et al*, 2018, Peel *et al*, 2007). Ζώνη- αποχρώσεις: Ζώνη A- μπλε, Ζώνη B- κόκκινο, ροζ, πορτοκαλί, Ζώνη C- πράσινο, Ζώνη D- μωβ, γαλάζιο, Ζώνη E- γκρι.

**Ζώνη A: Τροπικό ή ισημερινό (Tropical or Equator).** Περιλαμβάνει το Μουσωνικό (Monsoon) κλίμα, το κλίμα των Τροπικών δασών (Rainforest) και το κλίμα της Σαββάνας (Savannah). Χαρακτηριστικό της ζώνης η ελάχιστη θερμοκρασία,  $T_{min} \geq +18 \text{ }^\circ\text{C}$

**Ζώνη B: Ξηρό (Arid).** Περιλαμβάνει τα κλίματα της Στέπας (Steppe) και της Ερήμου (Desert). Χαρακτηρίζεται από χαμηλή βροχόπτωση με μεγάλη μεταβλητότητα ( $P_{ann} < 10 P_{th}$ ).

**Ζώνη C: Εύκρατο (Temperate).** Χαρακτηρίζεται από τους ήπιους χειμώνες με την ελάχιστη θερμοκρασία να κυμαίνεται μεταξύ  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  έως  $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-3\text{ }^{\circ}\text{C} < T_{min} < +18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Μεταξύ των υπο-τύπων είναι και το Μεσογειακό κλίμα (Mediterranean) που εντοπίζεται στη λεκάνη της Μεσογείου και χαρακτηρίζεται από θερμά- υγρά καλοκαίρια και βροχερούς χειμώνες.

**Ζώνη D: Ψυχρό (Cold).** Το συναντάμε συνήθως στο εσωτερικό μεγάλων Ηπείρων. Το εύρος της θερμοκρασίας σε ετήσια και ημερήσια βάση είναι μεγάλο.

**Ζώνη E: Πολικό (Polar).** Περιλαμβάνει το κλίμα της Τούνδρας (Tundra) και το Παγωμένο (Frost). Η μέγιστη θερμοκρασία της Ζώνης δεν ξεπερνά τους  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $T_{max} < +10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). (Kottek *et al*, 2006, Beck *et al*, 2018).

**Ζώνη H: Ορεινό (Highlands).** Το κλίμα ρυθμίζεται κυρίως από το υψόμετρο. Χαρακτηρίζεται από χαμηλή πίεση και έντονη ηλιακή ακτινοβολία. (Μαμάσης, 2011).

## 2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Ο μέσος όρος των κλιμάτων των επιμέρους περιοχών ονομάζεται κλίμα της Γης. Όπως μεταβάλλονται τα τοπικά κλίματα, αντίστοιχα, με πιο αργούς ρυθμούς αλλάζει και το κλίμα ολόκληρου του πλανήτη. Παρότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα φυσικό φαινόμενο που συνέβαινε ανέκαθεν, (NASA Facts, 2009) η τρέχουσα τάση αύξησης της θερμοκρασίας έχει ιδιαίτερη σημασία καθώς ο ρυθμός της είναι πρωτοφανής για την ανθρωπότητα. Για τον λόγο αυτό πιθανολογείται (>97%) η τρέχουσα κλιματική αλλαγή να είναι το αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας από τα μέσα του 20ου αιώνα έως σήμερα (Santer *et al.*, 1996).

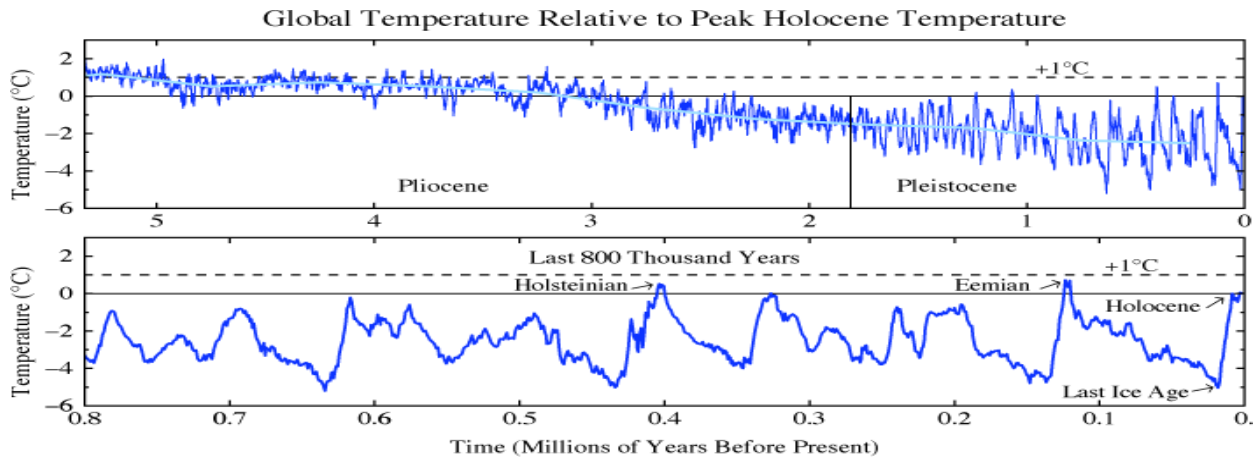
### 2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Το κλίμα της Γης δεν ήταν ποτέ σταθερό. Από παλαιοντολογικά ευρήματα είναι γνωστό πως το κλίμα της Γης είχε πολλές εναλλαγές θερμών και ψυχρών περιόδων, καθεμία από τις οποίες διαρκούσε χιλιάδες χρόνια. Ήδη, τα τελευταία 650.000 χρόνια παρατηρήθηκαν 7 εναλλαγές παγετώνων και θερμών περιόδων. Αυτές, οφείλονταν κυρίως σε διακυμάνσεις της ηλιακής ακτινοβολίας που δεχόταν η Γη, εξαιτίας μικρών μεταβολών της τροχιάς της γύρω από τον ήλιο (NASA Facts-how do we know).

Στο Σχεδιάγραμμα 2 που ακολουθεί φαίνονται οι μεταβολές της παγκόσμιας θερμοκρασίας σε σχέση με τη μέγιστη θερμοκρασία της Ολόκαινου περιόδου, όπως αποκαλύπτεται από τους πυρήνες των ωκεανών (Hansen and Sato, 2011).

Η σχετική σταθεροποίηση του κλίματος έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του ανθρώπινου πολιτισμού, κατά το Ολόκαινο (Holocene), περίπου 10.000 χρόνια πριν ((Hansen and Sato, 2011). Όμως, παρά τη σημαντική, γενική σταθεροποίηση των καιρικών συνθηκών,

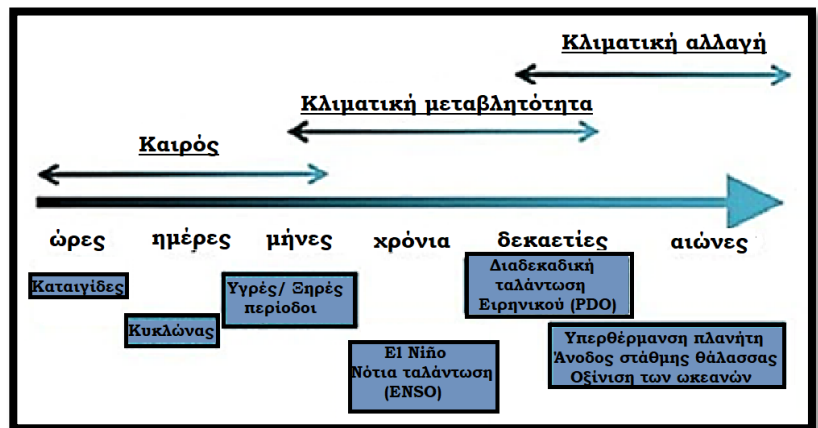
οι κλιματικές μεταβολές συνεχίστηκαν. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν έως και έξι περίοδοι σημαντικής αλλαγής του κλίματος κατά τις χρονικές περιόδους 9000–8000, 6000–5000, 4200–3800, 3500–2500, 1200–1000 και 600–150 π.Χ. Οι περισσότερες από αυτές τις περιόδους χαρακτηρίστηκαν από πολικό κρύο, τροπική ξηρότητα και σημαντικές αλλαγές στην ατμοσφαιρική κυκλοφορία. Οι διαταραχές των κλιματικών συνθηκών, αρκετές φορές συμπίπτουν με έντονες «κρίσεις» του πολιτισμού, γεγονός που απεικονίζει τη σημασία της μεταβλητότητας του κλίματος για την ευημερία των ανθρώπων ή ακόμα και την διατήρηση της υπάρχουσας ζωής στην Γη. (Mayewski *et al*, 2004)



Σχεδιάγραμμα 2: Μεταβολές παγκόσμιας θερμοκρασίας σε σχέση με τη μέγιστη θερμοκρασία της Ολόκαινου περιόδου, με βάση τους πυρήνες των ωκεανών (Hansen and Sato, 2011).

## 2.2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ (CLIMATE VARIABILITY, CV)

Μεταξύ των βραχυπρόθεσμων μεταβολών του καιρού και των ιδιαίτερα μακροπρόθεσμων διαδικασιών που χαρακτηρίζουν το κλίμα, παρεμβάλλεται η κλιματική μεταβλητότητα (Σχεδιάγραμμα 3). Ο όρος αυτός αναφέρεται στις διακυμάνσεις της μέσης κατάστασης και στατιστικών στοιχείων του κλίματος (όπως τυπικές αποκλίσεις, εμφάνιση ακραίων φαινομένων κλπ.) σε όλες τις χρονικές και χωρικές κλίμακες πέραν αυτής των μεμονωμένων καιρικών γεγονότων. Συχνά υποδηλώνει αποκλίσεις των κλιματικών στατιστικών σε μία δεδομένη χρονική περίοδο (π.χ. σε ένα μήνα, σεζόν ή έτος) από τις μακροπρόθεσμες στατιστικές που σχετίζονται με την αντίστοιχη ημερολογιακή περίοδο. Υπό αυτήν την έννοια, η κλιματική μεταβλητότητα μετράται από εκείνες τις αποκλίσεις, οι οποίες συνήθως ονομάζονται «ανωμαλίες». Η κλιματική μεταβλητότητα μπορεί να διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι είναι αποτέλεσμα τόσο



Σχεδιάγραμμα 3: Χρονικές βαθμίδες καιρού, κλιματικής μεταβλητότητας και κλιματικής αλλαγής. (Πηγή: Australia Climate Change Science and Adaptation Planning Programme)

των φυσικών, εσωτερικών διεργασιών μέσα στο κλιματικό σύστημα όσο και ανθρωπογενών εξωτερικών πιέσεων. (WMO, 2020)

### 2.3. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ (CLIMATE CHANGE, CC)

Σε αντίθεση με την κλιματική μεταβλητότητα, όπου τα ασυνήθιστα καιρικά φαινόμενα είναι παροδικά και σύντομα, στην κλιματική αλλαγή τα γεγονότα αυτά είναι περισσότερο επίμονα και συχνά. Πιο συγκεκριμένα, η κλιματική αλλαγή αναφέρεται σε μια στατιστικά σημαντική διακύμανση είτε στη μέση κατάσταση του κλίματος είτε στη μεταβλητότητά του, που παραμένει για παρατεταμένη περίοδο (συνήθως δεκαετίες ή περισσότερο). Με άλλα λόγια, μόνο μια επίμονη σειρά ασυνήθιστων γεγονότων που λαμβάνονται στο πλαίσιο των περιφερειακών κλιματικών παραμέτρων μπορεί να υποδηλώσει μια πιθανή αλλαγή στη συμπεριφορά του κλίματος. (WMO, 2020)

Η αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος οφείλεται τόσο σε φυσικούς παράγοντες (φυσικές εσωτερικές διεργασίες ή εξωτερικές πιέσεις), όσο και σε ανθρωπογενείς (επίμονες ανθρωπογενείς αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας ή στη χρήση γης). (Solomon *et al.*, 2007)

#### 2.3.1 Φυσικά αίτια μεταβολής του κλίματος

Η ατμόσφαιρα είναι ένα μείγμα αερίων κυρίως άζωτο ( $N_2$ ), οξυγόνο ( $O_2$ ), αργό (Ar) και νερό σε μορφή νεφών, σταγονιδίων ή κρυστάλλων. Επιπλέον περιέχει ένα ελάχιστο ποσοστό (<1%), από αέρια που έχουν την ικανότητα να απορροφούν και να εκπέμπουν υπέρυθρη ακτινοβολία. Αυτά είναι το διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ), το μεθάνιο ( $NH_4$ ), το υποξείδιο του αζώτου ( $N_2O$ ) και το ατμοσφαιρικό όζον ( $O_3$ ) που στο σύνολό τους ονομάζονται «αέρια του θερμοκηπίου».

Τα αέρια του θερμοκηπίου απορροφούν την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης, την ατμόσφαιρα και τα σύννεφα και την επανεκπέμπουν, στη συνέχεια, προς όλες τις κατευθύνσεις. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μία ανοδική μεταφορά υπέρυθρης ακτινοβολίας από τα θερμότερα επίπεδα, κοντά στην επιφάνεια της Γης, προς τα ψυχρότερα που αντιστοιχούν στα υψηλότερα υψόμετρα. Το αποτέλεσμα αυτής της ροής ενέργειας είναι η θερμότητα να παγιδεύεται στην ατμόσφαιρα της Γης. Ο μηχανισμός αυτός ονομάζεται φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου και είναι μέρος της ενεργειακής ισορροπίας της Γης.

Σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή ισορροπία της Γης έχουν και τα σύννεφα. Ανάλογα με το ύψος, τον τύπο και τις οπτικές ιδιότητές τους, τα νέφη μπορούν να ενισχύσουν ή να αντισταθμίσουν το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου. Στην πρώτη περίπτωση απορροφούν και επανεκπέμπουν την υπέρυθρη ακτινοβολία, όπως τα αέρια του θερμοκηπίου. Στην δεύτερη, που είναι και πιο συχνή, τα σύννεφα λειτουργούν ως φωτεινοί ανακλαστήρες της ηλιακής ακτινοβολίας, μειώνοντας έτσι την θερμότητα που παγιδεύεται στην ατμόσφαιρα.

Εξωτερικές πιέσεις και εσωτερικές διακυμάνσεις μπορούν να επηρεάσουν έντονα το κλίμα. Από τις σημαντικότερες εξωτερικές πιέσεις είναι οι μεγάλες ποσότητες αερίων, όπως το  $CO_2$ , που εκλύονται τόσο από ηφαιστειακές εκρήξεις όσο και από μεγάλες πυρκαγιές και αυξάνουν την συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Άλλες εξωτερικές πιέσεις που αναγκάζουν το κλίμα να αντιδράσει για να αποκαταστήσει την ισορροπία του είναι οι φυσικές διακυμάνσεις στην ακτινοβολία, οι αλλαγές στην τροχιά της Γης και οι μεταβολές των ωκεανών. Οι εσωτερικές αλληλεπιδράσεις, αναφέρονται κυρίως στη δυναμική σχέση μεταξύ των στοιχείων του κλιματικού συστήματος που ανταποκρίνονται με διαφορετικούς ρυθμούς και μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές κλιματικές διακυμάνσεις (π.χ. ακραία φαινόμενα).

Αξίζει να σημειωθεί πως το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου απαιτεί μία βαθμιαία μείωση της θερμοκρασίας όσο αυξάνει το υψόμετρο, ώστε να είναι δυνατή η κίνηση των αέριων μαζών εξαιτίας της διαφοράς στη συγκέντρωσή τους. Επίσης, στην ενεργειακή ισορροπία της Γης οφείλεται η διατήρηση της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης κατά μέσο όρο στους 14°C. Φυσικά υπάρχουν επιπλέον συστήματα που συμβάλουν σε αυτή τη διατήρηση, όπως είναι το στρώμα του Όζοντος οι πολλαπλές αλληλεπιδράσεις της Βιόσφαιρας με την ατμόσφαιρα και των άλλων στοιχείων του κλιματικού συστήματος, κ.α. (Ahlonson *et al*, 2001)

### 2.3.2 Ανθρωπογενή αίτια κλιματικής αλλαγής

Οι περισσότεροι επιστήμονες υποστηρίζουν πως η πρόσφατη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, δεν μπορεί να αποδοθεί αποκλειστικά σε φυσικά αίτια (Santer *et al*, 1996). Ο άνθρωπος, όπως όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί, επηρεάζει το περιβάλλον του και το κλιματικό σύστημα με ποικίλους τρόπους. Χάρη στην πρόοδο της επιστήμης και της τεχνολογίας, είναι πλέον δυνατό να διακρίνουμε αρκετά στοιχεία που προδίδουν την ανθρωπογενή παρέμβαση στο κλιματικό σύστημα.

Η πρώτη σημαντική και οφθαλμοφανής ανθρωπογενής παρέμβαση στο κλιματικό σύστημα, έλαβε χώρα στα μέσα του 18<sup>ου</sup> αιώνα με την Βιομηχανική Επανάσταση. Για περίπου χίλια χρόνια πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση, το ποσοστό των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα παρέμενε σχετικά σταθερό. Έκτοτε, οι συγκεντρώσεις των διαφόρων αερίων του θερμοκηπίου έχουν αυξηθεί, ενώ η επίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας έχει αρχίσει να επεκτείνεται σε παγκόσμια κλίμακα.

Η ποσότητα CO<sub>2</sub>, για παράδειγμα, έχει αυξηθεί περισσότερο από 30% από την προ-βιομηχανική περίοδο και συνεχίζει να αυξάνεται με πρωτοφανή ρυθμό κατά μέσο όρο 0,4% ετησίως. Η αύξηση αυτή οφείλεται κυρίως στην καύση ορυκτών καυσίμων και βιομάζας αλλά και σε εμπρηστικές ενέργειες που έχουν ως αποτέλεσμα την αποψίλωση μεγάλων δασικών πνευμόνων του πλανήτη (π.χ. οι πιο πρόσφατες πυρκαγιές σε Αμαζόνιο και Καναδά το 2019). Η αποψίλωση των δασών επιφέρει διπλό πλήγμα στην ισορροπία της ατμοσφαιρικής σύνθεσης. Αφενός, με την ίδια την πυρκαγιά εκλύονται μεγάλες ποσότητες CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, αφετέρου, μειώνεται η δέσμευσή του από την φυσική βλάστηση που μέσω της φωτοσύνθεσης το μετατρέπει σε O<sub>2</sub>. Η υπέρμετρη ανθρωπογενής παραγωγή CO<sub>2</sub> (η προέλευσή του προδίδεται από την ισοτοπική του σύνθεση) και η παραμονή του στην ατμόσφαιρα ενισχύει το φαινόμενο του θερμοκηπίου ενώ μαζί με τα αερολύματα έχουν σαν αποτέλεσμα την ανθρωπογενή διαταραχή της ατμοσφαιρικής σύνθεσης (Ahlonson *et al*, 2001).

Οι εκπομπές χλωροφθορανθράκων (CFC) και άλλων ενώσεων χλωρίου και βρωμίου καταστρέφουν την προστατευτική στρώση όζοντος της στρατόσφαιρας, δημιουργώντας τη γνωστή «τρύπα του Όζοντος». Αντίθετα, συγκέντρωση των οξειδίων του αζώτου (NO και NO<sub>2</sub>) και του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), έχουν οδηγήσει σε αύξηση του τροποσφαιρικού O<sub>3</sub>, ενός φυσικού αερίου του θερμοκηπίου, σε ποσοστό 40% από τους προ-βιομηχανικούς χρόνους.

Επιπλέον, η αστικοποίηση, η αποψίλωση των δασών και οι νέες ανθρώπινες δασικές και γεωργικές πρακτικές, μεταβάλλουν τη μορφολογία και την υφή της επιφάνειας της Γης, αλλάζοντας τις φυσικές και βιολογικές της ιδιότητες, όπως την ανακλαστικότητα της κ.α. Ακόμα, οι δραστηριότητες αυτές αυξάνουν τη συγκέντρωση άλλων φυσικών ακτινοβολικά ενεργών ατμοσφαιρικών συστατικών, όπως το μεθάνιο και το νιτρώδες οξύ. Το άθροισμα όλων των παραπάνω ενδέχεται να επηρεάζει το παγκόσμιο κλίμα, καθώς δημιουργείται μία

ανισορροπία στην εισερχόμενη και εξερχόμενη ακτινοβολία, που ανταλλάσει η Γη με τον ήλιο και το διάστημα (Ahlonsou et al, 2001).

## 2.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Η αλλαγή της ατμοσφαιρικής σύνθεσης και η ανισορροπία της εισερχόμενης και εξερχόμενης ακτινοβολίας στη Γη έχουν σαν αποτέλεσμα μικρές αλλαγές στο κλίμα. Αυτές οι αλλαγές, παρότι φαίνονται ασήμαντες με την πρώτη ματιά, μπορεί να έχουν μεγάλο αντίκτυπο τόσο στη φύση όσο και στην κοινωνία οι οποίες δεν είναι κατάλληλα προετοιμασμένες.

### 2.4.1 Ακραία καιρικά φαινόμενα

Εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, η κατανομή των καιρικών γεγονότων στο χώρο, στο χρόνο και στην ένταση, μεταβάλλεται και γίνεται πιο απρόβλεπτη (Ahlonsou *et al*, 2001). Αυτό συνεπάγεται την αυξημένη συχνότητα εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως οι ακραίες θερμοκρασίες, οι χιονοθύελλες, οι καταιγίδες, οι έντονες βροχοπτώσεις αλλά και η απουσία τους για μεγάλα χρονικά διαστήματα κ.α. (Wuebbles *et al*, 2017).

### 2.4.2 Αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι πλέον βέβαιο ότι οδηγεί σε μία σταδιακή αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, γνωστή ως υπερθέρμανση του πλανήτη (global warming). Η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης, έχει ήδη αυξηθεί κατά 0.9°C από το τέλος του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης, πραγματοποιήθηκε τα τελευταία 35 χρόνια με το 2016 να παρουσιάζει ανεπανάληπτα υψηλές θερμοκρασίες για τους μήνες Ιανουάριο έως Σεπτέμβριο— εξαίρεση αποτέλεσε ο Ιούνιος. (NASA, 2017) Αν και η αύξηση αυτή φαίνεται ασήμαντη, στην πραγματικότητα μπορεί να έχει τεράστιες επιπτώσεις στον πλανήτη μας, όπως άνοδος της στάθμης της θάλασσας, μείωση των permafrost και των παγετώνων, πλημμύρες, ξηρασία, ισχυρούς καύσωνες και αλλαγές στα πρότυπα των βροχοπτώσεων και των εποχών.

### 2.4.3 Θέρμανση των Ωκεανών

Οι ωκεανοί, επηρεάζονται άμεσα από την αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Γης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα ανώτερα στρώματα (έως 700μ βάθος), να παρουσιάζουν μία μέση αύξηση της θερμοκρασίας τους κατά 0,2°C συγκριτικά με το 1969. (Levitus *et al* 2017)

### 2.4.4 Συρρίκνωση της κρυόσφαιρας

Η αυξημένη θερμοκρασία των ωκεανών αλλά και των κατώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας, έχουν αρνητικό αντίκτυπο στην κρυόσφαιρα, η οποία εκτός των άλλων έχει την ιδιότητα να αντανακλά μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα η παγωμένη θαλάσσια έκταση του Αρκτικού Ωκεανού, παρουσιάζει μία μείωση κατά 3% ανά δεκαετία από το 1979. (NSIDC, 2019) Με αντίστοιχο τρόπο έχει μειωθεί η παγοκάλυψη στην Γροιλανδία και την Ανταρκτική. Δεδομένα από τη NASA δείχνουν πως η Γροιλανδία έχει χάσει περίπου 286 δις τόνους πάγου, από το 1993 έως το 2016. Στο ίδιο χρονικό διάστημα, η Ανταρκτική έχασε 127 δις. τόνους πάγου ενώ την τελευταία δεκαετία ο αριθμός έχει ήδη τριπλασιαστεί. (Nasa, 2018) Παράλληλα, οι παγετώνες υποχωρούν παντού στον κόσμο, συμπεριλαμβανομένων αυτών στις Άλπεις, στα Ιμαλάια, στις Άνδεις στην Αλάσκα κ.λπ., ενώ η κάλυψη του χιονιού έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία 50 χρόνια στο Βόρειο Ημισφαίριο (NSIDC,2019)

#### 2.4.5 Άνοδος της στάθμης της θάλασσας

Είναι προφανές πως η μείωση της έκτασης της κρυόσφαιρας, που οφείλεται στο λιώσιμο του χιονιού και των πάγων καθώς και η αύξηση του όγκου του νερού λόγω της ανόδου της μέσης θερμοκρασίας των ωκεανών, έχει σαν αποτέλεσμα τη αύξηση του συνολικού όγκου της υδρόσφαιρας. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα στοιχεία των δορυφόρων του προγράμματος Κλιματικής Έρευνα της NASA, που αποκαλύπτουν πως η στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει κατά  $95(\pm 4)$ χιλ. από το 1993 έως το τέλος του 2019. Σήμερα, ο ρυθμός της ανόδου είναι  $+3.3(\pm 4)$ χιλ. τον χρόνο, διπλάσιος από αυτόν του 1980. (NASA Facts - Sea Level, 2020)

#### 2.4.6 Οξίνιση των ωκεανών

Η Βιομηχανικής Επανάστασης προκάλεσε μεγάλη αύξηση της συγκέντρωσης  $\text{CO}_2$  στην ατμόσφαιρα. Έκτοτε πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες απελευθερώνουν  $\text{CO}_2$ . Από την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης έως σήμερα η οξύτητα της επιφάνειας των ωκεανών έχει αυξηθεί τουλάχιστον κατά 30%. Το ατμοσφαιρικό  $\text{CO}_2$  καταλήγει στους υδάτινους αποδέκτες μέσω των κατακρημνίσεων ενώ μεγάλο μέρος απορροφάται από τους ωκεανούς απευθείας από την ατμόσφαιρα. Πλέον η ποσότητα  $\text{CO}_2$  που απορροφάται από το επιφανειακό στρώμα των ωκεανών, ανέρχεται στα 2 δισεκατομμύρια τόνους/χρόνο. (Sabine et.al. 2004)

#### 2.4.7 Αλλαγές στην Βιοποικιλότητα

Η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, η απώλεια μεγάλου μέρους των παγωμένων εκτάσεων και η οξίνιση των ωκεανών, η ξηρασία και ό,τι άλλο συνεπάγεται η κλιματική αλλαγή, μεταβάλλουν σταδιακά τα φυσικά ενδιαιτήματα πολλών οργανισμών. Η διαδικασία της εξέλιξης είναι χρονοβόρα, ενώ αντίθετα η κλιματική αλλαγή εξελίσσεται με ιδιαίτερα γρήγορους ρυθμούς. Αυτό σημαίνει πως όσα είδη δεν καταφέρουν να προσαρμοστούν σε αυτές τις ταχείες μεταβολές του κλίματος και συνεπώς του περιβάλλοντος, κινδυνεύουν από εξαφάνιση.

Ήδη οι πυρκαγιές που έκαψαν μεγάλο μέρος δασικών εκτάσεων το καλοκαίρι του 2019 στο Αμαζόνιο, την Αυστραλία και στη Σιβηρία οδήγησαν μεγάλο αριθμό ζώων στον θάνατο. Το ίδιο συνέβη και στην Ελλάδα το 2007 με τη μεγάλη πυρκαγιά στην Πάρνηθα, όπου κάηκαν συνολικά 48.774 στρέμματα γης και μαζί της περίπου 30- 50 κόκκινα ελάφια (WWF, 2007). Άλλα θα έχουν την ίδια μοίρα, εξαιτίας του υποσιτισμού που θα ακολουθήσει. Οι πολικές αρκούδες και τα ζώα της Αρκτικής κινδυνεύουν, καθώς όγκοι παγόβουνων λιώνουν με αποτέλεσμα να μην έχουν πλέον οδούς μετακίνησης. Άλλα είδη, κυρίως των θερμότερων περιοχών, μεταναστεύουν σε γεωγραφικά πλάτη που μέχρι τώρα δεν ευνοούσαν την επιβίωση και τον πολλαπλασιασμό του, μεταβάλλοντας τις βιολογικές κοινότητες και αποτελώντας με αυτόν τον τρόπο βιολογική ρύπανση. Αυτά είναι λίγα μόνο από τα δεδομένα, που αποδεικνύουν πως η ανθρώπινη δραστηριότητα και η αλλαγή του κλίματος θέτουν σε κίνδυνο την βιοποικιλότητα του πλανήτη.

Έμμεσοι τρόποι που μπορεί να επιδράσει στη βιοποικιλότητα η μεταβολή του κλίματος είναι (Kovats *et al*, 2001):

- i) οι αλλαγές στο μεταβολισμό και στον ρυθμό ανάπτυξης των ζωντανών οργανισμών,
- ii) η μετανάστευση των ειδών
- iii) οι μεταβολές στον κύκλο ζωής
- iv) Επιδράσεις στη φαινολογία – αλλαγές ως προς τον κύκλο ζωής (π.χ. επώαση αυγών)



## 2.5 ΣΕΝΑΡΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ (SRE)

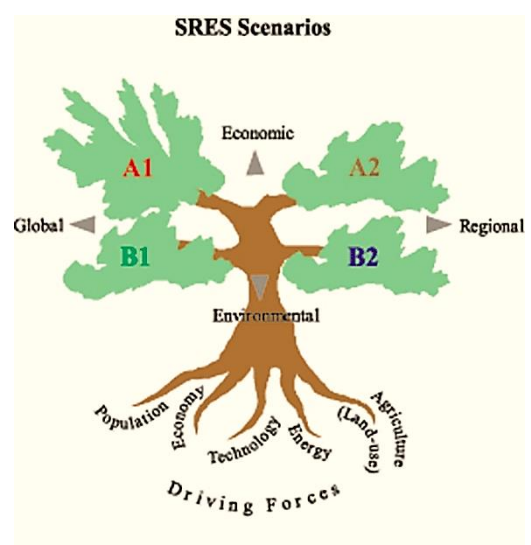
Το 1988, ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός οργανισμός (WMO, 2020) και το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (United Nations Environmental Programme, UNEP), ίδρυσαν την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) με σκοπό την μελέτη και την αξιολόγηση των ανθρωπογενών αιτιών, της εξέλιξης και των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής. Η αξιολόγηση έγινε σε τρεις ομάδες, καθεμία από τις οποίες εξέταζε ένα από τους παρακάτω τομείς : I) τη φυσική βάση της κλιματικής αλλαγής- αίτια, εξέλιξη και μελλοντική πρόβλεψη, II) τις επιπτώσεις, προσαρμοστικότητα και τρωτότητα, III) τις δυνατότητες μετριασμού του φαινομένου.

Τα πρώτα σενάρια αναπτύχθηκαν το 1992, που παρουσίαζαν εναλλακτικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Πρόκειται για 6 σενάρια (a-f) τα οποία ονομάζονταν IS92, αναφέρονταν σε μία εξαιρετικά μακροπρόθεσμη περίοδο, από το 1990 έως το 2100. Τα IS92 ενσωμάτωναν ένα ευρύ φάσμα υποθέσεων, σχετικά με το πως μπορεί να εξελιχθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στο μέλλον, αν δεν παρθούν επιπλέον περιβαλλοντικές πολιτικές (πέρα από εκείνων που είχαν ήδη παρθεί).

Στη συνέχεια, εξαιτίας πολιτικών και οικονομικών αλλαγών κατά την διάσπαση της Σοβιετικής Ένωσης, τα δεδομένα και οι εκτιμήσεις των IS92 άλλαξαν. Σε συνδυασμό με την εμφάνιση των μαθηματικών μοντέλων ολοκληρωμένης αξιολόγησης (Integrated Assessment Models -IAM), τα οποία είναι προσεγγίσεις που ενσωματώνουν τη γνώση από δύο ή περισσότερους τομείς σε ένα ενιαίο πλαίσιο, (Nordhaus W., 2017) δημιουργήθηκε η ανάγκη για νέα κλιματικά σενάρια. Τα σενάρια αυτά, εκτός των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, έπρεπε να περιλαμβάνουν και οικονομικούς, πολιτικούς, κοινωνικούς, τεχνολογικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Έτσι, το 2000 δημοσιεύτηκαν νέα σενάρια SRES (Special Report on Emissions Scenarios) για την κλιματική αλλαγή, (εικόνα 1).

Τα σενάρια εκπομπών SRES βασίζονται στη θεωρία πως η κλιματική αλλαγή και συγκεκριμένα η υπερθέρμανση του πλανήτη, είναι αποτέλεσμα της αυξημένη συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Παρουσιάζουν υποθέσεις για την εξέλιξη της δημογραφίας, της οικονομίας, της τεχνολογίας και της κοινωνίας, οι οποίες αποτελούν αίτια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και συνεπώς είναι ικανές να καθορίσουν την εξέλιξη της κλιματικής αλλαγής. Οι υποθέσεις βασίζονται σε προσομοιώσεις των εκπομπών αερίων, όπως το CO<sub>2</sub>, που αντιδρούν με την ηλιακή ακτινοβολία και είναι ικανά να επηρεάσουν το κλίμα μέχρι το τέλος του αιώνα. Τα παραπάνω σενάρια, διακρίνονται σε τέσσερις ομάδες: A1, A2, B1 και B2. (IPCC, 2000).

**A1:** Το σενάριο A1 βασίζεται σε μία έντονη οικονομική και τεχνολογική άνθηση στο μέλλον. Το χάσμα μεταξύ ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών θα μειωθεί σημαντικά, καθώς



Εικόνα 1 Σχηματική απεικόνιση SRES (IPCC, 2019)



αναμένεται να δημιουργηθούν οι απαραίτητες υποδομές και να ενδυναμωθούν οι κοινωνικές και πολιτιστικές αλληλεπιδράσεις. Ως εκ τούτου, προβλέπεται μία ραγδαία αύξηση στην καμπύλη του πληθυσμού, η οποία όμως αναμένεται να αρχίσει να φθίνει, μετά τα μέσα περίπου του 21ου αιώνα. Ανάλογα με την εξέλιξη και την χρήση των τεχνολογιών αναφορικά με το ενεργειακό σύστημα, το σενάριο A1 διαιρείται σε τρεις υπο-ομάδες, την A1F1, την A1T και την A1B.

Στην **A1F1**, το ενεργειακό σύστημα δεν παρουσιάζει σημαντικές αλλαγές, καθώς η εντατική χρήση ορυκτών καυσίμων συνεχίζεται και συνεπώς οι ατμοσφαιρικοί ρύποι εξακολουθούν να βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα. Αντίθετα, στην **A1T**, το ενεργειακό σύστημα αναμένεται ιδιαίτερα εξελιγμένο, καθώς αντικαθιστά πλήρως τις συμβατές πηγές ενέργειας. Στο σενάριο αυτό, αναμένεται σημαντική μείωση των ρύπων. Ανάμεσα στα δύο αυτά σενάρια βρίσκεται το A1B, το οποίο βασίζεται στις τρέχουσες κοινωνικοοικονομικές συνθήκες και την τάση εξέλιξής του. Σύμφωνα με το σενάριο **A1B**, οι ενεργειακές απαιτήσεις θα είναι αυξημένες, με αποτέλεσμα την αύξηση της χρήσης τόσο των εναλλακτικών όσο και των συμβατικών πηγών ενέργειας. Συνεπώς η επιβάρυνση του κλίματος αναμένεται να συνεχιστεί και οι συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> να φτάσει τα 720 ppm έως το 2100.

**A2:** Το σενάριο A2, περιγράφεται ως «Σενάριο Μη Δράσης», καθώς ο ρυθμός της τεχνολογικής ανάπτυξης αναμένεται να είναι αργός και τμηματικός. Χαρακτηρίζεται από αυτάρκεια και ετερογένεια, καθώς διατηρούνται οι τοπικές ταυτότητες ενώ η οικονομία προωθείται σε τοπικό μόνο επίπεδο. Ο παγκόσμιος πληθυσμός εξακολουθεί να αυξάνεται με υψηλούς ρυθμούς, γεγονός που συνεπάγεται αυξημένες ανάγκες σε ενέργεια. Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> αναμένεται να φτάσουν τα 850 ppm μέχρι το 2100.

**B1:** Το σενάριο B1, χαρακτηρίζεται ως «Σενάριο Μετριασμού της Κλιματικής Αλλαγής». Έχει αρκετές ομοιότητες με το A1, καθώς προβλέπει την ίδια τάση μεταβολής του πληθυσμού καθώς και ανάπτυξη της οικονομίας και της τεχνολογίας. Στοχεύει στην ομοιογένεια και τη ισοκατανομή, καθώς δίνεται έμφαση στην επίλυση οικονομικών ζητημάτων και στην βιωσιμότητα της κοινωνίας και του περιβάλλοντος. Για τον λόγο αυτό, η πράσινη ενέργεια αποτελεί προτεραιότητα και αποσκοπεί στην διατήρηση των χαμηλών επιπέδων CO<sub>2</sub> μέχρι 550 ppm το 2100.

**B2:** Το σενάριο B2, έχοντας κοινά στοιχεία με το A2, περιορίζεται στις τοπικές λύσεις σε οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά ζητήματα. Θα μπορούσε να περιγραφεί ως ένα «Περιορισμένο Σενάριο», καθώς τόσο ο πληθυσμός όσο και η ανάπτυξη της οικονομίας και της τεχνολογίας, είναι πιο ήπιες και γίνονται με αργούς ρυθμούς. Κατ' επέκταση, οι ενεργειακές ανάγκες είναι χαμηλότερες, όμως ο ρυθμός ανάπτυξης τεχνολογιών «καθαρής» ενέργειας σε συνδυασμό με την συσσώρευση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, δίνει μία ενδιάμεση, από τα υπόλοιπα σενάρια, συγκέντρωση CO<sub>2</sub> που αναμένεται να φτάσει τα 620 ppm έως το 2100.

Παρόλο που και στα σενάρια SRE διακρίνονται τρεις τύποι αβεβαιότητας- αβεβαιότητες δεδομένων, αβεβαιότητες μοντέλων και αβεβαιότητες πληρότητας (Funtowicz and Ravetz, 1990)- έχουν τον εξής κοινό παρονομαστή: Η κλιματική αλλαγή θα επιταχυνθεί γρήγορα κατά τον 21ο αιώνα, εκτός εάν υπάρξουν δραματικές μειώσεις στις εκπομπές θερμοκηπίου [Alley *et al.* 2007]. Βέβαια, ένα ολικό lockdown όπως συνέβη με την πανδημία Covid-19, αφενός δεν είναι ικανό να αναστρέψει την κλιματική αλλαγή καθώς πολλοί από τους ρύπους χρειάζονται αρκετά χρόνια για να απομακρυνθούν από την ατμόσφαιρα (π.χ. το N<sub>2</sub>O απομακρύνεται πλήρως

σε 120 έτη ενώ το 20% του CO<sub>2</sub> χρειάζεται χιλιετίες), αφετέρου έχει αρνητικό αντίκτυπο στην παγκόσμια οικονομία και κατ' επέκταση στην κοινωνία.

Το IPCC προβλέπει πως μέχρι το 2100, η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης θα έχει αυξηθεί κατά 1.4 έως 5.8°C και η στάθμη της θάλασσας θα ανέβει 0.09μ έως 0.88μ συγκριτικά με τα επίπεδα του 1900. Ακόμα, θα αυξηθεί η συχνότητα και η ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων, ενώ το κλίμα θα παρουσιάζει έντονες χωρικές διαφορές, με αισθητά αυξημένες ή μειωμένες βροχοπτώσεις κατά τόπους. (McCarthy *et al*, 2001, NASA Facts, 2020)

### 3. ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ

Η Μεσόγειος αποτελεί μία περιοχή ιδιαίτερης σημασίας, χάρη στην γεωγραφική της θέση και την τοπογραφία της που κατ' επέκταση επηρεάζουν το κλίμα και την βιοποικιλότητά της. Το κλίμα της παρουσιάζει ένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς κυμαίνεται από περιοχές με μόνιμους παγετώνες (permafrost) έως υποτροπικές, ημί-ξηρες περιοχές. (Lionello *et al*, 2012, Oliva *et al* 2018)

Ταυτόχρονα θεωρείται ένα από τα πιο ευαίσθητα οικοσυστήματα, που ανταποκρίνονται άμεσα στην κλιματική αλλαγή (climate change hotspot) και- σε συνδυασμό με την αναλογικά μικρή της έκταση στον χάρτη- αποτελεί το τέλειο «εργαστήριο» για την μελέτη της Παγκόσμιας Κλιματικής Αλλαγής και των επιπτώσεών της (Giorgi *et al*, 2001). Επιπλέον, εξαιτίας της αλληλεπίδρασής της με τον Ατλαντικό Ωκεανό, η μικρή αυτή ημίκλειστη λεκάνη ασκεί σημαντική επίδραση στο κλίμα της Ευρώπης, γεγονός που αποδεικνύει πως η κλιματική αλλαγή δεν έχει σύνορα.

#### 3.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

Όπως φαίνεται στο χάρτη 2, η λεκάνη της Μεσογείου αποτελείται από τη Μεσόγειο θάλασσα και όλες τις χώρες που βρέχονται από αυτή. Η Μεσόγειος θάλασσα είναι μία βαθιά, επιμήκης λεκάνη με έκταση 2.510.000 τετρ. χλμ. Χαρακτηρίζεται ως μία διηπειρωτική, σχεδόν κλειστή θάλασσα, καθώς περιβάλλεται βορειοανατολικά από την



Χάρτης 2 Η λεκάνη της Μεσογείου (Gaudiosi and & Borri 2010)

Ευρώπη, νότια από την Αφρική και ανατολικά από την Ασία. Στα δυτικά επικοινωνεί με τον Ατλαντικό Ωκεανό, μέσω του ρηχού καναλιού στο Στενό του Γιβραλτάρ, ενώ στα νοτιοανατολικά η τεχνητή διώρυγα του Σουέζ επιτρέπει την ανταλλαγή νερών με την Ερυθρά Θάλασσα. Στα βορειοανατολικά, ο Ελλήσποντος (ή αλλιώς Δαρδανέλλια), συνδέει τη Μεσόγειο Θάλασσα με τη Θάλασσα του Μαρμαρά, η οποία με τη σειρά της συνδέεται με την Μαύρη Θάλασσα μέσω του Βοσπόρου (Encyclopædia Britannica, 2019). Γύρω από την Μεσόγειο Θάλασσα, εκτείνονται οι ακτογραμμές 21 χωρών από τρεις Ηπείρους: Την Ασία (Ισραήλ, Λίβανος, Συρία, Τουρκία), την Αφρική (Αίγυπτος, Αλγερία, Λιβύη, Μαρόκο, Τυνησία) και την Ευρώπη (Αλβανία, Βοσνία- Ερζεγοβίνη, Γαλλία, Ελλάδα, Ισπανία, Ιταλία, Κροατία, Μονακό,

Μαυροβούνιο, Σλοβενία), τα νησιά Κύπρος και Μάλτα καθώς και τμήματα άλλων κρατών όπως το Γιβραλτάρ, η λωρίδα της Γάζας κ.α. (*New World Encyclopedia*, 2020)

### 3.2 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

Η Μεσόγειος, παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλη ποικιλομορφία στην τοπογραφία της. Στο θαλάσσιο τμήμα της υπάρχει μεγάλος αριθμός διάσπαρτων νησιών και βραχονησίδων, με τη μεγαλύτερη συγκέντρωσή τους στο Αιγαίο Πέλαγος (*Encyclopædia Britannica*, 2019). Περιμετρικά της θάλασσας εκτείνεται το ηπειρωτικό τμήμα της Μεσογείου, το οποίο είναι ιδιαίτερα λοφώδες και βραχώδες. Λόφοι, βουνά και οροσειρές είναι παρόντα σε όλη την ηπειρωτική αλλά και νησιωτική Μεσόγειο (*Wegefelt and Sundseth*, 2010). Η Μεσογειακή Ορεινή Ζώνη (*Mediterranean Mountain Zone*, MDM) περιλαμβάνει τα χαμηλά και μεσαίου ύψους βουνά στη βόρεια Μεσόγειο, γύρω από τα περιθώρια των κύριων οροσειρών όπως τα Πυρηναία και οι Άλπεις καθώς και τα ψηλά βουνά στο νότο, γύρω από την οροσειρά του Άτλα (*INSPIRE*, 2020). Οι οροσειρές επηρεάζουν έντονα τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά, καθώς ανακατευθύνουν τα νέφη και συγκρατούν μεγάλο μέρος των κατακρημνίσεων. Παράλληλα, οι κορυφογραμμές συχνά επιταχύνουν τους ανέμους κατά το πέρασμά τους, ιδίως στο νησιωτικό τμήμα (*Βαμβίνης Α.Θ.*, 2012).

Τα ορεινά τμήματα της Μεσογείου, συνήθως καταλήγουν σε πεδινές ή παράκτιες περιοχές. Το ίδιο συμβαίνει και με τα ποτάμια, που ξεκινούν από τις ορεινές περιοχές και καταλήγουν στις πολυάριθμες λίμνες της Μεσογείου είτε εκβάλλουν στην θάλασσα. Τα πεδινά τμήματα περιλαμβάνουν γόνιμες εκτάσεις που χρησιμοποιούνται για καλλιέργεια, ημι-άγονες στέπες (κυρίως στη Β. Αφρικής), υγροτόπους, λόχμες, λιβάδια και δέλτα ποταμών τα χαρακτηριστικά των οποίων «σβήνουν» σταδιακά, καθώς φτάνουν στην παράκτια ζώνη η οποία μπορεί να είναι από αμμώδης έως βραχώδεις και εισχωρεί στη Μεσόγειο θάλασσα. (*Wegefelt and Sundseth*, 2010, *WWF* 2016).

Η θάλασσα της Μεσογείου ακολουθεί ένα λιμνοθαλάσσιο πρότυπο εξαιτίας της ημίκλειστης δομής της λεκάνης. Η μέση θερμοκρασία του νερού είναι 13.4°C ενώ η μέση αλατότητα του νερού είναι 38g/kg (%), η οποία τους καλοκαιρινούς μήνες μπορεί να φτάσει τα 40g/kg (%), καθιστώντας της ως την πιο αλμυρή θάλασσα παγκοσμίως. Αυτό οφείλεται εν μέρη στην περιορισμένη επικοινωνία της με τους Ωκεανούς αλλά και στην έντονη εξάτμιση της θάλασσα, που έρχεται σε ανισορροπία με τις περιορισμένες κατακρημνίσεις που αντιστοιχούν στο 1/3 της ποσότητας του νερού που εξατμίζεται. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μία κλίση αλατότητας που, με τη συμβολή της διαφοράς θερμοκρασίας του νερού μεταξύ Ατλαντικού και Μεσογείου, οδηγεί σε μία αμφίπλευρη ροή και συνεπώς στην ανταλλαγή νερών μεταξύ τους. Η κυκλοφορία του νερού γίνεται με την είσοδο των ψυχρότερων και πυκνότερων υδάτινων μαζών του Ατλαντικού στα επιφανειακά στρώματα και την έξοδο των θερμότερων και αραιότερων νερών της Μεσογείου στα βαθύτερα στρώματα (*Encyclopædia Britannica*, 2019).

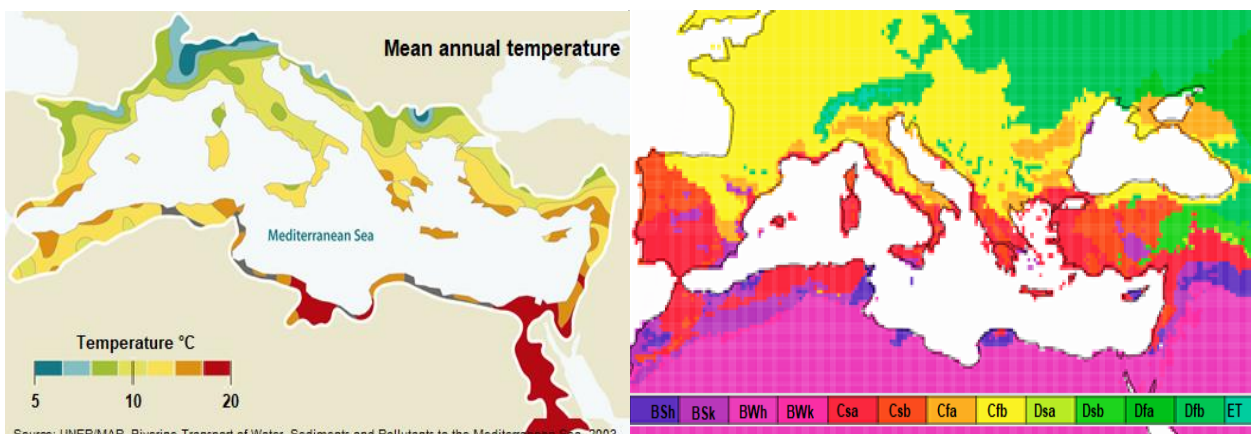
Οι κλίσεις της θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας, που δημιουργείται με την εξάτμιση και την κυκλοφορία του νερού, σε συνδυασμό με την γενική τοπογραφία της Μεσογείου και τον προσανατολισμό των βαρομετρικών ζωνών, έχει σαν αποτέλεσμα την διέλευση και δημιουργία κυκλωνικών συστημάτων. Παρότι οι Μεσογειακοί κυκλώνες είναι μικροί, ρηχοί και διαρκούν λίγο, αποτελούν βασικό παράγοντα που καθορίζει το κλίμα της Μεσογείου, προκαλώντας ακραίες βροχοπτώσεις και πλημμύρες, θύελλες και κυματισμούς μεγάλου ύψους, ιδίως τον χειμώνα (*Campins et al*, 2000, *Homar et al*, 2007, *Trigo and Davies*, 2002). Επίσης, ο μεγάλος

υδάτινος όγκος της θάλασσας αναλογικά με την χερσαία τμήμα της λεκάνης, διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στο κλίμα της ηπειρωτικής και νησιωτικής Μεσογείου καθώς αποτελεί σημαντική πηγή θερμότητας και υγρασίας, ιδίως για τις παράκτιες περιοχές (Lionello *et al*, 2006).

### 3.3 ΚΛΙΜΑ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

Κλιματολογικά, πέρα από την τοπογραφία, η γεωγραφική θέση της Μεσογείου είναι ιδιαίτερα κρίσιμη, καθώς αποτελεί μία μεταβατική ζώνη μεταξύ του εύκρατου, υγρού κλίματος της Κεντρικής Ευρώπης και του ζεστού, ξηρού κλίματος της Βόρειας Αφρικής (Lionello *et al*, 2006). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την επικράτηση ενός ενδιάμεσου κλίματος στην περιοχή, με έντονη εποχικότητα, όπου οι χειμώνες είναι υγροί και ήπιοι ενώ τα καλοκαίρια είναι ξηρά, θερμά έως ζεστά (Giorgi *et al*, 2007). Η άνοιξη και το φθινόπωρο διαρκούν λίγο καθώς το καλοκαίρι ξεκινάει νωρίς και συνεχίζει μέχρι και τις πρώτες εβδομάδες του φθινοπώρου (Encyclopædia Britannica, 2019).

Παρότι, το κλίμα της Μεσογείου ανήκει στην εύκρατη ζώνη (ζώνη C), σύμφωνα με το σύστημα Köppen-Geiger, τα δανεικά χαρακτηριστικά από τις γειτονικές περιοχές το διαφοροποιούν σε μεσογειακό κλίμα (Csa και Csb). Η κατηγορία Csa αναφέρεται στις θερμότερες περιοχές (νοτιότερες, πεδινές ή παράκτιες), όπου τα καλοκαίρια, κατά τον θερμότερο μήνα η θερμοκρασία δεν πέφτει κάτω από τους 22°C. Οι πιο ορεινές ή βόρειες περιοχές συνήθως ανήκουν στην κατηγορία Csb που χαρακτηρίζει τα θερμά καλοκαίρια, όπου η θερμοκρασία για το διάστημα των τεσσάρων θερμότερων μηνών βρίσκεται μεταξύ 10-22°C (Encyclopædia Britannica). Ωστόσο, οι ταξινομήσεις Csa και Csb δεν καλύπτουν ολόκληρη την περιοχή της Μεσογείου. Μέσα στην μικρή της έκταση, υπάρχουν μεγάλες αντιθέσεις όπως οι μόνιμα παγωμένες περιοχές στην αλπική ζώνη της Β. Μεσογείου, οι ξηρές περιοχές στην έρημο της Β. Αφρικής (BWh και BWk), οι στεπικές περιοχές στις ακτές της ΒΔ Αφρικής και στην ανατολική ακτή της Μέσης Ανατολής (BSh και BSk) και ορισμένες περιοχές με εύκρατο κλίμα χωρίς ξηρό καλοκαίρι (Cfa και Cfb) στην Β. και ΒΔ Μεσογείου (Lionello *et al*, 2012), όπως φαίνεται στους χάρτες 3 και 4.

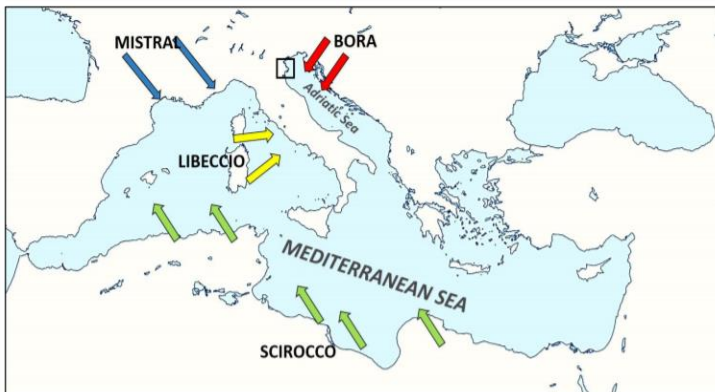


Χάρτες 3 & 4 : Αριστερά οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες ανά περιοχή (Πηγή GRIDA)  
Δεξιά: Οι κλιματικές ζώνες της Μεσογείου κατά Köppen-Geiger (Πηγή: Lionello *et al*, 2012)

Η ποσότητα και η κατανομή των βροχοπτώσεων στις περιοχές της Μεσογείου ποικίλει τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Η ΒΑ Αφρική γενικά δέχεται λίγες βροχοπτώσεις και ο υετός σπάνια ξεπερνά τα 250 χιλ. ετησίως. Αντίθετα, οι ορεινές παράκτιες περιοχές δέχονται τη μέγιστη βροχόπτωση με ορισμένες περιοχές στην ακτή της Δαλματίας (Κροατία) το ύψος του ετήσιου υετού να φτάνει τα 2.500χιλ. (Encyclopædia Britannica, 2019). Στην Δ. Μεσόγειο,

κατακρημνίσεις κατανέμονται καθ' όλη την υγρή περίοδο με τον μεγαλύτερο όγκο την άνοιξη και το φθινόπωρο, ενώ στην Α. Μεσόγειο ο μεγαλύτερος όγκος των βροχοπτώσεων παρατηρείται τον χειμώνα (Ramos, 2001).

Η κατανομή των κατακρημνίσεων συχνά είναι αποτέλεσμα των ανέμων. Η ροή των ανέμων στη λεκάνη της Μεσογείου πραγματοποιείται μέσω κενών στις οροσειρές, με εξαίρεση τις νότιες ακτές ανατολικά της Τυνησίας (χάρτης 5). Οι ισχυροί άνεμοι που διοχετεύονται μέσω των κενών, αυξάνουν τον ρυθμό εξάτμισης της θάλασσας, ιδίως τους θερμούς μήνες, δημιουργώντας και μεταφέροντας τα νέφη από τα οποία θα προκύψουν στην συνέχεια οι κατακρημνίσεις. Ο Σιρόκος (Sirocco) είναι ο θερμός και υγρός, νοτιοανατολικός άνεμος με την αυξανόμενη ένταση, που προέρχονται από τη Σαχάρα και την Αραβική χερσόνησο κατά το τέλος του χειμώνα και την



Χάρτης 5: Κατηγορίες ανέμων που παρατηρούνται στην περιοχή της Μεσογείου (YACHTUA 2010)

άνοιξη. Κατά το πέρασμά του από τη Μεσόγειο θάλασσα, ενισχύει την εξάτμισή της καθώς απομακρύνει μέρος της θερμότητας και της υγρασίας των επιφανειακών νερών και τα αποβάλλει μέσω των κατακρημνίσεων στην Ανατολική Μεσόγειο (Encyclopædia Britannica, 2019). Από την αντίθετη κατεύθυνση (βορειοδυτικά) πνέει ο Μαΐστρος (Mistra), ο οποίος είναι ψυχρός και ξηρός άνεμος προερχόμενος από το

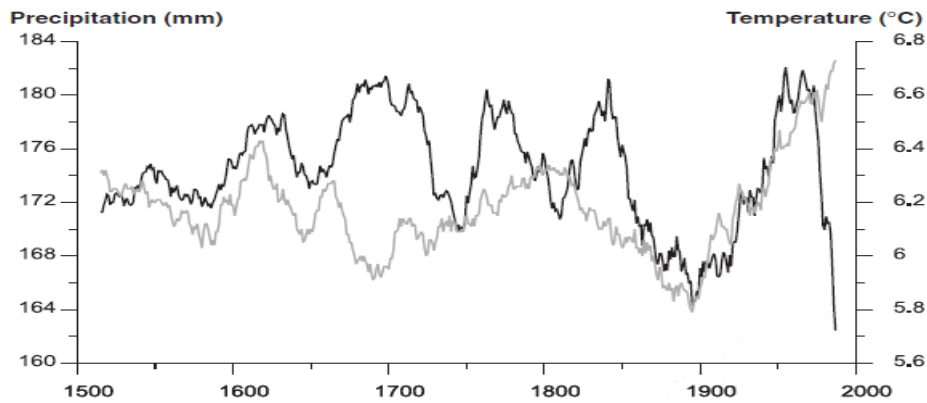
σχίσμα των Άλπεων- Πυρηναίων. Συνήθως παρατηρείται το φθινόπωρο και τον χειμώνα, δημιουργώντας αντίστοιχης κατεύθυνσης κυματισμούς, καθώς πνέει από την ξηρά προς τη θάλασσα (Alomar *et al.* 2014). Ο Βοριάς (Bora) είναι ένας βορειοανατολικός, ξηρός και παγωμένος άνεμος, που περνά μέσα από το κενό της Τεργέστης. Παρατηρείται κυρίως τον χειμώνα και η υψηλή του ένταση (μπορεί να ξεπεράσει τα 15m/s) μπορεί να δημιουργήσει κυκλώνες. (Braga *et al.* 2017)

### 3.4 ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

Η περιοχή της Μεσογείου χαρακτηρίζεται από έντονη ετήσια κλιματική μεταβλητότητα. Όπως φαίνεται και στο σχεδιάγραμμα 4, τους τελευταίους αιώνες παρατηρείται μία έντονη αστάθεια στο κλίμα της Μεσογείου για τους χειμερινούς μήνες. Ο 19<sup>ος</sup> αιώνας αποτέλεσε την τελευταία περίοδο στην οποία η μέση θερμοκρασία της Μεσογείου μειωνόταν. Παράλληλα, από τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα, παρουσιάστηκε πρωτοφανής, μείωση των κατακρημνίσεων και στις αρχές του 20<sup>ου</sup> έφτασαν στα κατώτατα επίπεδα. Έκτοτε η μέση θερμοκρασία παρουσιάζει ανοδική πορεία ενώ οι κατακρημνίσεις, παρότι έφτασαν στα ανώτατα επίπεδα στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα, παρουσίασαν ραγδαία πτώση από τα μέσα του ίδιου αιώνα.



## ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ – ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ

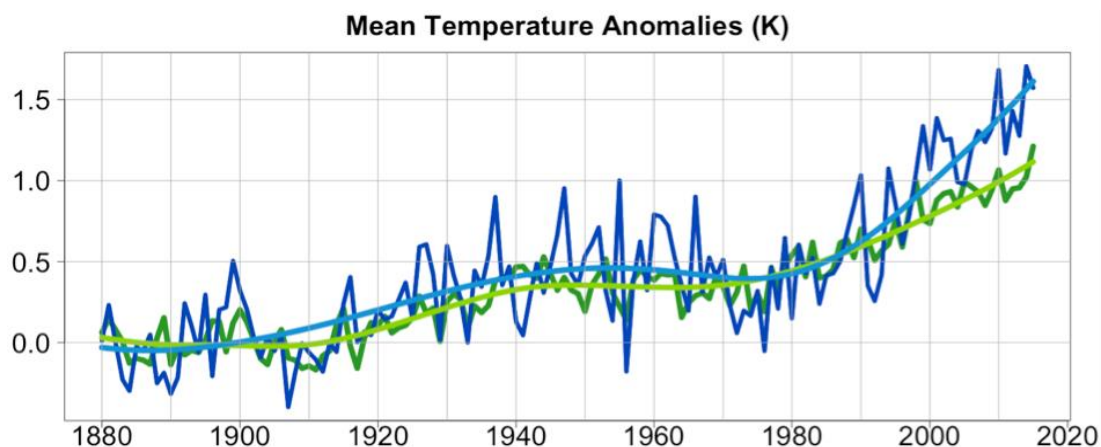


Σχεδιάγραμμα 4: Μέσες τιμές θερμοκρασίας (γκρι γραμμή) και κατακρημνίσεων (μαύρη γραμμή) για τους μήνες Δεκέμβριος-Ιανουάριος-Φεβρουάριος στην περιοχή της Μεσογείου για το διάστημα 1500-2002 (Luterbacher and Garnier, 2006)

Κλιματολογική μελέτη που πραγματοποιήθηκε στα Ανατολικά Πυρηναία όρη (Ν. Γαλλία) για το διάστημα 1970-2006, έδειξε μία τάση αύξησης της θερμοκρασίας κατά  $+1.1^{\circ}\text{C}$  έως  $+1.5^{\circ}\text{C}$  (Chaouche *et al*, 2010). Αντίστοιχη αύξηση  $1.4^{\circ}\text{C}$  παρατηρήθηκε και στη Languedoc-Roussillon (Ν. Γαλλία) στο διάστημα 1965 - 2004 (Lespinas, 2008). Αναφορικά με την ετήσια βροχόπτωση στα Πυρηναία, δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή. Αντίθετα, μηνιαίες μεταβολές στην βροχόπτωση παρατηρήθηκαν για τους μήνες Νοέμβριο και Ιούνιο. Συγκεκριμένα, τον Νοέμβριο το ύψος του νετού αυξήθηκε κατά 2χιλ. ενώ τον Ιούνιο παρουσίασε μείωση κατά 0,8χιλ. (Chaouche *et al*, 2010).

Στο νότιο τμήμα της Μεσογείου που υπάγεται στην αφρικανική ήπειρο, το κλίμα εξακολουθεί να έχει μεσογειακό χαρακτήρα με υγρούς χειμώνες και ξηρά καλοκαίρια. Οι βροχοπτώσεις ξεκινάνε τον Οκτώβρη, κορυφώνονται στο διάστημα Δεκέμβριος-Φεβρουάριος και σταματάνε το Απρίλιο. Το κλίμα σε αυτή την περιοχή της Μεσογείου είναι ιδιαίτερα ευάλωτο, ιδίως στην δυτική της πλευρά (Μαρόκο) (Janpeter *et al*, 2012)..

Στην περιοχή της Μεσογείου, η μέση ετήσια θερμοκρασία έχει αυξηθεί κατά  $1,4^{\circ}\text{C}$  από την περίοδο 1880-1899. Η τιμή αυτή ξεπερνάει την τρέχουσα τάση της παγκόσμιας υπερθέρμανσης, ιδιαίτερα το διάστημα του καλοκαιριού (Garrabou *et al*. 2018).



Σχεδιάγραμμα 5: Γραφική αναπαράσταση της μεταβολής της μέση ετήσιας θερμοκρασίας στη Μεσόγειο (μπλε γραμμή) και τον πλανήτη (πράσινη γραμμή) για το διάστημα 1880-2020. Οι τιμές προέκυψαν με σύγκριση των αντίστοιχων τιμών για την χρονική περίοδο 1880-1899. Πηγή: MedECC, 2018

**3.5 ΣΕΝΑΡΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ**

Στην περιοχή της Μεσογείου αναμένονται έντονες μεταβολές στην θερμοκρασία και τις κατακρημνίσεις τις επόμενες δεκαετίες με συχνότερες και πιο έντονες περιόδους ξηρασίας και καύσωνα. Εκτιμάται μία μείωση των κατακρημνίσεων κατά 25-30%, μετατοπισμένη κυρίως στη θερμή περίοδο. Εξαιρέση αποτελούν οι Άλπεις και ορισμένες μεμονωμένες ορεινές περιοχές στη Β. Μεσόγειο όπου πιθανότατα παρατηρηθεί αύξηση των κατακρημνίσεων (Ulbrich *et al*, 2006).

Μέχρι το τέλος του 21<sup>ου</sup> αιώνα η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας αναμένεται να αυξηθεί από 2,2 έως 5,1 °C και οι βροχοπτώσεις να μειωθούν κατά 4-27%. Ο συνδυασμός της αύξησης της θερμοκρασίας με την μείωση των βροχοπτώσεων θα έχει ως αποτέλεσμα αυξημένες περιόδους ξηρασίας και αυξημένο αριθμό ημερών όπου η θερμοκρασία θα υπερβαίνει τους 30 °C. Οι καύσωνες και οι πλημμύρες θα αποτελούν πιο συχνά φαινόμενα με αυξημένη ένταση (Antipolis, 2008).

Σύμφωνα με το σενάριο B2, στις ΝΑ Μεσόγειο η ποσότητα των κατακρημνίσεων αναμένεται να μειωθεί για την περίοδο Οκτώβριος – Μάιος. Αντίθετα, στην ΒΔ Μεσόγειο αναμένεται αύξηση των κατακρημνίσεων τους χειμερινούς μήνες και μείωσή του κυρίως την άνοιξη (Karas, 2000).

Σύμφωνα με το σενάριο κλιματικής αλλαγής A1B, οι βροχοπτώσεις στις μεσογειακές χώρες της Β. Αφρικής αναμένεται να μειωθούν σε ποσοστό 10-20% ενώ οι θερμοκρασία να αυξηθεί από 2 έως 3 °C μέχρι το 2050. Συγκεκριμένα, για το Μαρόκο υπολογίζεται μείωση των βροχοπτώσεων κατά 5-30% και αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1.2 °C. Αντίστοιχα, με το πιο ευνοϊκό σενάριο B1, το ποσοστό των βροχοπτώσεων στο Μαρόκο θα παρουσιάσει μείωση κατά 5-20% ενώ η αύξηση της θερμοκρασίας θα περιοριστεί στον 1 °C (Janpeter *et al*, 2012).

**ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ**

***ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ***  
***CULICIDAE***



## ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ CULICIDAE

Οι έμβιοι πληθυσμοί, ανταποκρίνονται στις πιέσεις που δέχονται εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής είτε έμμεσα, μέσω της μακροχρόνιας γενετικής προσαρμογής τους (εξέλιξη), είτε άμεσα με την μετατόπιση της γεωγραφικής τους κατανομής (μετανάστευση) και την προσαρμογή του κύκλου ανάπτυξης και αναπαραγωγής τους. Η μετανάστευση των ειδών μεταξύ των οικοσυστημάτων, μεταβάλουν τόσο την σύνθεσή τους όσο και τις αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσουν αυτοί μεταξύ τους. Η αδυναμία προσαρμογής των πληττόμενων ειδών στο νέο περιβάλλον και τις νέες συνθήκες, οδηγεί στην εξαφάνιση τους (Hoffmann και Sgro, 2011).

Η μετανάστευση ορισμένων ειδών που αποτελούν ξενιστές παθογόνων μικροοργανισμών, όπως ορισμένα κουνούπια (Culicidae), ενέχουν κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία, καθώς είναι ικανοί να διευρύνουν την εξάπλωση ασθενειών σε νέες περιοχές και κλιματικές ζώνες.

## 4 ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ CULICIDAE

Η οικογένεια Culicidae, αποτελεί μία κατηγορία εντόμων που είναι κοινώς γνωστή ως κουνούπια (mosquitoes). Σύμφωνα με το διεθνές σύστημα ταξινόμησης, η οικογένεια Culicidae ανήκει στην μεγάλη τάξη Diptera, η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τόσο εξαιτίας του μεγάλου αριθμού ειδών όσο και της υγειονομικής τους σημασίας. (Becker N. *et al.* 2003)

Συγκεκριμένα, στην Οικογένεια Culicidae, έχουν καταγραφεί παγκοσμίως περίπου 4.000 είδη, τα οποία κατανέμονται σε τρεις μεγάλες υποοικογένειες: Anophelinae, Culicinae και Toxorhynchitinae. Από πλευρά υγειονομικής σημασίας, μόνο οι δύο πρώτες υποοικογένειες των Culicidae αποτελούν απειλή για την ανθρώπινη υγεία, καθώς τα Toxorhynchitinae δεν συγκαταλέγονται στα αιμομυζητικά είδη. Αντίθετα, στις υποοικογένειες Anophelinae και Culicinae ανήκουν είδη, τα οποία είναι υπεύθυνα για την μετάδοση σοβαρών ασθενειών, ενώ άλλα προκαλούν επώδυνα νύγματα, αλλεργίες, δερματίτιδες και μυκητιάσεις (Becker N. *et al.* 2003).

Ταξινόμηση Κουνουπιών	
<b>Βασίλειο:</b>	Animalia
<b>Φύλο:</b>	Arthropoda
<b>Υπο-φύλο:</b>	Hexapoda
<b>Ομοταξία:</b>	Insecta
<b>Υποομοταξία:</b>	Pterygota
<b>Τάξη:</b>	Diptera
<b>Υποτάξη:</b>	Nematocera
<b>Οικογένεια:</b>	Culicidae
<b>Υπο-οικογένειες:</b>	Culicinae, Anophelinae, Toxorhynchitinae

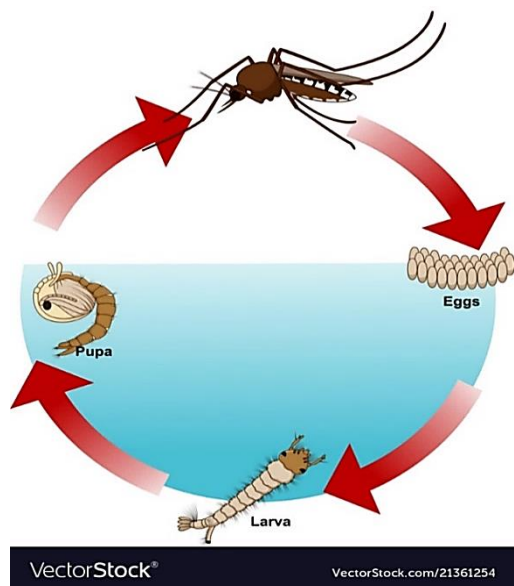
### 4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τα κουνούπια είναι έντομα με λεπτό σώμα και μακριά πόδια, τα οποία αναγνωρίζονται εύκολα από τη μακριά προβοσκίδα τους και την παρουσία λεπιών στα περισσότερα μέρη του σώματος. Τα ενήλικα κουνούπια ονομάζονται άκμια και το μέγεθός τους είναι μικρό, συνήθως 3-6 χιλ. (σε μερικά είδη μπορεί να φτάσουν τα 19 χιλ.). Τα αρσενικά άκμια είναι, κατά κανόνα, μεγαλύτερα σε μέγεθος από τα θηλυκά. (Service 2014)

Ζουν σχεδόν σε όλα τα ενδιαίτηματα ενώ, για τα περισσότερα είδη, η υγρασία και η ύπαρξη νερού αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την εκκόλαψη των αυγών και την ολοκλήρωση των

υδρόβιων σταδίων του βιολογικού τους κύκλου. Η ανάπτυξη των κουνουπιών ολοκληρώνεται σε 4 στάδια (αυγό- προνύμφη- νύμφη- άκμαιο) με τη διάρκεια, τις διατροφικές, τις περιβαλλοντικές και κλιματικές συνθήκες να είναι διαφορετικές ανάμεσα στα είδη.

## 4.2. ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ & ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ



VectorStock®

VectorStock.com/21361254

Εικόνα 2: Κύκλος ζωής των κουνουπιών  
Πηγή VectorStock.com

Ακόμα και σε ορισμένα είδη των γενών *Aedes* και *Psorophora* που τα αυγά δύναται να επιβιώσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα απουσία νερού, για να ολοκληρωθεί η εμβρυογένεση απαιτείται να κατακλυσθούν με νερό (Service, 2014).

### 4.2.1 Στάδιο αυγού - egg

Ο βιολογικός κύκλος ενός κουνουπιού ξεκινάει με την ωοθεσία. Τα περισσότερα είδη άκμαιων επιλέγουν να τοποθετήσουν τα αυγά τους σε υγρές ή υδάτινες επιφάνειες ή σε επιφάνειες κοντά σε νερό. Συγκεκριμένα, τα γένη *Anopheles* και *Culex*, εναποθέτουν τα αυγά τους απευθείας στην επιφάνεια του νερού, με τα πρώτα να επιπλέουν μεμονωμένα χάρη στους πλωτήρες που διαθέτουν και τα δεύτερα να επιπλέουν σε μορφή σχεδίας (εικόνα 3) καθώς συγκρατούνται μεταξύ τους με επιφανειακή τάση. Άλλα γένη εναποθέτουν τα αυγά τους στην κάτω επιφάνεια υδροχάρων φύλλων (*Mansonia*), ενώ, άλλα σε περιστασιακά υγρές επιφάνειες (*Aedes*, *Psorophora*, *Haemagogus*). Τα τελευταία, είναι ανθεκτικά στην ξηρασία καθώς μεταπίπτουν σε μία κατάσταση αδράνειας, όμως απαιτούν την κάλυψή τους με νερό προκειμένου να εκκολαφθούν. Σε ορισμένα μάλιστα είδη, είναι απαραίτητο να δεχτούν επιπλέον κάποιο ερέθισμα (π.χ. θερμοκρασία, φωτοπερίοδος κ.α.), για να γίνει η εκκόλαψη (Service 2014).



Εικόνα 3: Αυγά κουνουπιών γένους *Culex* χαρακτηριστικά τοποθετημένα σαν σχεδία Πηγή: [www.mosquito.org](http://www.mosquito.org)

Κάθε θηλυκό άκμαιο γεννά από 100 έως 500 αυγά σε κάθε γονοτροφικό κύκλο, ανάλογα με το είδος, ενώ στις επόμενες ωοτοκίες (έως 10) ο αριθμός αυτός μειώνεται σταδιακά (conops.gr). Τα αυγά, κατά την εναπόθεση είναι ανοιχτόχρωμα έως λευκά και το μέγεθός τους δεν ξεπερνά το 1χιλ.. Κατά κανόνα είναι επιμήκη ή ωοειδή ενώ το γένος *Anopheles* έχει χαρακτηριστικό σχήμα βάρκας. Από τη στιγμή που βρεθούν σε άμεση επαφή με το νερό έως ότου εκκολαφθούν, μεσολαβούν 1 έως 3 ημέρες στα τροπικά κλίματα και 7 έως 21 ημέρες στα ψυχρότερα (ανάλογα

με το είδος και τη θερμοκρασία), διάστημα στο οποίο αποκτούν μια εμφανώς πιο σκούρα απόχρωση, σχεδόν μαύρη (Hickman et al., 2002, Service, 2014).

#### 4.2.2 Στάδιο προνύμφης - larva

Από κάθε αυγό θα εκκολαφθεί μία προνύμφη (εικόνα 4). Οι προνύμφες έχουν διακριτό τμήμα κεφαλής, θώρακα και κοιλιάς, ενώ απουσιάζουν πλήρως τα βαδιστικά εξαρτήματα. Έχουν χαρακτηριστική μορφολογία καθώς το τμήμα του θώρακα είναι διογκωμένο και πιο πλατύ από την κεφαλή και την κοιλιά. Με εξαίρεση το γένος *Anopheles*, οι προνύμφες διαθέτουν ένα αναπνευστικό σιφώνιο (siphon) στο 8<sup>ο</sup> κοιλιακό τμήμα, το οποίο τους επιτρέπει να προσλαμβάνουν οξυγόνο από τον αέρα. (Dixon and Brust, 1972)



Εικόνα 4: Προνύμφη κουνουπιού.

Πηγή: [www.mosquito.org](http://www.mosquito.org)

Κινούνται έντονα, περιστρέφοντας το κοιλιακό τους τμήμα, ενώ η κίνηση προς τα εμπρός γίνεται αργά, με τη βοήθεια των στοματικών θύσανων (mouth brush) της κεφαλής που χρησιμοποιούνται σαν έλικες. Οι στοματικοί θύσανοι είναι υπεύθυνοι και για την θρέψη των προνυμφών, καθώς κατευθύνουν το νερό με τα οργανικά σωματίδια και μικροοργανισμούς στη στοματική τους κοιλότητα.

Το στάδιο της προνύμφης χαρακτηρίζεται από υψηλό ρυθμό σωματικής αύξησης που τις κατατάσσει σε 4 ηλικίες (1-4). Η συνολική διάρκεια του σταδίου της προνύμφης κυμαίνεται από 5 έως 10 ημέρες, ανάλογα το είδος του κουνουπιού, τη θερμοκρασία του νερού και την διαθεσιμότητα της τροφής. Όταν η ανάπτυξη της προνύμφης ολοκληρωθεί, εκδύονται και μεταμορφώνονται σε νύμφες. (Dixon and Brust, 1972, conops.gr)

#### 4.2.3.Στάδιο νύμφης - pupa

Οι νύμφες, είναι ένα σύντομο στάδιο στον κύκλο ζωής του κουνουπιού, το οποία αποτελεί τη μετάβασή του από την υδρόβια φάση σε αυτή του ενήλικου, ολοκληρωμένου κουνουπιού. Διαρκεί 2 έως 3 ημέρες, διάστημα στο οποίο οι νύμφες ζουν εξολοκλήρου στο νερό και, παρόλο που παρουσιάζουν έντονη κινητικότητα, δεν τρέφονται καθόλου. Το σχήμα τους είναι χαρακτηριστικά κυρτό, σε σχήμα κόμματος (comma shaped). Το εμπρόσθιο τμήμα είναι αρκετά μεγάλο και αποτελείται από το κεφάλι και το θώρακα (κεφαλοθώρακας). Στο άνω τμήμα του κεφαλοθώρακα, στα περισσότερα είδη, έχει ήδη αναπτυχθεί ένα ζεύγος αναπνευστικών εξαρτημάτων (αναπνευστικό σιφώνιο), που τους δίνει τη δυνατότητα αναπνοής στον ατμοσφαιρικό αέρα. Για τον λόγο αυτό οι νύμφες παραμένουν στην επιφάνεια του νερού το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (εικόνα 5). Μόνο οι νύμφες της υποοικογένειας *Anophelinae* δεν έχουν σιφώνιο και για το λόγο αυτό παραμένουν στην επιφάνεια του νερού για να προσλάβουν το απαραίτητο οξυγόνο (conops.gr).



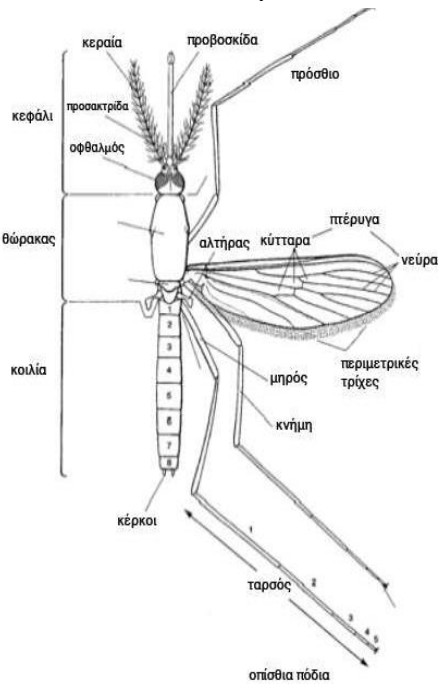
Εικόνα 5: Νύμφη κουνουπιού.

Πηγή: [www.mosquito.org](http://www.mosquito.org)

Το τέλος του νυμφικού σταδίου ορίζεται όταν οι νυμφικοί ιστοί αρχίσουν να αποδομούνται, το νυμφικό περίβλημα να λεπταίνει και να σπάει σε διάφορα σημεία και το ενήλικο κουνούπι (ακμαίο) να αναδύεται/αναδομείται από αυτό και να ελευθερώνεται στην επιφάνεια του νερού. (Harold, 1985) Αυτό συμβαίνει διότι η εσωτερική πίεση της νύμφης αυξάνεται όσο αυτή

εισπνέει αέρα και έτσι από το σπασμένο νυμφικό περίβλημα ξεπροβάλλει σιγά σιγά το άκμαιο και στέκεται στην επιφάνεια του νερού.

#### 4.2.4 Στάδιο ακμαίου



Εικόνα 6: Διαγραμματική απεικόνιση ενήλικου, θηλυκού ακμαίου (Service, 2014)

Το ενήλικο, πλέον, κουνούπι είναι ανεξάρτητο από το νερό καθώς έχει πλήρως ανεπτυγμένα όλα τα οργανικά του συστήματα. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα στάδια, ζει αποκλειστικά έξω από το νερό και έχει την ικανότητα να πετάει, χάρη στο μοναδικό ζεύγος λειτουργικών πτερύγων που φέρει στο οπίσθιο άκρο του θωρακικού τμήματος. Παρότι το σώμα του εξακολουθεί να διαιρείται σε κεφαλή- θώρακα- κοιλιά, η εξωτερική του μορφολογία δεν θυμίζει σε τίποτα τα προηγούμενα στάδια. Η γενική εξωτερική μορφολογία του ακμαίου παρουσιάζεται στην εικόνα 6 και περιγράφεται παρακάτω μαζί με ορισμένες ιδιαιτερότητες που παρουσιάζουν ορισμένα είδη και φύλα.

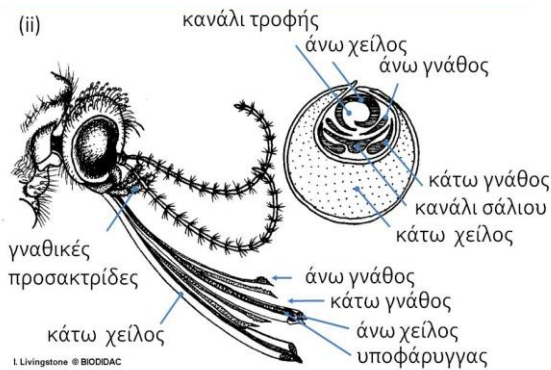
#### Κεφαλή

Το πρόσθιο μέρος του ακμαίου, η κεφαλή, απαρτίζεται από το ζεύγος των οφθαλμών, των κεραίων και των προσακτιδίων και τα στοματικά μόρια που βρίσκονται πάνω στην προβοσκίδα. Οι **οφθαλμοί** είναι σύνθετοι, ευδιάκριτοι και ευμεγέθεις, με σχήμα νεφροειδές. Κάθε σύνθετος οφθαλμός αποτελείται από μεγάλο αριθμό οπτικών μονάδων, τα ομμάτια, τα οποία καθορίζουν την οξύτητα της όρασής τους. Είναι τοποθετημένοι στη νωτιαία πλευρά της κεφαλικής κάψας, εξωτερικά του ζεύγους των κεραίων. (Μπούφας και Παππά, 2015)

Οι **κεραίες** είναι νηματοειδείς, με αρθρώσεις και βρίσκονται στην μετωπική πλευρά της κεφαλής. Αποτελούνται από τρεις αρθρώσεις: το σκάπο, χάρη στο οποίο αρθρώνεται από την κεφαλική κάψα, τον ποδίσκο και το μαστίγιο. Αποτελούν αισθητήρια, οσφρητικά κυρίως, όργανα που τους επιτρέπουν να ανιχνεύουν οσμηρές πτητικές ουσίες, μέσω των κατάλληλων υποδοχέων. Στα αρσενικά, στην βάση της κεραίας, βρίσκεται το όργανο Johnston, ένα χορδοτονικό όργανο που τους επιτρέπει να αντιλαμβάνονται τον ήχο που παράγουν τα θηλυκά άκμαιο με τις πτέρυγές τους, καθώς πετούν. (Μπούφας και Παππά, 2015). Επίσης, οι



Εικόνα 7: Κεφάλι με κεραίες αρσενικού ακμαίου *Cx. ripiens* [www.nikonsmallworld.co](http://www.nikonsmallworld.co)



Εικόνα 8: Κεφαλή άκμαιοι με στοματικά μόρια (Service 2014)

κεραίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διάκριση του φύλου καθώς στα θηλυκά φέρουν σπείρες με διακριτικές, κοντές τρίχες, ενώ αντίθετα, στα περισσότερα αρσενικά, οι κεραίες είναι ευδιάκριτες εξαιτίας των άφθονων, μακρών κεραίων που τους δίνει μία φουντωτή όψη (εικόνα 7).



Ακριβώς κάτω από κάθε κεραία, υπάρχει μία **προσακτρίδα**. Στα κοινά κουνούπια, οι προσακτρίδα είναι πολύ κοντές στα θηλυκά και μακριές στα αρσενικά. Αντίστοιχα, στο γένος *Anopheles* στα θηλυκά οι προσακτρίδες εμφανίζουν αιχμηρό άκρο, ενώ στα αρσενικά είναι διογκωμένες. Από το κέντρο της κεφαλής προβάλλει μία απλή, αλλά μακριά, προβοσκίδα η οποία εκτείνεται προς τα εμπρός. Η **προβοσκίδα** εμπεριέχει τα στοματικά μόρια, τα οποία είναι νύσσωνος μυζητικού τύπου καθώς είναι κατάλληλα για τη νύξη φυτικών ή ζωικών ιστών (εικόνα 8). Στα θηλυκά άκμια, τα στοματικά μόρια είναι οξύληκτα και έχουν προκύψει από διαφοροποίηση των άνω και κάτω γνάθων, του επιφάρυγγα και του υποφάρυγγα. Με αυτά επιτυγχάνεται η νύξη, δηλαδή η διάτρηση του δέρματος και η απομύζηση του αίματος. Το κάτω χείλος έχει υποστηρικτικό ρόλο, παρέχοντας προστασία στα ξιφίδια (Τζανακάκης 1995). Αντίθετα, στα αρσενικά άκμια, τα στοματικά μόρια είναι ατελώς ανεπτυγμένα. Αυτή η κατασκευή περιορίζει το αρσενικό φύλο στην απομύζηση υγρών, μόνο από φυτικούς ιστούς και κυρίως στην διατροφή τους με νέκταρ.

### Θώρακας

Το οπίσθιο μέρος της κεφαλής καταλήγει στον θώρακα. Ο θώρακας είναι στενός και σχετικά βραχύς. Καλύπτεται εξ ολοκλήρου από λέπια τα οποία συνήθως είναι λευκά, καφέ ή μαύρα, γυαλιστερά ή μη. Η διάταξη των λεπιών στην ραχιαία πλευρά είναι χαρακτηριστική για ορισμένα είδη (π.χ. *Aedes*), προσδίδοντας τους ένα μοναδικό διάκοσμο. Χωρίζεται σε τρία μέρη: τον προ-θώρακα, τον μεσο-θώρακα και τον μετα-θώρακα. Πάνω στον θώρακα εντοπίζονται το ζεύγος των πτερύγων, τα πόδια και οι αλτήρες και ο θυρεός.

Σε κάθε ένα από τα τρία μέρη του θώρακα υπάρχει από ένα ζεύγος μακριών, λεπτών και αρθρωτών ποδιών. Το κάθε πόδι αποτελείται από πέντε άρθρα, το ισχίο (coxa), τον τροχαντήρα (trochanter), τον μηρό (femur), την κνήμη (tibia), τον ταρσό (tarsus), που αποτελείται από 5 επιμέρους τμήματα, και τον πρόταρσο (pretarsus). Ο ταρσός αποτελείται από 5 ανισοσκελή τμήματα που ονομάζονται ταρσομερή (tarsomeres) και δεν φέρουν εξωτερικούς μυς. (Διονυσοπούλου, 2013). Το άκρο του ποδιού ονομάζεται πρόταρσο και καταλήγει σε ένα ζεύγος απλών ή με δόντι ονύχων (claws/ungues) και παράλληλα φέρει το εμπόδιο ή ενδοπόδιο και τους προσκολλητικούς λοβούς (pulvilli). Τα πόδια καλύπτονται επίσης με λέπια (λευκά, καφέ ή μαύρα), η διάταξη των οποίων συχνά σχηματίζει δακτυλίους. (Service, 2008)

Οι δύο λειτουργικές πτέρυγες των κουνουπιών, εκφύονται από τη ραχιαία πλευρά του θώρακα. Είναι μακριές και λεπτές, με αποτέλεσμα να καλύπτουν την κοιλία σαν ένα κλειστό ψαλίδι, όταν το ακμαίο βρίσκεται σε ανάπαυση. Πάνω στις πτέρυγες διακρίνονται οι νευρώσεις, οι οποίες αποτελούν προέκταση του κυκλοφορικού τους συστήματος. Ο αριθμός και η διάταξη των νεύρων των άκμιαων αποτελεί χαρακτηριστικό, που τα διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα δίπτερα, όμως δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες αποκλίσεις ανάμεσα στα είδη των φύλου Culicidae. (Διονυσοπούλου, 2013) Αντίθετα, τα λέπια που καλύπτουν πάντα τις νευρώσεις, συχνά αποτελούν χαρακτηριστικό γνώρισμα ανάμεσα στα γένη και τα είδη, εξαιτίας των διαφορών στο σχήμα τους αλλά και στο διάκοσμο που δημιουργούν. Συνήθως του χρώμα τους είναι καφέ, μαύρο, λευκό ή κιτρινωπό, ενώ σπάνια παρατηρούνται πιο έντονες αποχρώσεις. Επιπλέον, ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αποτελούν οι κροσσοί που μπορεί να σχηματιστούν από τα λέπια κατά μήκος του εξωτερικού άκρου της πτέρυγας.

Οι οπίσθιες, ατροφικές πτέρυγες, έχουν μετατραπεί σε ένα ζεύγος αλτήρων που μοιάζουν με μικρούς κόμπους. Οι αλτήρες βρίσκονται στον μετα-θώρακα και έχουν ισορροπητικό ρόλο κατά την πτήση. (Διονυσοπούλου, 2013, Service, 2008)

#### *Κοιλία*

Η κοιλία ακολουθεί τον θώρακα και είναι στενή και μακριά. Αποτελείται από 10 τμήματα, εκ των οποίων μόνο τα 7-8 πρώτα είναι ορατά. Στα αρσενικά, το 9<sup>ο</sup> κοιλιακό τμήμα φέρει μέρος του γεννητικού οπλισμού που ονομάζεται υποπύγιο (hypopygium). Στα θηλυκά το τελευταίο τμήμα καταλήγει σε ένα ζεύγος μικρών, δακτυλιοειδών κέρκων. Σε ορισμένα είδη (π.χ. Culicinae) η κοιλία καλύπτεται εξ ολοκλήρου από λέπια (υπόλευκα, καφέ ή άλλη σκουρόχρωμη απόχρωση) ενώ σε άλλα (Anophelinae) απουσιάζουν πλήρως. Εξαιτίας της χαμηλής σκληρωτίτισης, η κοιλία είναι το πιο μαλακό τμήμα στο σώμα των άκμιαων, γεγονός που επιτρέπει την διόγκωση. Συγκεκριμένα, στα θηλυκά άκμια, η κοιλία διογκώνεται στην περίπτωση που έχει τραφεί με αίμα, οπότε και έχει κοκκινωπή απόχρωση, και στην περίπτωση που είναι γεμάτη με γονιμοποιημένα αυγά, οπότε το χρώμα της είναι υπόλευκο. (Service 2008)

### 4.3 ΓΕΝΝΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Στα άκμια, το γεννητικό άνοιγμα εντοπίζεται κάτω από την έδρα, στο 8<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> κοιλιακό τμήμα. Περιβάλλεται από εξειδικευμένους σκληρίτες, οι οποίοι διαμορφώνουν τον εξωτερικό γεννητικό οπλισμό που στα αρσενικά ονομάζεται υποπύγιο. Το υποπύγιο αποτελείται από το γονόστυλο (gonostylus) που είναι ένα ζεύγος λαβίδων οι οποίες χρησιμεύουν στη σύλληψη και συγκράτηση του θηλυκού. Μεταξύ των γονόστυλων υπάρχει ο αδιαγός (aediagus), ένα σωληνόμορφο εξάρτημα που αποτελείται από το φαλλό (phallus) και ένα ζεύγος παραμερών (parameres) και περικλείει το γεννητικό άνοιγμα του αρσενικού. Τα παραμερή φύονται στα πλάγια της βάσης του φαλλού και χρησιμεύουν στη συγκράτηση του γεννητικού οπλισμού του θηλυκού κατά τη σύζευξη. (Service 2014) Αντίστοιχα, στα θηλυκά κουνούπια ο γεννητικός οπλισμός που βρίσκεται στο 8<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> κοιλιακό τμήμα χρησιμεύει τόσο στη σύζευξη όσο και στην ωοτοκία. Επειδή τα θηλυκά άκμια δεν διαθέτουν ειδικό ωοθέτη, τη λειτουργία αυτή διαδραματίζουν τα ακραία κοιλιακά τμήματα που ονομάζονται κέρκοι (Service, 2014).

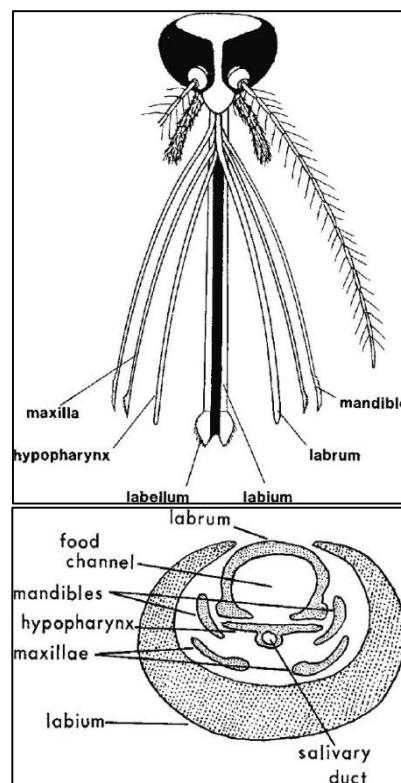
Το πρώτο ζευγάρι πραγματοποιείται σύντομα μετά την ενηλικίωση του ακμαίου. Αρκεί μία μόνο σύζευξη, καθώς το σπέρμα που θα εισέλθει στην σπερματοθήκη αρκεί για να γονιμοποιήσει όλα τα αυγά που θα παραχθούν από το θηλυκό άκμια σε όλη τη διάρκεια της ζωής του. Τα γονιμοποιημένα αυγά, προκειμένου να αναπτυχθούν, χρειάζεται να προσλάβουν πρωτεΐνες και άλλα θρεπτικά συστατικά. Στα περισσότερα είδη τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά παρέχονται από το αίμα, που θα απομυζήσει το θηλυκό ακμαίο (αυτόγωνα ανάπτυξη). Σε σπάνιες περιπτώσεις, που αφορούν μη αιμομυζητικά είδη, τα θρεπτικά αυτά συστατικά παρέχονται από την μητέρα χωρίς την ανάγκη πρόσληψης αίματος (μη αυτόγωνα ανάπτυξη).

Κατά την αυτόγωνα ανάπτυξη, μετά το πρώτο γεύμα με αίμα, η κοιλία του θηλυκού ακμαίου είναι διογκωμένη και έντονα κόκκινη. Μετά από μερικές ώρες το αίμα σκουραίνει και καθώς πέπτεται και ωριμάζουν τα αυγά, γίνεται σταδιακά ανοιχτόχρωμη από την άκρη προς τον θώρακα. Το στάδιο στο οποίο η κοιλία εμφανίζει διχρωμία, είναι δηλαδή ανοιχτόχρωμη στην άκρη και σκούρα κόκκινη προς τον θώρακα, το ακμαίο θεωρείται ημι-εγκυμονούν (semi-gravid). Με την ολοκλήρωση της πέψης η κοιλία έχει γίνει εξ' ολοκλήρου ανοιχτόχρωμη και έχει διογκωθεί πλήρως. Τότε το ακμαίο είναι ετοιμόγεννο (gravid) και αναζητά την κατάλληλη επιφάνεια για την εναπόθεση των αυγών. Στα τροπικά κλίματα η πέψη πραγματοποιείται σε 2

έως 3 ημέρες, ενώ στα πιο ψυχρά η διαδικασία διαρκεί από 7 έως 14 ημέρες. Μετά την ωθουσία, το ήδη γονιμοποιημένο ακμαίο αναζητά εκ νέου αίμα και ακολουθεί η ίδια διαδικασία η οποία ονομάζεται γονοτροφικός κύκλος (gonotrophic cycle) (Service, 2008).

#### 4.4 ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ & ΔΙΑΤΡΟΦΗ

Τα στοματικά εξαρτήματα των άκμαίων, είναι νύσσοντος μυζητικού τύπου και βρίσκονται στην μακριά και προεξέχουσα προς τα εμπρός προβοσκίδα (Εικόνα 9). Η νύξη πραγματοποιείται από το κάτω χείλος (labium), το οποίο είναι ένα μακρύ, σωληνώδες εξάρτημα που καταλήγει σε ένα ζεύγος στοματικών λοβών, τα γλωσσίδα (labellum). Σε εγκάρσια τομή, το κάτω χείλος έχει πεταλώδη μορφή και μοιάζει να περικλείει τα υπόλοιπα στοματικά εξαρτήματα, σαν ένας προστατευτικός κολεός. Αντιδιαμετρικά του κάτω χείλους, βρίσκεται το μακρύ και λεπτό άνω χείλος (labrum) για να ολοκληρώσει τον προστατευτικό κολεό. Αντίθετα με το κάτω χείλος, το άνω χείλος είναι οξύληκτο και ελαστικό. Κατά μήκος της εσωτερικής του επιφάνειας διακρίνεται μία εσοχή η οποία δίνει στο κάτω χείλος επίσης μια πεταλώδη μορφή στην εγκάρσια τομή του. Μεταξύ άνω και κάτω χείλους υπάρχουν πέντε βελονοειδείς δομές: ένα ζεύγος οδοντωτών κάτω γνάθων (*maxilla*), ένα ζεύγος άνω γνάθων (*mandible*) και στο κέντρο όλων βρίσκεται ο απλός, κοίλος υποφάρυγγας (*hypopharynx*). Οι γνάθοι χρησιμεύουν κυρίως στον χειρισμό και την κατάποση της τροφής, ενώ ο υποφάρυγγας φέρει ένα σιελογόνο αγωγό από τον οποίο εκκρίνεται σίελο. Το σίελο παράγεται στους τρίλοβους σιελογόνους αδένες που εντοπίζονται στο πρόσθιο τμήμα του θώρακα και περιέχει αναισθητικές ουσίες που μειώνουν τις αμυντικές αντιδράσεις του ξενιστή κατά το τσίμπημα.



Εικόνα 9: Στοματικά μέρια θηλυκού ακμαίου α) σε πρόσοψη και β) σε κάτοψη (Baranitharan, 2018)

Η νύξη του αίματος από τα θηλυκά άκμαια ξεκινάει με το τσίμπημα. Για να επιτευχθεί αυτό, τα γλωσσίδα του κάτω χείλους ακουμπούν στο δέρμα και το στερεοποιούν. Στη συνέχεια το ελαστικό κάτω χείλος κυρτώνεται προς τα πίσω, επιτρέποντας στα υπόλοιπα στοματικά μέρη να τρυπήσουν το δέρμα. Από την πρώτη κιάλας στιγμή της νύξης, ο σιελογόνος αγωγός απελευθερώνει τις αναισθητικές του ουσίες, προκειμένου το τσίμπημα να μην γίνει αντιληπτό από τον ξενιστή. Σε μερικά είδη μάλιστα, ο σίελος περιέχει και αντιπηκτικές ουσίες, που διευκολύνουν την ροή του αίματος κατά την νύξη. Επιπλέον, οι ουσίες αυτές εμποδίζουν την φράξη του τροφικού αγωγού καθώς αποτρέπουν την πήξη του αίματος, ενώ ευθύνονται και για τον ερεθισμό του δέρματος που προκαλείται μετά το τσίμπημα. Στα αρσενικά άκμαια, οι γνάθοι είναι υποπλασμένοι ή απουσιάζει πλήρως το ζεύγος των άνω γνάθων. Για το λόγο αυτό, τα αρσενικά άκμαια δεν μπορούν να τσιμπήσουν. (Service, 2014)

##### 4.4.1 Τροφικές απαιτήσεις κουνουπιών

Η διατροφή των κουνουπιών παρουσιάζει σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων αλλά και μεταξύ των αναπτυξιακών σταδίων.

Οι προνύμφες τρέφονται σχεδόν παθητικά με οργανικά σωματίδια και μικροοργανισμούς που βρίσκονται στο νερό, ενώ οι νύμφες δεν τρέφονται καθόλου. Αντίθετα, τα ενήλικα κουνούπια, που έχουν αυξημένες ενεργειακές τους ανάγκες (πτήση, αναπαραγωγή κ.α.), τρέφονται με σακχαρώδεις ουσίες που βρίσκουν σε ώριμα φρούτα, στα φύλλα και τις εκκρίσεις διάφορων φυτών, στο νέκταρ των λουλουδιών αλλά και στις εκκρίσεις μελιτογόνων εντόμων (π.χ. μέλισσα) (Samanidou–Voyadjoglou A. & Harbach RE. 2001) Επιπλέον, τα θηλυκά άκμια χρειάζονται να τραφούν με αίμα, προκειμένου να διαθέσουν τις απαραίτητες πρωτεΐνες για την παραγωγή και ωρίμανση των αυγών τους μετά τη γονιμοποίηση.

Η ανάγκη των θηλυκών άκμιαων για αίμα τα καθιστά επιθετικούς θηρευτές, που απομυζούν αίμα από διάφορα σπονδυλόζωα. Ανάλογα το είδος, υπάρχουν θηλυκά άκμια που περιορίζονται σε μία μόνο κατηγορία σπονδυλωτών (π.χ. ποικιλόθερμα ή ομοιόθερμα) ενώ άλλα είναι παμφάγα και τρέφονται από πολλαπλούς ξενιστές. Το ποσοστό των άκμιαων που είναι ανθρωποφάγα είναι σχετικά μικρό, παρόλα αυτά είναι πολύ σημαντικό καθώς είναι υπεύθυνο για την μετάδοση ασθενειών (Σαββοπούλου-Σουλτάνη και συν., 2011).

#### 4.4.2. Θήρευση- Απομύζηση

Οι σακχαρώδεις ουσίες γίνονται άμεσα αντιληπτές από τα ενήλικα κουνούπια, κυρίως με την όσφρηση. Αντίθετα, ο εντοπισμός του ξενιστή, από τον οποίο θα γίνει η απομύζηση του αίματος, γίνεται έμμεσα καθώς τα άκμια δεν οσφραίνονται το αίμα αυτό καθ' αυτό. Οι οσφρητικοί υποδοχείς που διαθέτουν τα θηλυκά άκμια στις κεραίες τους, εντοπίζουν διάφορες πτητικές ουσίες που αποβάλλει ο οργανισμός των ζωντανών σπονδυλωτών, κυρίως με την αναπνοή. Τέτοιες ουσίες είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το γαλακτικό οξύ, η ακετόνη, η βουτανόλη, η οκτενόλη καθώς και ορισμένες φαινολικές ενώσεις (Becker *et al*, 2003). Χαρακτηριστικά όπως η θερμοκρασία του σώματος, η υγρασία και η κίνηση, αποτελούν δευτερεύοντες προσελκυστικούς παράγοντες που γίνονται αντιληπτά από τα θηλυκά άκμια και τα οδηγεί στον υποψήφιο ξενιστή. Συγκεκριμένα, σε κοντινή απόσταση, τα άκμια είναι ικανά να ανιχνεύσουν μεταβολές στην θερμοκρασία ακόμα και στην τάξη των 0,2°C, ενώ η οξεία τους όραση τους επιτρέπει να αντιλαμβάνονται κινήσεις και χρώματα ακόμα και σε χαμηλό φωτισμό. Σκούρα χρώματα όπως το μαύρο, μπλε και κόκκινο φαίνεται να προσελκύουν περισσότερο τα άκμια συγκριτικά με τα ανοιχτόχρωμα (λευκό, κίτρινο) (Lehane, 1991).

Παρότι η μέθοδος εξεύρεσης ξενιστή διαφέρει ανάμεσα στα διαφορετικά είδη άκμιαων, διακρίνονται τρεις βασικές κατηγορίες, σε κάθε μία από τις οποίες τα είδη χρησιμοποιούν διαφορετικά ερεθίσματα που προσανατολίζουν την πτήση τους (Becker *et al*, 2003):

α) τυχαία αναζήτηση. Τα άκμια δεν έχουν συγκεκριμένη κατεύθυνση ή προσανατολισμό πτήσης και εντοπίζουν τον ξενιστή μόνο όταν έρθουν σε κοντινή με αυτόν απόσταση.

β) προσανατολισμένη αναζήτηση. Τα άκμια βασίζονται σε γενικά ερεθίσματα (π.χ. φωτισμός) για να κατευθύνουν την πτήση τους προς την περιοχή αυτή.

γ) εντοπισμένη αναζήτηση. Τα άκμια έχουν εντοπίσει, μέσω των αισθητήριων οργάνων τους, κάποιον συγκεκριμένο ξενιστή στο γειτονικό περιβάλλον και κατευθύνονται απευθείας προς αυτόν.

## 4.5 ΠΤΗΣΗ

Η ικανότητα πτήσης των άκμιαων τους επιτρέπει να αναζητήσουν τροφή (ξενιστή ή νέκταρ), ταίρι για αναπαραγωγή και εστίες για ανάπαυσης ή ωοθεσία. Για τους λόγους αυτούς



πραγματοποιείται εκούσια πτήση χωρίς συγκεκριμένο προσανατολισμό, η οποία αποτελεί την βασική αιτία όχλησης για τον άνθρωπο (Service, 1997). Παρότι η μέση μέγιστη απόσταση πτήσης κυμαίνεται από 50 m έως και 50 km (ανάλογα με το είδος), οι μη-προσανατολισμένες πτήσεις καλύπτουν πολύ μικρότερες αποστάσεις, μεταξύ 25 m και 6 km. Οι πτήσεις μεγάλων αποστάσεων ή οι μεταναστευτικές πτήσεις σχετίζονται στενά με τις οικολογικές προτιμήσεις και τη φυσιολογία των ειδών (Verdonschot and Lototskaya, 2014) και συχνά γίνονται παθητικά, με τα σμήνη των ιπτάμενων άκμαιων να παρασύρονται από το άνεμο (Provost, 1952). Η παθητική αυτή διασπορά εξαρτάται τόσο από την ταχύτητα όσο και από την διεύθυνση του αέρα (Bailey *et al*, 1965). Σε ορισμένα αφρικανικά είδη του γένους *Anopheles* (*An. coluzzii*, *An. gambiae* s.s. και *An. coustani*) παρατηρήθηκε πρόσφατα πτήση πάνω από την έρημο Σαχάρα σε ετοιμόγεννη κατάσταση. Σκοπός αυτής της μετακίνησης πιθανολογείται πως ήταν η μετανάστευση προς ευνοϊκότερου περιβάλλοντος για να αποθέσουν τα αυγά τους. Τέτοιου είδους μεταναστεύσεις ενέχουν μεγάλο κίνδυνο μεγάλης διασποράς των ασθενειών που μεταδίδονται από άκμια (Huestis *et al*, 2019).

## 5 ΓΕΝΗ ΑΚΜΑΙΩΝ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ

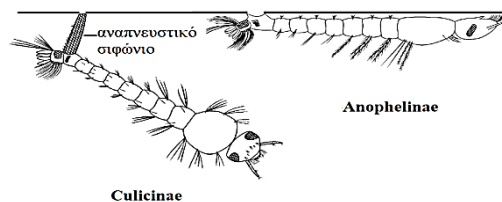
Παρόλο που το ποσοστό των ανθρωπόφιλων και ανθρωποφάγων άκμαιων είναι σχετικά μικρό, απασχολεί ιδιαίτερα την ανθρωπότητα, εξαιτίας της μετάδοσης σοβαρών ασθενειών. Από το σύνολο των αιμομυζητικών άκμαιων των υποοικογενειών *Anophelinae* και *Culicinae*, μόνο τα γένη *Anopheles*, *Aedes*, *Culex*, *Haemagogus*, *Sebethes*, *Mansonia* και *Psorophora* περιλαμβάνουν σημαντικό αριθμό ειδών που αποτελούν μεταβιβαστές σοβαρών ασθενειών. Ειδικότερα τα γένη *Anopheles*, *Aedes*, *Culex* και *Haemagogus* είναι οι κύριοι διαβιβαστές φιλαριάσεων, αρμποϊών (ιός Δυτικού Νείλου, πυρετός Chikungunya) και ασθενειών όπως ο Κίτρινος πυρετός, ο Δάγκειος πυρετός και η ελονοσία. (Service 2008)

### 5.1 ΥΠΟΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ANOPHELINAE

Τα είδη της υπο-οικογένειας *Anophelinae* έχουν την κοινή ονομασία «ανωφελή». Έχουν παγκόσμια εξάπλωση, και προτιμούν περιοχές με τροπικό, υποτροπικό ή εύκρατο κλίμα. Το γένος *Anopheles* είναι το μοναδικό που ανήκει στα *Anophelinae* και είναι μείζονος υγειονομικής σημασίας καθώς πολλά είδη του είναι φορείς σοβαρών ασθενειών.

Τα ανωφελή κουνούπια διακρίνονται από τα υπόλοιπα άκμια (κοινά κουνούπια) για τους παρακάτω λόγους (Service, 2008):

- Τα αυγά των ανωφελών έχουν σχήμα όμοιο με βάρκας και εναποτίθενται μεμονωμένα στην επιφάνεια του νερού, όπου επιπλέουν χάρη στους πλωτήρες, δηλαδή ένα πλευρικό ζεύγος σάκων γεμάτων αέρα.
- Οι προνύμφες διαθέτουν φοινικοειδείς σμήριγγες, οι οποίες λειτουργούν σαν τρίχες επίπλευσης και τους επιτρέπουν να παραμένουν στην επιφάνεια του νερού. Εκεί, αντίθετα με τα κοινά κουνούπια, στέκονται παράλληλα με την επιφάνεια του νερού προκειμένου να προσλάβουν το απαραίτητο οξυγόνο, καθώς δεν διαθέτουν αναπνευστικό σιφώνιο (Εικόνα 10).



Εικόνα 10: Σχηματική αναπαράσταση προνύμφης και η κλίση της με την επιφάνεια του νερού (Coetzee, 2017)

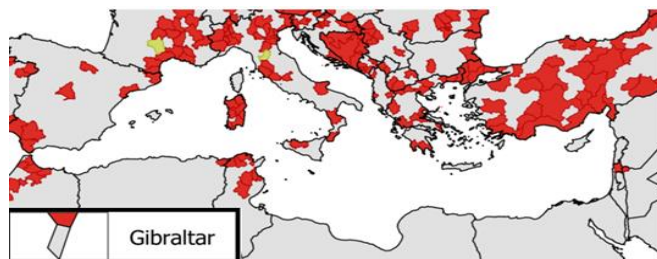
- Οι νύμφες των ανωφελών διαφέρουν από τις αντίστοιχες των κοινών κουνουπιών, καθώς φέρουν τρίχες πλευρικών των τμηματικών ενώσεων και οι αναπνευστικές χοάνες, έχουν χοανοειδές σχήμα αντί για κυλινδρικό.
- Το τέλει ανωφελές, διακρίνεται από την γωνία που σχηματίζει με την επιφάνεια, όταν βρίσκεται σε ανάπαυση. Επίσης, την ίδια στιγμή, η προβοσκίδα και η κοιλιά είναι ευθυγραμμισμένα. Πολλά είδη ανωφελών κουνουπιών έχουν στίγματα στις πτέρυγές τους που οφείλονται στον χρωματισμό των λεπιών. Άλλες διαφορές αφορούν στις γναθικές προσακτρίδες, τους σιελογόνους αδένες και τη σπερματοθήκη των θηλυκών η οποία είναι μοναδική.

Τα ανωφελή αναπτύσσονται κοντά σε καθαρά, μη μολυσμένα νερά, γλυκά ή υφάλμυρα. Οι προνύμφες των ανωφελών προτιμούν τα καθαρά, ακίνητα ή χαμηλής ροής νερά με άφθονη χλωρίδα να επιπλέει στην επιφάνεια. Τέτοια είναι οι λίμνες, τα έλη, οι ορυζώνες, οι βάλτοι, αλλά και περιοχές με περιστασιακά νερά όπως οι λακκούβες, τα δοχεία, οι κοιλότητες δένδρων, τα πηγάδια κ.α. Στην επιφάνεια αυτών των νερών γίνεται η ωοθεσία 50 έως 200 αυγών. Εκεί, ανάλογα με το κλίμα (τροπικό ή εύκρατο) τα αυγά θα εκκολαφθούν μέσα σε 2 έως 21 ημέρες, με την προϋπόθεση να υπάρχει υγρασία. Οι προνύμφες που παραμένουν στην επιφάνεια του νερού, τρέφονται με ζύμες, βακτήρια, πρωτόζωα και άλλους μικροοργανισμούς που φιλτράρουν από αυτό. Τόσο οι νύμφες, όσο και οι προνύμφες των ανωφελών, είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες σε δονήσεις και σκιές με αποτέλεσμα να μετακινούνται συχνά προς τον πυθμένα, όπου παραμένουν για ελάχιστα λεπτά.

Τα ενήλικα ανωφελή δραστηριοποιούνται κυρίως στο ημίφως, κατά τη διάρκεια της ανατολή και της δύσης του ήλιου, και την νύχτα. Τότε λαμβάνει χώρα η εναπόθεση των αυγών σε υδατινές επιφάνειες αλλά και η λήψη αίματος που πραγματοποιείται αποκλειστικά σε θερμόαιμα, δηλαδή θηλαστικά και πτηνά. Η πτήση τους δεν ξεπερνά τα 1-3 χλμ περιφερειακά της εστίας των προνυμφών. Την ημέρα συγκεντρώνονται σε δροσερά και σκιερά μέρη. Συνολικά ένα ανωφελές κουνούπι μπορεί να ζήσει από 2 έως 5 εβδομάδες (Service, 2014).

### 5.1.1 Γένος *Anopheles*

Τα άκμια του γένους *Anopheles* έχουν χαρακτηριστική στάση σώματος με την προβοσκίδα, το κεφάλι και το σώμα να είναι σε μία ευθεία γραμμή. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό που συντελεί στην ταυτοποίησή τους είναι οι πτέρυγες οι οποίες φέρουν μικρά στίγματα (Service, 2014).



Χάρτης 6: Κατανομή κουνουπιών της ομάδας *An. maculipennis* στη Μεσόγειο για τον Ιούλιο 2019. Πηγή ECDC, 2019 (τροποποιημένο).

Τα είδη του γένους *Anopheles*, έχουν παγκόσμια εξάπλωση και συναντώνται τόσο σε τροπικές όσο και σε εύκρατες περιοχές, με εξαίρεση τον Ειρηνικό και τη Νέα Ζηλανδία (Service 2008). Μέχρι σήμερα έχουν καταγραφεί 484 είδη στο γένος *Anopheles*. Τα είδη *A. gambiae* και *A. funestus* είναι κύριοι φορείς των πλασμοδίων της ελονοσίας και των παθογόνων φιλαριών στην Αφρική (de

Souza *et al*, 2012, *McHugh*, 1989). Ελάχιστα είδη του γένους *Anopheles* μεταφέρουν αρμποιούς.

## ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ CULICIDAE

Όπως φαίνεται στον χάρτη 6, στην περιοχή της Μεσογείου, τα τελευταία χρόνια έχουν εντοπιστεί είδη του γένους *Anopheles* που αποτελούν δυνητικούς φορείς ασθενειών. Αυτά είναι τα *An. atroparvus*, *An. labranchiae*, *An. sacharovi*, *An. messeae*, *An. sergentii* και *An. superpictus* (Hay *et al.*, 2010)

### *An. atroparvus*

Το είδος αυτό είναι κυρίως ζωόφιλο, όμως τσιμπάει και τον άνθρωπο. Προτιμάει τα υφάλμυρα φωτεινά νερά με πλούσια χλωρίδα και μικροοργανισμούς, όμως ζει και σε γλυκά ή αλμυρά νερά. Τον 20<sup>ο</sup> αιώνα θεωρήθηκε ως ένας από τους βασικούς φορείς της ελονοσίας. Συγκεκριμένα θεωρήθηκε ως ο κύριος φορέας της ελονοσίας στην Ισπανία έως ότου εξαλείφτηκε το 1963. Κουνούπια αυτού του είδους έχουν βρεθεί μολυσμένα με *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae*, West Nile virus και *Dirofilaria sp.* Εκτός από τη Μεσόγειο, άλλες αναπτυγμένες χώρες που έχει βρεθεί είναι τα Βαλκάνια, η ΝΔ. Ευρώπη, νησιά του Ατλαντικού. Το κλίμα που επικρατεί τον 21<sup>ο</sup> αιώνα στην Ευρώπη θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλο για το είδος αυτό (*An. atroparvus*, ECDC, 2014).

### *An. labranchiae*

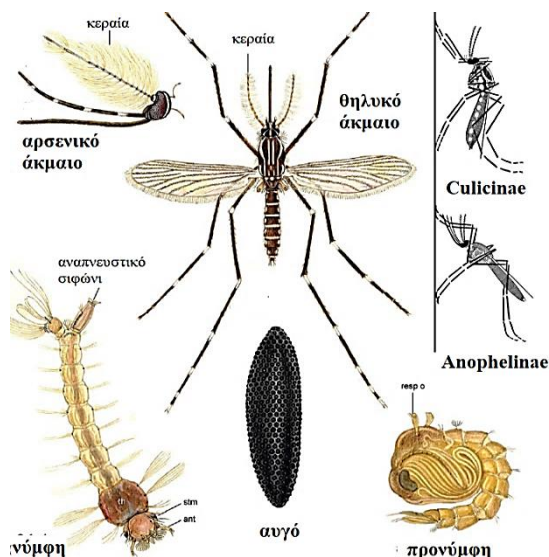
Θεωρήθηκε σημαντικός φορέας της ελονοσίας σε Ισπανία, Ιταλία, Πορτογαλία και Γαλλία καθώς μεταφέρει τα *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae*. Τρέφεται κυρίως με αίμα ανθρώπου κατά τις πρώτες ώρες της δύσης του ήλιου ενώ η δραστηριότητά του συνεχίζεται και τη νύχτα. Εντοπίζεται κυρίως στην Ν-ΝΔ Ευρώπη και στη Β. Αφρική με ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία τους 14°C και ημερήσιο εύρος θερμοκρασίας έως 12,7°C. (*An. labranchiae*, ECDC, 2014)

### *An. sacharovi*

Έχει ευρεία εξάπλωση σε Μεσόγειο, Μ. Ανατολή, Κεντρική και Α. Ευρώπη. Απουσιάζει από την Β. Αφρική, την Ισπανία και τη Γαλλία. Τρέφεται κυρίως τη νύχτα όμως μπορεί να γίνει και επιθετικός θηρευτής κατά τη διάρκεια της ημέρας. Προτιμάει το ανθρώπινο αίμα όμως τρέφεται και με τρωκτικά και οικόσιτα/αγροτικά ζώα. Στη Μεσόγειο αποτέλεσε σημαντικό φορέα της ελονοσίας (*P. vivax*) σε Ελλάδα, Συρία και Τουρκία (*An. sacharovi*, ECDC, 2014).

## 5.2 CULICINAE

Στα Culicinae κατατάσσονται τα περισσότερα είδη άκμιαων (>3.000) που συχνά αναφέρονται και ως «κοινά κουνούπια». Έχουν παγκόσμια εξάπλωση όμως η πλειονότητα εντοπίζεται σε τροπικές περιοχές. Οι προνύμφες ζουν σε διάφορα υδάτινα ενδιαίτηματα, από προσωρινές, μικρές μάζες νερού μέχρι λίμνες και έλη. Τρέφονται με οργανική ύλη από το νερό ή με νύμφες άλλων ειδών. Σε αντίθεση με τις περισσότερες κοινές προνύμφες που αναπνέουν άμεσα από το σιφώνιο που προεκβάλλει από την κοιλιά, τα γένη *Mansonia*, *Coquillettidia* και μερικά είδη *Mimomyia* τοποθετούν την άκρη του σιφωνίου σε φυτά. Τα άκμια των Culicinae είναι ενεργά κυρίως την ημέρα ή στο ημίφως, όμως συχνά δραστηριοποιούνται και τη νύχτα.



Εικόνα 11 : Μορφολογία Culicinae (Coetzee, 2009).

Σχέδιο από N. Lighton (τροποποιημένο).

Υγειονομικής σημασίας είναι τα γένη *Aedes*, *Culex* και *Mansonia* που αποτελούν φορείς αρμοπιόσεων και παρασίτων (Mosquito Taxonomic Inventory , 2008). Στη Μεσόγειο εντοπίζονται μόνο τα δύο πρώτα γένη.

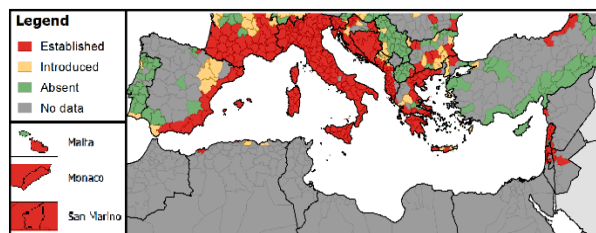
### 5.2.1 Γένος *Aedes*

Το γένος *Aedes* περιλαμβάνει 965 είδη σε συνολικά 71 υπογένη (Coetzee, 2017). Έχει χαρακτηριστική εμφάνιση με σκούρο χρώμα, μικρό σώμα και λευκές κηλίδες ή γραμμές στο θώρακα την κοιλιά και τα πόδια. Ξεχωρίζει από το ασημένιο χρώμα του θώρακα και την οξύληκτη κοιλιά στα θηλυκά. Τα αυγά των άκμαιων του γένους *Aedes* μπορούν να επιβιώσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα έξω από το νερό, για να εκκολαφθούν όμως χρειάζεται πρώτα να κατακλειστούν με νερό. Το υγειονομικό ενδιαφέρον για το γένος *Aedes* είναι μεγάλο καθώς τα άκμια αυτά είναι φορείς αρμοπιών που προκαλούν τον κίτρινο πυρετό, τον δάγκειο πυρετό, εγκεφαλίτιδες αλλά και φιλαριάσεις.

Από τα σημαντικότερα είδη που εντοπίζονται στη Μεσόγειο είναι τα *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus*, *Ae. koreicus* και *Ae. japonicas*, από τα οποία μόνο το *Ae. albopictus* μεταφέρει ασθένειες και ταυτόχρονα εντοπίζεται με βεβαιότητα στην Μεσόγειο (*Aedes*-ECDC, 2020).

#### *Aedes albopictus*

Το είδος *Aedes albopictus*, ευρέως γνωστό ως κουνούπι-τίγρης, προέρχεται από τη ΝΔ Ασία και είναι από τα πιο χωροκατακτητικά είδη στον πλανήτη. Εξαπλώνεται παθητικά μέσα από τις μεταφορές που πραγματοποιεί ο άνθρωπος (εμπόριο μπαμπού, ελαστικών κ.α.). Είναι ευπροσάρμοστο και έντονα ανταγωνιστικό, γεγονός που το διευκολύνει στην εγκατάστασή του σε νέες περιοχές. Τρέφεται κατά τη διάρκεια της ημέρας από ποικιλία ξενιστών, με προτίμηση τα θηλαστικά και τον άνθρωπο. Μεταφέρει τον ιό *chikungunya*, τον δάγκειο ιό, τον ιό Ζήκα, εγκεφαλίτιδες, φιλαριάσεις και πολλούς ακόμα ιούς. Το ενήλικο κουνούπι ζει μέχρι και τρεις εβδομάδες και τα αυγά του είναι ανθεκτικά τόσο στην ξηρασία όσο και σε θερμοκρασίες κάτω από τους  $-5^{\circ}\text{C}$ . Συγκριτικά με τα περισσότερα άκμια, επιβιώνει σε χαμηλότερες θερμοκρασίες .



Χάρτης 7: Η εξάπλωση του *Ae. albopictus* στη Μεσόγειο για τον Αύγουστο του 2019.  
Πηγή: ECDC 2019 (τροποποιημένο)

### 5.2.2. Γένος *Culex*

Το γένος αυτό περιλαμβάνει 736 είδη. Τα άκμια του γένους *Culex* ξεχωρίζουν από το ομοιόμορφο καστανό χρώμα του σώματος και τις ομοιόχρωμες πτέρυγες (Coetzee, 2017). Η κατάληξη της κοιλιάς, σε αντίθεση με τα *Aedes*, είναι αμβλεία. Η προβοσκίδα είναι διακεκομμένη και γέρνει προς τα κάτω σε σχέση με το σώμα. Είναι ευρέως διαδεδομένο είδος που πολλαπλασιάζεται κυρίως σε μολυσμένα και στάσιμα νερά αλλά και σε μέρη με υγρασία. Τα αυγά τοποθετούνται στην επιφάνεια του νερού όπου επιπλέουν ανά ομάδες των 100 περίπου, σε μορφή σχεδίας. Είναι φορείς αρμοπιών που ευθύνονται για εγκεφαλίτιδες, τον πυρετό του Δυτικού Νείλου, ενώ στις τροπικές μόνο περιοχές μεταφέρουν φιλάριες. Στα αστικά κέντρα το άκμια του γένους αυτού προκαλούν ιδιαίτερη όχληση με τις νύξεις τους.



Εικόνα 12: Θηλυκό άκμιο *Cx. pilosus*.  
(MichelleCutwa-Francis, 2016)



*Culex perexiguus*

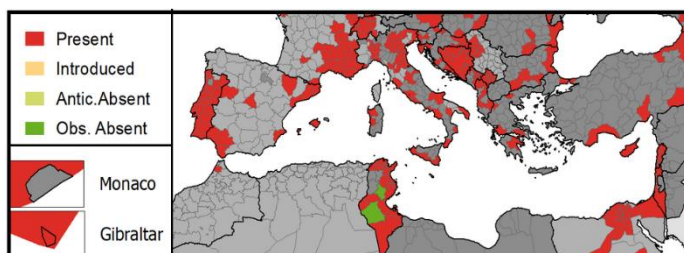
Εντοπίζεται σε ολόκληρη τη Μεσόγειο. Τρέφεται με το αίμα πτηνών τους πρώτους μήνες του χρόνου ενώ το καλοκαίρι και το φθινόπωρο με μεγάλα θηλαστικά. Έχει παρατηρηθεί πως άκμια αυτού του είδους πραγματοποιούν πτήσεις σε μεγάλο υψόμετρο πάνω από την έρημο προκειμένου να βρουν πιο ευνοϊκό περιβάλλον. Είναι φορέας του ιού Rift Valley.



Χάρτης 8: Διασπορά του *Cx. perexiguus* στην Μεσόγειο. Πηγή: WRBU (τροποποιημένο)

*Culex ripiens*

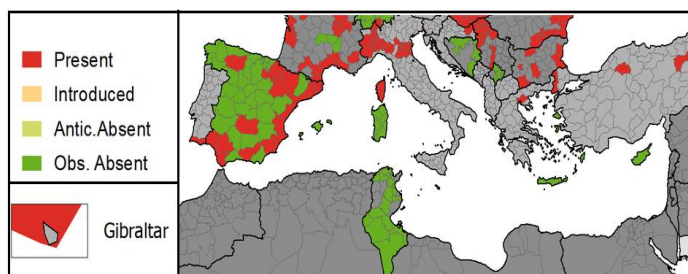
Αποτελεί ομάδα αυτόχθονων ειδών στην Ευρώπη που ζουν σε αγροτικές περιοχές. Η εκκόλαψη των αυγών εξαρτάται από τη θερμοκρασία όπου στους 30°C αρκεί μία μόνο ημέρα ενώ σε θερμοκρασία κάτω των 10°C απαιτούνται 10 ημέρες. Αντίστοιχα, εξαρτώμενες από τη θερμοκρασία είναι οι προνύμφες που αναπτύσσονται σε 1 έως 3 εβδομάδες. Το είδος αυτό τρέφεται και ζει σε εξωτερικούς χώρους, προτιμώντας το αίμα των πτηνών. Καταγραφές του είδους υπάρχουν στις περισσότερες χώρες της Μεσογείου (χάρτης 9). Μεταφέρει πληθώρα ασθενειών στον άνθρωπο με σημαντικότερες τον ιό του Δυτικού Νείλου, τον ιό Usutu, φιλαριάσεις και πολλούς ακόμα ιούς (ECDC/*Cx.ripiens*, 2020).



Χάρτης 9: Διασπορά του *Cx. ripiens* στην Μεσόγειο. Πηγή ECDC, 2020 (τροποποιημένο)

*Culex modestus*

Εντοπίζεται σε ορισμένες χώρες της Μεσογείου (χάρτης 10) αλλά και της Ευρώπης. Ζει σε καθαρά έως υφάλμυρα νερά και προτιμάει ανθρωπογενή περιβάλλοντα όπου και μπορεί να αναπαραχθεί και το χειμώνα μέσα σε κλειστούς θερμούς χώρους με διαθέσιμο νερό. Τρέφεται με αίμα πτηνών ανθρώπου και άλλων θηλαστικών (Balenghien *et al*, 2006). Η πρώτη ωοθεσία μπορεί να γίνει χωρίς να έχει προηγηθεί γεύμα με αίμα και περίπου 40 αυγά. (ECDC/*Cx.ripiens*, 2020). Αποτέλεσε φορέα του ιού του Δυτικού Νείλου στην Ν. Γαλλία και στα δέλτα των ποταμών Δούναβη, Βόλγα και Άζοβ. Επίσης θεωρείται φορέα του ιού Tahyna στη Γαλλία και Lednice στη Σλοβακία (Golding *et al*, 2012).



Χάρτης 10: Διασπορά του *Cx. modestus* στην Μεσόγειο. Πηγή: ECDC, 2020 (τροποποιημένο)

*Culex Theileri*

Εντοπίζεται σε όλες τις μεσογειακές χώρες και σε περιοχές με εύκρατο κλίμα (χάρτης 11). Τρέφεται με αίμα ανθρώπου και άλλων θηλαστικών για του οποίους είναι πιθανός φορέας φιλαριάσεων (Santa -Ana *et al*, 2006).



Χάρτης 11: Διασπορά του *Cx. Theileri* στη Μεσόγειο. Πηγή : MosKey Tool, 2018 (τροποποιημένο)

## **ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ**

# ***ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΜΕΤΑΔΙΔΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΚΟΥΝΟΥΠΙΑ***

## 6 ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΚΟΥΝΟΥΠΙΑ

Τα κουνούπια αποτελούν σημαντικούς φορείς πληθώρας ασθενειών, πολλές από τις οποίες απασχολούν έντονα την ανθρωπότητα σε ολόκληρη την υφήλιο. Οι μολυσματικές ασθένειες, που μεταδίδονται μέσω των κουνουπιών (Mosquito- Borne Diseases, MBD) αποτελούν σοβαρή απειλή για την υγεία του ανθρώπου καθώς προκαλούν εκατομμύρια θανάτους κάθε χρόνο. Οι σημαντικότερες MBD είναι η ελονοσία, ο δάγκειος πυρετός, ο κίτρινος πυρετός, ο πυρετός του Δυτικού Νείλου, η ελεφαντίαση, οι εγκεφαλίτιδες κ.α. Το 2018 οι θάνατοι που καταγράφηκαν μόνο από την ελονοσία έφτασαν τις 405.000 (WHO-Malaria, 2019) ενώ υπολογίζεται πως κάθε χρόνο 50 εκατομμύρια άνθρωποι νοσούν με δάγκειο πυρετό (Guzman *et al*, 2010).

Το μεγαλύτερο ποσοστό των ασθενειών αυτών εντοπίζεται σε υποανάπτυκτες χώρες κοντά στον ισημερινό, με μεμονωμένα κρούσματα να καταγράφονται και σε χώρες της Μεσογείου και της Ευρώπης. Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί σημαντική ενδημικότητα κουνουπιών καθώς επίσης και αύξηση των MBD σε χώρες της Μεσογείου και της Ευρώπης, προκαλώντας έντονη ανησυχία στην επιστημονική κοινότητα (Zgomba and Petric, 2008).

Παρακάτω περιγράφονται οι σημαντικότερες MBD, που έχουν απασχολήσει την παγκόσμια ιατρική κοινότητα και εντοπίζονται ή έχουν εντοπιστεί και σε χώρες γύρω από τη λεκάνη της Μεσόγειου θάλασσας.

### 6.1 Ελονοσία (Malaria)

Η ελονοσία, είναι λοιμώδης νόσος, απειλητική για τη ζωή του ανθρώπου. Συνήθως μεταδίδεται, μέσω του δαγκώματος ενός μολυσμένου κουνουπιού του γένους *Anopheles*. Τα μολυσμένα κουνούπια, φέρουν παρασιτικά πρωτόζωα που ονομάζονται πλασμώδια (*Plasmodium*) (CDC, 2020). Η νόσος είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη γύρω από ελώδεις περιοχές, από τις οποίες προέκυψε το όνομά της. Ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά το 1880 από τον Γάλλο στρατιωτικό ιατρό Charles Louis Alphonse Laveran, που παρατήρησε τα πλασμώδια στο αίμα ασθενών, οι οποίοι πέθαναν από ελονοσία (Laveran, 1982).

Η ελονοσία ενδημεί σε χώρες με τροπικό και υποτροπικό κλίμα, καθώς η επιβίωση τόσο των ανωφελών όσο και του πλασμωδίου εξαρτώνται από κλιματικές συνθήκες, όπως η μέση θερμοκρασία, η υγρασία και η βροχόπτωση. Συγκεκριμένα, το παράσιτο του πλασμωδίου, δεν μπορεί να ολοκληρώσει τον κύκλο του σε θερμοκρασία χαμηλότερη των 20°C, ενώ το μεγάλο υψόμετρο και η ξηρασία (π.χ. έρημος) είναι επίσης κατασταλτικοί παράγοντες. (CDC, 2020)

Εντοπίζεται κυρίως στην υποσαχάρια Αφρική και την Ασία ενώ μέχρι τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα η ελονοσία ήταν ενδημική και στην Ευρώπη. Στην εξάλειψη της νόσου συνέβαλε η βελτίωση των κοινωνικο-οικονομικών συνθηκών με τη λήψη των κατάλληλων προληπτικών μέτρων. Ωστόσο, η καταγραφή περιστατικών ελονοσίας στην Μεσόγειο (Πορτογαλία, Ελλάδα, Κύπρος, Μάλτα, Ισπανία, Λίβανος, Μαρόκο, Λιβύη, και Τυνησία), το διάστημα 2008-2012 αλλά και η απομόνωση του *P. Falciparum* στην Ιταλία το 2017 (Tagliapietra *et al*, 2019), προκαλεί έντονες ανησυχίες για επανεμφάνιση της ελονοσίας (CDC, 2020).

Η ελονοσία προκαλείται από το παράσιτο πλασμώδιο. Στο γένος *Plasmodium*, αναγνωρίζονται πέντε είδη που προσβάλλουν τον άνθρωπο: *P. vivax*, *P. ovale*, *P. malariae*, and *P.*





Στο κουνούπι (**σπορογονία**): Τα γαμετοκύτταρα που βρίσκονται στην κυκλοφορία του αίματος λαμβάνονται από ένα κουνούπι *Anopheles* (8) κατά τη διάρκεια ενός γεύματος αίματος (*Mosquito Stage*). Ο πολλαπλασιασμός των πλασμοδίων στο κουνούπι είναι αμφιγονικός και ονομάζεται σπορογονία. Στο στομάχι του κουνουπιού πραγματοποιείται σύζευξη των γαμετοκυττάρων με τους μικρογαμέτες να διεισδύουν στις μακρογαμέτες (9) δημιουργώντας ζυγώτες. Ακολούθως, οι ζυγώτες μετατρέπονται σε οοκίνετες, δηλαδή επιμήκη και κινητά κύτταρα (10) και εισβάλλουν στο μέσο εντερικό τοίχωμα του κουνουπιού και αναπτύσσονται σε οοκύστες (*oocyst*) (11). Οι οοκύστες μόλις αναπτύξουν πλήρως, διαρρηγνύονται και απελευθερώνουν σποροζωίτες (12) οι οποίοι εισβάλλουν στους σιελογόνους αδένες του ανωφελούς. Πλέον το ακμαίο χαρακτηρίζεται ως μολυσμένο και με την επόμενη νύξη του θα εισάγει τους σποροζωίτες σε έναν νέο ανθρώπινο ξενιστή διακινώντας τον κύκλο ζωής της ελονοσίας (CDC-Malaria, 2020).

Η ασθένεια της ελονοσίας εμφανίζει τα πρώτα συμπτώματα, συνήθως 10 ημέρες έως 4 εβδομάδες, από το τσίμπημα. Στην περίπτωση μόλυνσης με *P. vivax* ή στο *P. ovale* τα συμπτώματα μπορεί να εμφανιστούν πολύ αργότερα, από μήνες έως και ένα χρόνο μετά το τσίμπημα, όσο το παράσιτο παραμένει αδρανές μέσα στο ήπαρ. Τα πιο συνηθισμένα περιλαμβάνουν υψηλό πυρετό, που εμφανίζεται κάθε δεύτερη (δευτεραίος) ή κάθε τρίτη μέρα (τριταίος), εφίδρωση, ρίγη, κεφαλαλγία, μυαλγία και γενική αδιαθεσία. Επίσης, μπορεί να παρουσιαστούν γαστρεντερικές διαταραχές όπως ναυτία, διάρροια και έμετος, ενώ σε πιο σοβαρές περιπτώσεις ο ασθενής μπορεί να εκδηλώσει αναιμία και ίκτερο. Η έγκαιρη θεραπεία με ανθελονοσιακά φάρμακα είναι απαραίτητη, προκειμένου να αποφευχθούν νευρολογικά συμπτώματα και νεφρική ή αναπνευστική ανεπάρκεια. (Hartjes, 2011).

Για τη θεραπεία της ελονοσίας, υπάρχει μία ποικιλία ανθελονοσιακών φαρμάκων, ανάλογα με το πλασμοδίο που προκάλεσε την νόσο, την ηλικία του ασθενούς, την σοβαρότητα της νόσου, την ύπαρξη εγκυμοσύνης αλλά και την περιοχή όπου συνέβη η μόλυνση, ώστε να αποφευχθεί η ύπαρξη ανθεκτικότητας στο συγκεκριμένο φάρμακο (Hartjes, 2011).

## 6.2 Αρμποϊοί (Arboviruses)

Αρμποϊοί ονομάζονται οι ιοί που μεταδίδονται από τα αρθρόποδα (**arthropod-borne virus**) (CDC). Ανήκουν στο γένος *Flavivirus* της οικογένειας *Flaviviridae* και μεταδίδονται στον άνθρωπο προκαλώντας σοβαρές ασθένειες. Στις Μεσογειακές χώρες έχουν παρουσιαστεί κατά καιρούς επιδημίες από αρμποϊούς, με κυρίαρχες τον Δάγκειο πυρετό, τον Κίτρινο πυρετό, τον πυρετό του Δυτικού Νείλου και την εγκεφαλίτιδα. Στους αρμποϊούς ανήκει και ο ιός *usutu*.

Αρμποϊός	Ασθένεια	Φορέας	Πρώτος ξενιστής	Χρόνος επώασης	Γεωγραφική εξάπλωση
DEN1-4)	Δάγκειος πυρετός	<i>Aedes</i> ( <i>Ae. aegypti</i> , <i>Ae. albopictus</i> )	Άνθρωπος	3-10 ημέρες	Χώρες του Ισημερινού
Ιός Δυτικού Νείλου	Πυρετός Δυτικού Νείλου, Εγκεφαλίτιδα	<i>Culex</i>	Πτηνά	2-15 ημέρες	Ευρώπη, Αφρική, Δυτική & Κεντρική Ασία, Αυστραλία
Ιός κίτρινου πυρετού	Κίτρινος πυρετός	<i>Aedes</i> ( <i>Ae. aegypti</i> )	Πρωτεύοντα	3-6 ημέρες	Τροπικές & υποτροπικές περιοχές Αφρικής και Ν. Αμερικής

### 6.2.1 Δάγκειος πυρετός (Dengue fever)

Ο Δάγκειος πυρετός είναι μία μολυσματική ασθένεια που προκαλείται από τέσσερις ορότυπους του δάγκειου ιού (dengue virus), τους DEN-1, DEN-2, DEN-3 και DEN-4 (Διονυσοπούλου, 2013). Ο δάγκειος ιός, αποτελεί τον πιο γρήγορα εξαπλωνόμενο ιό που μεταδίδεται από τα κουνούπια, με τα τελευταία 50 χρόνια τα κρούσματα να έχουν αυξηθεί κατά 30 φορές (Ghouth, 2018). Η μετάδοση γίνεται από τα ακμαία *Ae.aegypti* και *Ae.albopictus*, είδη που προτιμούν τροπικά και υποτροπικά κλίματα, τα οποία συναντώνται σε χώρες της Αφρικής, της Αμερικής, της ΝΔ Ασίας και σε νησιά του Δ. Ειρηνικού Ωκεανού που βρίσκονται γύρω από τον ισημερινό. (ECDC, 2020)

Οι πρώτες καταγραφές Δάγκειου, πυρετού πιθανότατα ήταν ήδη πριν από το 1799, στην περιοχή της Α. Μεσογείου και συγκεκριμένα στην Αίγυπτο. Πολύ αργότερα, το 1928 καταγράφηκε πανδημία Δάγκειου στην Ελλάδα, από την οποία - μέχρι την οριστική του εξάλειψη χάρη μέτρα Δημόσια Υγείας- μολύνθηκε το ¼ του συνολικού πληθυσμού. Από το 1960 η ασθένεια παρουσίασε μεγάλη έξαρση και αύξηση της ενδημικότητας, πιθανότατα εξαιτίας της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού, την αστικοποίηση, τα ταξίδια και την μεταφορά εμπορευμάτων, τα οποία αποτελούν εστίες ωοθεσίας (Gubler, 2002). Επίσης, η κλιματική αλλαγή, με πρωταρχικό παράγοντα κινδύνου την αύξηση της θερμοκρασίας και δευτερευόντως την υγρασία και τις βροχοπτώσεις, δημιουργεί ανησυχίες για τον κίνδυνο αύξησης των κρουσμάτων σε χώρες της Ευρώπης και της Μεσογείου μέχρι το 2100 (Bouzid *et al*, 2014). Υπολογίζεται πως ετησίως νοσούν από την ασθένεια 50 εκ άνθρωποι παγκοσμίως ενώ 2.5 δισ. διαβιών σε ενδημικές για την ασθένεια χώρες (Ghouth, 2018). Τα πιο πρόσφατα δεδομένα, δείχνουν την Βραζιλία, την Παραγουάη και την Βολιβία να διατρέχουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο στην εξάπλωση της νόσου, καθώς καταγράφουν τα περισσότερα κρούσματα (ECDC, 2020).

Η μετάδοση της ασθένειας, ξεκινάει με το κουνούπι να προσλαμβάνει τον ιό μέσω της απομυζησης αίματος από άνθρωπο μολυσμένο με τον ιό. Απαιτείται χρονικό διάστημα περίπου μίας εβδομάδας για μπορέσει να μεταδώσει το κουνούπι τον ιό, σε κάποιο υγιές άτομο. Από τη στιγμή που το κουνούπι μολυνθεί με τον ιό, μπορεί να τον μεταδίδει για το υπόλοιπο της ζωής του. Στον άνθρωπο, η επώαση του ιού διαρκεί 3 έως 10 ημέρες. Τις περισσότερες φορές, η λοίμωξη είναι ασυμπτωματική ή μπορεί να προκαλέσει αδιαφοροποίητο πυρετό. Σε πιο σοβαρές περιπτώσεις, χαρακτηρίζεται ως Δάγκειος πυρετός (DF) και προκαλεί υψηλό πυρετό, οξεία κεφαλαλγία, μυαλγία, αρθραλγία, ναυτία και εμετό, οφθαλμαλγία και εξανθήματα. Η κατάσταση αυτή είναι πιο συχνή σε μικρά παιδιά και ανοσοκατεσταλμένα άτομα (Hemungkorn *et al*, 2007, Heilman *et al*, 2014). Σε ένα μικρό ποσοστό των κρουσμάτων, η λοίμωξη μπορεί να οδηγήσει στο δάγκειο αιμορραγικό πυρετό (DHF), ο οποίος χαρακτηρίζεται από αιμορραγία, θρομβοκυτταροπενία, διαφυγή πλάσματος ή το σύνδρομο του δάγκειου κλονισμού που απειλούν την ζωή του νοσούντος ατόμου. Ο ιός κυκλοφορεί στο αίμα του ανθρώπου για 2-7 ημέρες και παρότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη φαρμακευτική αγωγή, το ποσοστό θνησιμότητας μπορεί να μειωθεί σε <1% με την έγκαιρη διάγνωση (Morens, 2009). Καθώς δεν υπάρχει εμβόλιο, η αντιμετώπισή του ιού μπορεί να γίνει με προληπτικά μέτρα συμπεριλαμβανομένων της μείωσης των εστιών αναπαραγωγής, την τοποθέτηση σιτών στις εισόδους των οικιών, την χρήση εντομοαπωθητικών που περιέχουν το συστατικό το DEET σε διάλυση 20-30% αλλά κυρίως με την έγκαιρη πληρόφορηση και ενημέρωση από τους αρμόδιους φορείς. Εφόσον οι παραπάνω τρόποι αποτύχουν στην αποφυγή της έξαρσης της νόσου, επιβάλλεται να τεθεί σε εφαρμογή ένα

σχέδιο αντιμετώπισης των κουνουπιών από τους υγειονομικούς φορείς με τη χρήση εντομοκτόνων (Διονυσοπούλου, 2013).

### 6.2.2 Ιός Δυτικού Νείλου (West Nile Virus)

Ο ιός του Δυτικού Νείλου (WNV), ανακαλύφτηκε για πρώτη φορά το 1937 στην περιοχή του Δυτικού Νείλου, στην Ουγκάντα. Έκτοτε έχει μεταναστεύσει σε πολλές χώρες παγκοσμίως, κατατάσσοντάς τον στους πλέον διαδεδομένους, παθογόνους, ενδημικούς αρμοπιούς στον κόσμο. Ο WNV διατηρεί έναν ζωονοσογόνο κύκλο μετάδοσης μεταξύ πτηνών και ακμαίων, ωστόσο είναι ύψιστης υγειονομικής σημασίας τόσο για τον άνθρωπο όσο και για άλλα σπονδυλωτά καθώς εκδηλώνεται σοβαρή ασθένεια και θάνατος ως συνέπεια της μόλυνσης (Eybroosh *et al*, 2019). Ο WNV έχει απομονωθεί από τουλάχιστον 138 είδη πτηνών, μεταξύ αυτών τα περιστέρια και οι πάπιες αλλά και ενδημικά ήδη που πιθανώς συμβάλουν στην εξάπλωση της ασθένειας (Karabatsos, 1985).

Η μετάδοση του ιού, ξεκινάει όταν ένα κουνούπι προσλάβει τον WNV από το μολυσμένο πτηνό μέσω της νύξης. Ο ιός παραμένει στους σιελογόνους αδένες του κουνουπιού για 10-15 ημέρες, περίοδος στην οποία τον μεταδίδει στον επόμενο ξενιστή (Medical Net, 2004), που μπορεί να είναι άλλο πτηνό, αμφίβιο, θηλαστικό ή ακόμα και ο άνθρωπος. Όταν ο ιός εισέλθει στην κυκλοφορία του αίματος του ανθρώπου, μολύνει τα κερατινοκύτταρα και τα κύτταρα Langerhans, τα οποία μεταναστεύουν στους τοπικούς λεμφαδένες. Εκεί εισέρχεται στα λεμφικά κύτταρα του ξενιστή, τα οποία και χρησιμοποιεί για να πολλαπλασιαστεί. Στη συνέχεια, οι νέοι ιοί μεταφέρονται σε κυστίδια στην κυτταρική μεμβράνη, για να απελευθερωθούν στη λέμφο και να μεταφερθούν σε σπλαχνικά όργανα, όπως τα νεφρά και ο σπλήνας. Στα όργανα αυτά, χρησιμοποιούν τα επιθηλιακά κύτταρα, για να πραγματοποιήσουν ένα δεύτερο γύρο αντιγραφής. Ανάλογα με τον αριθμό των ιών που θα απελευθερωθούν στο αίμα (αιμιά), ο WNV μπορεί να διασχίσει τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό και να προκαλέσει μηνιγγίτιδα ή/και εγκεφαλίτιδα (Lim *et al*, 2011).

Ο άνθρωπος αποτελεί τελικό ξενιστή του ιού και δεν συμμετέχει στο κύκλο ζωής του. Ο WNV μεταδίδεται στον άνθρωπο με το τσίμπημα μολυσμένου ακμαίου, κυρίως του γένους *Culex* και στη συνέχεια χρειάζεται ένα διάστημα 2 έως 14 ημέρες, μέχρι να εμφανιστούν τα πρώτα συμπτώματα. Το 80% των ανθρώπων που θα μολυνθούν είναι συνήθως ασυμπτωματικά. Το 20% παρουσιάζει υψηλό πυρετό και άλλα συμπτώματα όπως πονοκέφαλος, πόνους στο σώμα και τις αρθρώσεις, εμετούς, διάρροια ή δερματικά εξανθήματα, τα οποία μετά από 4 έως 7 ημέρες εξαφανίζονται πλήρως. Ακόμα και μετά την πλήρη ανάρρωση, η κόπωση και η αδυναμία μπορεί να παραμείνουν για εβδομάδες ή μήνες. Λιγότερο από το 1% θα εμφανίσουν σοβαρά συμπτώματα της νόσου όπως εγκεφαλίτιδα ή μηνιγγίτιδα. Η κατάσταση αυτή ξεκινάει με πυρετό και στη συνέχεια προκαλεί αλλαγές στη διανοητική κατάσταση του ασθενούς, εγκεφαλική δυσλειτουργία και μπορεί τελικά να οδηγήσει σε κώμα (CDC, 2018).

Στη Μεσόγειο, κρούσματα της νόσου έχουν καταγραφεί στο Σουδάν (1940), την Αίγυπτο (1950), το Ιράν (1970) καθώς και πολλές ακόμα περιοχές (Eybroosh *et al*, 2019). Μεγάλη εξάπλωση του ιού παρατηρήθηκε από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 καθώς κρούσματα του πυρετού του Δυτικού Νείλου και της εγκεφαλίτιδας καταγράφηκαν, εκτός από την Αφρική και την Μ. Ανατολή, στην Ασία, στην Αυστραλία, στην Ευρώπη και στις Ηνωμένες Πολιτείες. Την τελευταία 20ετία έχουν παρατηρηθεί ξεσπάσματα των λοιμώξεων του WNV και σε ευρωπαϊκές χώρες της Μεσογείου όπως η Ιταλία, η Γαλλία, η Ισπανία, η Πορτογαλία και η Ελλάδα. Στην

Ελλάδα μάλιστα, η επιδημία του WNV το 2010 χαρακτηρίστηκε ως το δεύτερο μεγαλύτερο ξέσπασμα της ασθένειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), καθώς μέχρι το 2012 καταγράφηκαν 423 κρούσματα και 47 θάνατοι.

Σπάνιοι τρόποι μετάδοσης του WNV είναι από μολυσμένη μητέρα στο νεογέννητο κατά τη γέννηση ή το θηλασμό (Hinckley *et al*, 2007), οι μεταγίσεις αίματος (Biggerstaff *et al*, 2003), η μεταμόσχευση οργάνων (Iwamoto *et al*, 2003) και με διωοθηκική (transovarian) μετάδοση από τα κουνούπια *Cx. tritaeniorhynchus*, *Ae. aegypti* και *Ae. albopictus* (Hubalek and Halouzka, 1999). Για την αντιμετώπιση των λοιμώξεων του WNV δεν υπάρχει διαθέσιμη θεραπεία ή εμβόλιο για τον άνθρωπο. Για τον λόγο αυτό, όπως και για τον δάγκειο ιό, ο μοναδικός τρόπος πρόληψης είναι η αποφυγή της έκθεσης στα κουνούπια και η μείωση των εστιών αναπαραγωγής του.

### 6.2.3 Κίτρινος πυρετός (Yellow fever)

Ο κίτρινος πυρετός, είναι μια οξεία ιογενής αιμορραγική νόσος, που μεταδίδεται από μολυσμένα κουνούπια του γένους *Aedes* και *Haemagogus*. Τα είδη αυτά ενδημούν κυρίως σε τροπικές περιοχές της Αφρικής και της κεντρικής και νότιας Αμερικής (WHO, 2008). Μέχρι και το 1828 κρούσματα και εξάρσεις κίτρινου πυρετού, παρατηρούνταν και στην Ευρώπη στο δυτικό τμήμα της Μεσογείου όπως οι χώρες Γιβραλτάρ, Λιβόρνο, Σεβίλλη, Βαρκελώνη κ.α (Barbieri and Drancourt, 2018). Μέχρι και το 1960 ο βασικός φορέας του κίτρινου πυρετού *Ae. aegypti*, ενδημούσε σε χώρες της ευρωπαϊκής Μεσογείου μεταφέροντας τη νόσο. Πλέον το είδος αυτό δεν συναντάται στις χώρες αυτές. Σε αντίθεση με το *Ae. aegypti*, ένας δεύτερος φορέας του ιού, το *Ae. albopictus*, έχει εγκατασταθεί σε όλη σχεδόν τη Μεσόγειο, προκαλώντας ανησυχίες για την επανεμφάνιση του ιού (Schaffner and Mathis, 2014, ECDC, 2020).

Ο κίτρινος πυρετός προκαλείται από τον ομόνυμο αρμποϊό, ο οποίος μέσω των ακμαίων μεταδίδεται μεταξύ ανθρώπων και πρωτευντων. Η επώαση του ιού διαρκεί 3 έως 6 ημέρες. Οι περισσότεροι άνθρωποι που μολύνονται από τον ιό του κίτρινου πυρετού δεν εμφανίζουν συμπτώματα, όμως στην περίπτωση της συμπτωματικής ασθένειας εμφανίζεται πυρετός, μυαλγία με έντονο πόνο στην πλάτη, πονοκέφαλος, ναυτία, εμετός και ανορεξία. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα συμπτώματα εξαφανίζονται με την πάροδο 3 έως 4 ημερών. Είναι πιθανό, μέσα σε 24 ώρες από την ανάρρωση από τα πρώτα συμπτώματα, ο ασθενής να εισέλθει στο δεύτερο στάδιο της νόσου το οποίο είναι πιο τοξικό. Στο στάδιο αυτό εμφανίζεται υψηλός πυρετός ενώ βλάβες προκαλούνται σε ζωτικά όργανα όπως το συκώτι και οι νεφροί. Στο επόμενο στάδιο μπορεί να εμφανιστεί ίκτερος, εμετός και κοιλιακό άλγος, το οποίο είναι αποτέλεσμα συνολικής ανεπάρκειας των οργάνων. Μπορεί να ακολουθήσει αιμορραγία από το στόμα, τη μύτη, τα μάτια ή το στομάχι, τα οποία και θα οδηγήσουν τελικά στον θάνατο. Το ποσοστό των ασθενών που εισέρχεται στο δεύτερο στάδιο της νόσου, είναι πολύ μικρό και από αυτούς, οι μισοί περίπου καταλήγουν μέσα σε 7 έως 10 ημέρες (WHO, 2019). Ένας συμπτωματικός ασθενής θα πρέπει να αποφύγει τη χρήση φαρμάκων που μπορούν να προκαλέσουν αιμορραγία (π.χ. ασπιρίνη) ενώ θα πρέπει να προστατεύεται από τα τσιμπήματα των κουνουπιών, προκειμένου να μην συμβάλλουν στον κύκλο μετάδοσης του ιού (Monath, 2001).

Τα άτομα που αναρρώνουν πλήρως, δημιουργούν μια φυσική ανοσία η οποία αθροίζεται με την πάροδο του χρόνου. Τις πρώτες ημέρες της μόλυνσης, ο ασυμπτωματικός ασθενής μπορεί να μεταδώσει την ασθένεια στα κουνούπια, καθώς ο ιός έχει πολλαπλασιαστεί και βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο αίμα. (Barnett *et al*, 2008). Υψηλό κίνδυνο διατρέχουν οι ταξιδιώτες

στην ζούγκλα και στις χώρες μετάδοσης του κίτρινου πυρετού, για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητος ο εμβολιασμός τουλάχιστον 9 μήνες προτού επισκεφτούν την χώρα. Επιπλέον συνιστάται να ληφθούν προστατευτικά μέτρα, προκειμένου να αποφύγουν τα τσιμπήματα από έντομα. (Gardner and Ryman, 2010).

#### 6.2.4 Ιός Usutu (Usutu virus)

Ο ιός usutu (USUV) απομονώθηκε για πρώτη φορά στη Ν. Αφρική το 1959. Πρόκειται για έναν ιό, με τυπικό ενζωτικό κύκλο, που περιλαμβάνει ακμαία και πτηνά. Παρότι ο ιός αυτός ευδοκμεί στην υποσαχάρια Αφρική, εξάρσεις έχουν καταγραφεί και στη Μεσόγειο και την Ευρώπη προσβάλλοντας πτηνά και ιπποειδή. Η μόλυνση του ανθρώπου με τον USUV είναι συνήθως ασυμπτωματική, όμως υπάρχουν περιπτώσεις που προκαλεί ήπια συμπτώματα. Σε λίγες περιπτώσεις μπορεί να προκαλέσει νευρολογικές διαταραχές, όπως η εγκεφαλίτιδα και η μηνιγγοεγκεφαλίτιδα. Ανησυχίες προκαλεί η ευρεία εξάπλωση του USUV τις τελευταίες δύο δεκαετίες στην Ευρώπη, προκαλώντας θάνατο σε πτηνά (Clé *et al*, 2019)

### 6.3 Φιλαρίαση (Filariasis)

Οι φιλαρίασεις, αποτελούν ομάδα νοσημάτων οφειλόμενες σε νηματώδεις σκώληκες της τάξης Filarioidea. Η πιο γνωστή είναι η λεμφική φιλαρίαση ή αλλιώς ελεφαντίαση (Lymphatic filariasis/ elephantiasis), η οποία συναντάται συχνά σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές παγκοσμίως, με το 65% να βρίσκεται στην Ασία και μόλις το 30% στην Αφρική. Η ελεφαντίαση, είναι ενδημική σε 80 χώρες και υπολογίζεται πως 120εκ. άνθρωποι έχουν μολυνθεί και 1 δισ. βρίσκεται υπό τον κίνδυνο μόλυνσης. Το 90% των παγκόσμιων μολύνσεων, οφείλεται στο νηματώδη σκώληκα *Wuchereria bancrofti* ο οποίος μεταδίδεται κυρίως από τα ακμαία του γένους *Anopheles* και *Culex* ενώ σπανιότερα από τα *Aedes* και *Mansonia* (Setouhy and Ramzy, 2003)

Ο κύκλος ζωής του *W. bancrofti* ξεκινάει στα λεμφικά αγγεία του ανθρώπου, όπου ζουν ενήλικοι σκώληκες (μικροφιλάριας-*microfilariae*, MF). Οι σκώληκες μπορούν να μείνουν στα λεμφαγγεία για 5-10 χρόνια και με τη γονιμοποίηση των θηλυκών παράγονται εκατομμύρια (MF). Οι MF απελευθερώνονται στο αίμα, όπου ζουν για 6-24 μήνες και ωριμάζουν σε ενήλικες μορφές. Σε πολλές ενδημικές περιοχές, οι MF χαρακτηρίζονται από νυκτερινή περιοδικότητα και έτσι κυκλοφορούν στο περιφερειακό αίμα τη νύχτα (21.00-02.00). Όταν ένα ακμαίο τραφεί με αίμα από μολυσμένο άτομο, προσλαμβάνει MF μαζί με το γεύμα του. Στον φορέα, οι MF αναπτύσσονται εντός 10-15 ημερών σε μολυσματικές προνύμφες τρίτης γενιάς, οι οποίες εισέρχονται στην κυκλοφορία του αίματος του οργανισμού μέσα από την σχισμή που δημιουργείται στο δέρμα κατά τη νύξη. Στη συνέχεια μεταναστεύουν στο λεμφικό σύστημα, όπου σε διάστημα 6-12 μηνών αναπτύσσονται σε ενήλικα άτομα. Τα ενήλικα του νηματώδους ζουν μέσα σε λεμφαδένες και λεμφαγγεία, τα οποία τελικά αποφράζουν και δίνουν την χαρακτηριστική παραμορφωμένη εικόνα της ελεφαντίασης. Στη συνέχεια οι ενήλικες μορφές, αναπαράγονται γεννώντας μικροφιλάριας, οι οποίες μέσω την νύξης θα μεταφερθούν στον επόμενο ξενιστή, όπου και θα συνεχίζουν τον κύκλο τους.

Η ελεφαντίαση μπορεί να είναι ασυμπτωματική, οξεία ή χρόνια. Η πιο σύνηθης κατάσταση είναι η ασυμπτωματική, η οποία όμως μπορεί να προκαλέσει βλάβη τόσο στο λεμφικό σύστημα όσο και στα νεφρά και το ανοσοποιητικό σύστημα. Στην οξεία ελεφαντίαση, εντοπίζονται σημάδια φλεγμονής στο δέρμα, στους λεμφαδένες και στα λεμφαγγεία ενώ συχνά παρατηρείται χρόνιο λεμφοίδημα ή η κλινική εικόνα της ελεφαντίασης. Όταν η ελεφαντίαση γίνει χρόνια,

παρατηρείται πρήξιμο ή πάχυνση των ιστών των άκρων και υδροκήλη (συσσώρευση υγρού). Οι παραμορφώσεις του σώματος, είναι έντονα εμφανείς και μπορεί να οδηγήσουν σε κοινωνικό στιγματισμό (Zeldenryk *et al*, 2011). Η θεραπεία της ελεφαντίασης επιτυγχάνεται με τον συνδυασμό των φαρμάκων albendazole (400mg) και ivermectin (150-200mcg/kg) ή diethylcarbamazine citrate (DEC) (6 mg/kg) (Palumbo, 2008).

Το 2018 η Αίγυπτος έγινε η πρώτη χώρα της δυτικής μεσογείου και η τελευταία παγκοσμίως που εξάλειψε την ελεφαντίαση. Η Αίγυπτος ήταν από τις πρώτες χώρες που αντιμετώπισε την ελεφαντίαση ενώ το παράσιτο *W. bancrofti* βρέθηκε για πρώτη φορά εκεί το 1874 (WHO, 2018)

### 6.5 Ιός Chikungunya (Chikungunya virus)

Ο ιός chikungunya μεταδίδεται στον άνθρωπο με το τσίμπημα μολυσμένου κουνουπιού. Φορείς του ιού στον άνθρωπο είναι τα ακμαία *Aedes aegypti* και *Aedes albopictus*, που τσιμπάνε τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και τη νύχτα. Τα πιο συχνά συμπτώματα της μόλυνσης είναι ο πυρετός, ο πονοκέφαλος, οι μυαλγίες, ο πόνος και το οίδημα στις αρθρώσεις και τα δερματικά εξανθήματα. Εξάρσεις του ιού έχουν παρατηρηθεί κατά καιρούς σε χώρες της Αφρικής, της Ασίας, της Ευρώπης (Ιταλία, Γαλλία), στον Ινδικό και Ειρηνικό Ωκεανό πριν το 2013, ενώ αργότερα καταγράφηκαν σε νησιά της Καραϊβικής. Πλέον, στην περιοχή της Μεσογείου τα κρούσματα Chikungunya έχουν περιοριστεί στην Ιταλία και τη Γαλλία (χάρτης 12). Καθώς δεν υπάρχει θεραπευτική αγωγή ή εμβόλιο, για την αντιμετώπιση του ιού chikungunya συνιστάται στους ταξιδιώτες να προστατεύονται από τα τσιμπήματα των κουνουπιών, όταν ταξιδεύουν σε χώρες όπου ενδημεί η ασθένεια (CDC, 2019).



Χάρτης 12: Συνολικές καταγραφές κρουσμάτων της Chikungunya έως τον Σεπτέμβρη του 2019  
Πηγή cdc.gov (τροποποιημένο)



## 7 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ

Το πρώτο βήμα για την καταπολέμηση των κουνουπιών είναι η παρακολούθηση των πληθυσμών τους, η χαρτογράφηση των εστιών αναπαραγωγής τους και η αντιμετώπισή τους με μηχανικές, βιολογικές ή σε σοβαρές περιπτώσεις χημικές και γενετικές μεθόδους. Τέλος είναι απαραίτητη η αξιολόγηση του αποτελέσματος της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε (Karunamoorthi, 2011).

### 7.1 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ.

Η παρακολούθηση των πληθυσμών, γίνεται με την ταυτοποίηση των ειδών η οποία γίνεται με δειγματοληψία, είτε στο 4<sup>ο</sup> στάδιο της προνύμφης είτε στα τέλεια άτομα. Αυτό επιτρέπει τον προσδιορισμό της πυκνότητας και της δυναμικής του πληθυσμού σε σχέση με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Ανάλογα με το μέγεθος του πληθυσμού και την ύπαρξη ειδών- φορέων, μπορεί να εκτιμηθεί η ανάγκη λήψης μέτρων καταπολέμησης και στην συνέχεια να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα αυτών (CDC,2003).

### 7.2 ΜΕΙΩΣΗ ΕΣΤΙΩΝ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.

Η παρακολούθηση των πληθυσμών, επιτρέπει συχνά τον εντοπισμό και συνεπώς την χαρτογράφηση των εστιών αναπαραγωγής. Τα κουνούπια, κατά κανόνα, χρειάζονται υγρές ή υδάτινες επιφάνειες για την απόθεση των αυγών τους. Εστίες τέτοιων ενδιατημάτων είναι οι λίμνες, τα έλη, οι λακκούβες με νερό, τα δοχεία, οι υπόνομοι κ.α. (βλέπε Μέρος 2). Προκειμένου να μειωθούν αυτές οι εστίες αναπαραγωγής, συνίσταται ο περιορισμός της έκτασης των στάσιμων νερών. Αυτό μπορεί να γίνει ατομικά μειώνοντας τις εστίες που μπορεί να εγκλωβιστεί νερό, όπως τα δοχεία και η δεξαμενές. Εναλλακτικά, αντικείμενα και κατασκευές αποθήκευσης νερού, όπως δοχεία και δεξαμενές, θα πρέπει να είναι ερμητικά κλειστά, ενώ η εκάστοτε Περιφέρεια θα πρέπει να μεριμνεί για τον καθαρισμό και την επισκευή κατασκευών όπως υπόνομοι, συστήματα ύδρευσης και αποχέτευσης κ.α.

Για μεγαλύτερες εκτάσεις συνιστάται ο καθαρισμός των παρόχθιων εκτάσεων, προκειμένου να διατηρείται συνεχόμενη ροή στην οποία δεν μπορούν να επιβιώσουν οι προνύμφες, η επιχωμάτωση κοιλοτήτων του εδάφους, η αποστράγγιση εκτάσεων και η διαχείριση λιμνών και ποταμών με την κατακράτηση των υδάτων (Διονυσοπούλου, 2013).

### 7.3 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Η μηχανική αντιμετώπιση αφορά τόσο στον περιορισμό των εστιών αναπαραγωγής μέσω της καταστροφής του (καταστροφή δοχείων ή σχηματισμών που συλλέγουν νερό) όσο και στον περιορισμό και την παρεμπόδιση της ανάπτυξης και επιβίωσης των κουνουπιών. Τέτοιες μέθοδοι είναι η τοποθέτηση κουνουπιέρων, η δημιουργία παγίδων, η αποφυγή απόρριψης αντικειμένων που μπορεί να εγκλωβιστεί νερό στην ύπαιθρο αλλά και η ενημέρωση των πολιτών από τους υπεύθυνους φορείς για τον τρόπο αποφυγής δημιουργίας και μείωσης εστιών ανάπτυξης κουνουπιών. (Διονυσοπούλου, 2013)

Συγκεκριμένα, ορισμένες εξειδικευμένες παγίδες που έχουν δημιουργηθεί για τα κουνούπια περιλαμβάνουν δελεαστικές ουσίες σε συνδιασμό με CO<sub>2</sub>, τα οποία προσελκύουν τα κουνούπια στην παγίδα όπου εγκλωβίζονται, αφυδατώνονται και καταλήγουν μέσα σε 24 ώρες (mosquitomagnet.com).

## 7.4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ (BIOLOGICAL CONTROL)

Ο βιολογικός έλεγχος, είναι μία φιλική προς το περιβάλλον και αποτελεσματική μέθοδος μείωσης ή μετριασμού των παρασίτων, εντόμων, ζιζανίων και άλλων ανεπιθύμητων για τον άνθρωπο οργανισμών, μέσω της χρήσης φυσικών εχθρών. (Unruh, 1993) Τέτοιες μέθοδοι περιλαμβάνουν την χρήση εντομοφάγων και εντομοπαθογόνων οργανισμών, φυτικών εκχυλισμάτων αλλά και την γενετική παρέμβαση.

### 7.4.1 Θηρευτές κουνουπιών (Mosquito predators)

Οι θηρευτές κουνουπιών, μπορεί να είναι ζωικοί ή φυτικοί οργανισμοί που τρέφονται με κουνούπια, συνήθως κάποιου συγκεκριμένου σταδίου ανάπτυξης. Πέρα από πολλά είδη πτηνών που τρέφονται με έντομα (Διονυσοπούλου), μεταξύ αυτών και τα κουνούπια, τα λαβροφάγα ψάρια (larvivoracious fish), δηλαδή ψάρια που τρέφονται με τις προνύμφες κουνουπιών είναι πολύ αποτελεσματικά στην γενική μείωση του πληθυσμού τους. Συγκεκριμένα, τα γένη *Gambusia* και *Roecilia* έχουν χρησιμοποιηθεί σε περισσότερες από 60 χώρες για την καταπολέμηση των κουνουπιών. Άλλα σπονδυλόζωα που αποτελούν σημαντικούς θηρευτές κουνουπιών είναι οι βάτραχοι και οι φρύνοι. Οι γυρίνοι των ειδών *Polypedates*, *Bufo*, *Eurhlyctis* και *Holobatrachus* τρέφονται με τα αυγά των κουνουπιών, ενώ τα ενήλικα είναι θηρευτές ακμαίων. Η εισαγωγή τέτοιων θηρευτών σε ξένα υδατικά οικοσυστήματα είναι αμφιλεγόμενη καθώς μπορεί να αποτελέσει απειλή για τα αυτόχθονα είδη (Benelli *et al*, 2016).

Ένα αποτελεσματικός, εύκολος και οικονομικός τρόπος καταπολέμησης των κουνουπιών είναι τα παμφάγα κωπήποδα (omnivorous copepods). Τα είδη *Cyclops vernalis* και *Megacyclops formosanus* είναι ενεργοί, επιλεκτικοί θηρευτές προνυμφών, αποτελώντας ιδανικό τρόπο εξάλειψης συγκεκριμένων ειδών σε μία περιοχή. Το 1993 χρησιμοποιήθηκαν επιτυχώς στο Βιετνάμ για την αντιμετώπιση των κουνουπιών *Ae. aegypti*, τα οποία αποτελούν διαβιβαστές του Δάγκειου Πυρετού. (Benelli *et al*, 2016)

Στους θηρευτές κουνουπιών συγκαταλέγονται και διάφορα είδη εντόμων, μεταξύ αυτών και τα μη αιμομυζητικά είδη κουνουπιών της υποοικογένειας *Toxorhynchites*. Τα κουνούπια αυτά αποκαλούνται και «κουνούπια- ελέφαντες», εξαιτίας του μεγέθους τους, καθώς επίσης και «κουνουποφάγα», επειδή τρέφονται με τις προνύμφες άλλων κουνουπιών υγειονομικού ενδιαφέροντος (Benelli *et al*, 2016). Άλλα έντομα που τρέφονται με νύμφες κουνουπιών είναι τα αρπακτικά έντομα *Emesopsi streiti*, *Microvelia cavicola* και *Paravelia myersi*, που τρέφονταν με ενήλικα κουνούπια (Kovac and Yang, 1996), όπως και οι λιβελούλες *Pantala hymenaea* και *Erythemis collocata* (Yuval and Bouskila, 1993). Τα «κουνουποφάγα» έντομα, πλεονεκτούν στην αντιμετώπιση των κουνουπιών έναντι άλλων μεθόδων, καθώς έχουν πρόσβαση σε ενδιαιτήματα, όπως οι τρύπες των δέντρων, όπου δεν μπορούν να εισέλθουν άλλοι οργανισμοί.

Μία ιδιαίτερη κατηγορία «κουνουποφάγων» οργανισμών, είναι τα εντομοφάγα φυτά. Τα φυτά αυτά αναπτύσσονται σε υγρά ή βαλτώδη ενδιαιτήματα και συλλαμβάνουν τα κουνούπια, μετατρέποντάς τα σε αφομοιώσιμες ουσίες, πλούσιες σε άζωτο (Διονυσοπούλου, 2013).

### 7.4.2 Εντομοπαθογόνοι οργανισμοί (Entomopathogenic organisms)

Πολλοί μικροοργανισμοί, όπως τα βακτήρια και οι μύκητες, προσβάλλουν τις προνύμφες, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό τον πληθυσμό των κουνουπιών. Το παθογόνο βακτήριο *Bacillus thuringiensis* sp. *israelensis* (B.t.i.), είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό στην καταπολέμηση των *Ae. aegypti* και *Ae. albopictus*. Ειδικότερα, τα σπόρια του B.t.i. παράγουν τοξίνες οι οποίες, παρότι

είναι αβλαβείς για υπόλοιπους οργανισμούς, προκαλούν βλάβη στο πεπτικό σύστημα των προνυμφών των κουνουπιών (Benelli *et al*, 2016). Αντίστοιχα το βακτήριο *Bacillus sphaericus* (B.s.), έχει προνυμφοκτόνο δράση, ιδίως για τα γένη *Culex* spp. και *Anopheles* spp. (Διονυσοπούλου). Οι παθογόνοι μύκητες δρουν κυρίως στα τέλεια ακμαία, όπου παράγουν διοξίνες που είναι θανατηφόρες για το έντομο. (Benelli *et al*, 2016)

#### 7.4.3 Εκχυλίσματα φυτών (Plant-borne mosquitocites)

Εκχυλίσματα και μεταβολίτες από φυτά, όπως το γένος *Curcuma*, δρουν ενάντια στα κουνούπια των γενών *Aedes*, *Anopheles* και *Culex* (Benelli *et al*, 2016). Το συγκεκριμένο φυτό παράγει την ουσία κουρκουμίνη (*curcumene*), η οποία είναι μη τοξική και δρα ενάντια των ακμαίων των ειδών *Ae. albopictus*, *Ae. aegypti* και *Cx. ripiens* καθώς επίσης και των προνυμφών των ειδών *An. stephensi* και *Cx. quinquefasciatus*. Η κουρκουμίνη, εκχυλίζεται από το φυτό αυτό και συνιστά ένα φυσικό, οικολογικό εντομοκτόνο για την αντιμετώπιση της μετάδοσης ασθενειών από τα κουνούπια (Διονυσοπούλου, 2013).

Αντίστοιχη, εντομοαπωθητική και εντομοκτόνο δράση συναντάται σε περισσότερα από 80 είδη φυτών, τα οποία ήδη χρησιμοποιούνται επιτυχώς για την σύνθεση ναυτομοκτόνων, που έχουν βιοκτόνο δράση στο στάδιο της προνύμφης. Η μελέτη για την απωθητική, αποτρεπτική και βιοκτόνο δράση φυτικών ουσιών γίνεται με μεγάλο ενδιαφέρον καθώς θα συμβάλει σημαντικά στην αντιμετώπιση της μετάδοσης ασθενειών από το τσίμπημα των ακμαίων με χαμηλό κόστος και τοξικότητα (Benelli *et al*, 2016)

#### 7.5 ΧΗΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ (CHEMICAL CONTROL)

Η χημική αντιμετώπιση των κουνουπιών, περιλαμβάνει την χρήση εντομοκτόνων και εντομοαπωθητικών με τη χρήση χημικών ουσιών. Οι ουσίες αυτές, στοχεύουν συνήθως στο νευρικό, στο ανοσοποιητικό ή στο αναπαραγωγικό σύστημα. Έχει αποδειχτεί πως, παρότι η χρήση τους είναι στοχευόμενη, επιδρούν και σε ωφέλιμους οργανισμούς ενώ τα υπολείμματά τους ρυπαίνουν το περιβάλλον με αποτέλεσμα να εισέρχονται στα τρόφιμα και από εκεί στην τροφική αλυσίδα καθώς βιοσυσσωρεύονται. Για το λόγο αυτό, η χρήση τους πρέπει να γίνεται μόνο όταν οι υπόλοιπες βιολογικές και οικολογικές μέθοδοι αποτυγχάνουν να διατηρήσουν τον πληθυσμό των κουνουπιών στην επιθυμητή πυκνότητα (CDC, 2003).

Η εντατική χρήση εντομοκτόνων για την καταπολέμηση των κουνουπιών, ξεκίνησε μετά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο για την εξάλειψη της ελονοσίας. Το DDT (*p,p'*-Dichloro-diphenyl-trichloroethane) ήταν το πρώτο αποτελεσματικό εντομοκτόνο, με το οποίο καταπολεμήθηκε η ελονοσία σε 36 χώρες. Μετά από τουλάχιστον 13 ετών (1942-1955) έντονης χρήσης, καταγράφηκαν τα πρώτα συμπτώματα γονιμότητας και τοξικότητας σε έμβια όντα, ενώ το 1972 απαγορεύτηκε η χρήση του στη γεωργία και κατατάχθηκε στην κατηγορία II από άποψη τοξικότητας.

Νεότερα ακμαιοκτόνα και προνυμφοκτόνα, είναι τα συνθετικά πυρεθροειδή που περιέχουν την χημική ένωση *pipernyl butoxideripernyl* και μία από τις δραστικές ουσίες (*resmethrin*), *sumithrin* και *permethrin*. Τα πυρεθροειδή είναι τοξικά για τα ψάρια, τα καρκινοειδή και τις μέλισσες, ενώ σε συνδυασμό με την εκάστοτε δραστική ουσία επηρεάζουν το νευρικό σύστημα του ανθρώπου και έχουν καρκινογόνο δράση. Ηπιότερη νευροτοξικότητα και καρκινογόνο δράση παρουσιάζει το οργανοφωσφορικό εντομοκτόνο *Malathion*.

Εξαιτίας των επιπτώσεων των χημικών ενώσεων που εμπεριέχονται στα εντομοκτόνα, τα τελευταία χρόνια προτιμώνται εντομοκτόνα ταχείας και σύντομης δράσης, με λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον αλλά και προνυμφοκτόνα που συγκαταλέγονται στους Ρυθμιστές Ανάπτυξης των εντόμων (Insect Growth Regulators I.G.R.). Επίσης, ελαιώδεις ουσίες που δημιουργούν μία λεπτή κρούστα στην επιφάνεια των νερών (parafilm), χρησιμοποιούνται για την εξόντωση των προνυμφών μέσω ασφυξίας. Όμως την ίδια κατάληξη έχουν και οι προνύμφες των ψαριών.

Οι επιπτώσεις των χημικών εντομοκτόνων στην υγεία μπορεί να είναι άμεσες, με οξεία συμπτώματα όπως ζάλη, ναυτία, πονοκέφαλος, ερεθισμός των βλεννογόνων μέχρι και κώμα ή θάνατος. Όμως, οι χημικές αυτές ουσίες μπορεί να παρουσιάσουν και χρόνια προβλήματα στο νευρικό, αναπαραγωγικό, ανοσοποιητικό και λεμφικό σύστημα ενώ ευθύνονται και για την εμφάνιση καρκίνου (Διονυσοπούλου, 2013).

## 7.6 ΓΕΝΕΤΙΚΟΣ ΈΛΕΓΧΟΣ (GENETIC CONTROL)

Ο γενετικός έλεγχος των κουνουπιών, αναφέρεται στην χρήση τεχνικών που παρεμβαίνουν στο γενετικό υλικό του κουνουπιού τροποποιώντας το, δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό στείρα ή γενετικά τροποποιημένα κουνούπια (Genetically Modified Mosquitoes). Η νέα αυτή μέθοδος ελέγχου του πληθυσμού διαφόρων ειδών κουνουπιών είναι ιδιαίτερα δελεαστική καθώς η παρέμβαση είναι στοχευμένη και εξειδικευμένη σε ένα συγκεκριμένο είδος και δεν μπορεί να επηρεάσει άμεσα άλλα είδη και οργανισμούς (Alphey *et al.*, 2013).

### 7.6.1. Τεχνική εξαπόλυσης στείρων εντόμων (SIT: sterile insect technique).

Στόχος αυτής της τεχνικής είναι η διαταραχή της φυσικής αναπαραγωγικής διαδικασίας των κουνουπιών (Dyck *et al*, 2005) και χρησιμοποιεί τη μαζική εκτροφή και τη στείρωση αρσενικών κουνουπιών, τα οποία στη συνέχεια απελευθερώνονται στο φυσικό περιβάλλον. Η στείρωση μπορεί να γίνει με τη χρήση ακτινοβολίας ή με χημικές ενώσεις σε αρσενικά άκμια που καλλιεργούνται στο εργαστήριο. Όταν τα εργαστηριακά αυτά άκμια απελευθερωθούν στο περιβάλλον και ζευγαρώσουν με τα άγριου τύπου θηλυκά άκμια, τα αυγά δεν θα γονιμοποιηθούν και έτσι ο ρυθμός πολλαπλασιασμού του είδους θα είναι πολύ χαμηλότερος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του πληθυσμού τους, ο οποίος τελικά οδηγείται σε εξαφάνιση (Nolan *et al*, 2011). Η ακτινοβόληση γίνεται στο ενήλικο στάδιο ή στα τελευταία νυμφικά στάδια με ραδιοϊσότοπα  $60\text{Co}$  και  $137\text{Cs}$ . Η μέθοδος SIT έχει χρησιμοποιηθεί σε προγράμματα καταπολέμησης της ελονοσίας και φαίνεται να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην μείωση των πληθυσμών (Agusto *et al*, 2012).

### 7.6.2 Γενετικά τροποποιημένα κουνούπια (Genetically Modified Mosquitoes, GMm)

Τα GMm είναι κουνούπια στο οποία έχει εμφυτευτεί με τη χρήση της μοριακής βιολογίας και της γενετικής κάποιο γονίδιο ή βακτήριο που φυσιολογικά δεν υπάρχει στο γονιδίωμα του είδους.

Στην πρώτη περίπτωση το γονίδιο που εισάγεται στο DNA του κουνουπιού είναι αυτοπεριοριστικό και αυτό-καταστροφικό καθώς επεμβαίνει και διακόπτει τη φυσιολογική ανάπτυξη των απογόνων με αποτέλεσμα να μην επιβιώνουν (mosquitomagnet.com). Η μέθοδος αυτή ονομάζεται RIDL (Release of Insects Carrying a Dominant Lethal), και έχει χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση της ελονοσίας, του Δάγκειου πυρετού και του ιού Ζήκα. Με την μέθοδο αυτή δημιουργούνται διαγονιδιακά κουνούπια που εκφράζουν την θανατηφόρο

πρωτεΐνη απουσία κάποιας κατασταλτικής ουσίας. Για παράδειγμα τα θηλυκά κουνούπια στα οποία έχει εισαχθεί ένα θανατηφόρο γονίδιο, η έκφραση του οποίου ελέγχεται από την πρωτεΐνη tTA, μπορούν να επιβιώσουν μόνο παρουσία της ουσίας τετρακυκλίνης η οποία λειτουργεί ως καταστολέας της πρωτεΐνης tTA. (Thomas *et al*, 2000). Όταν τα διαγονιδιακά αυτά κουνούπια απελευθερωθούν στη φύση, μόνο οι αρσενικοί απόγονοί τους θα επιβιώσουν (Alphey *et al.*, 2013).

Πειράματα πεδίου βασισμένα σε αυτή την τεχνική πραγματοποιήθηκαν στην Piracicaba της Βραζιλίας το 2015 όπου έδωσαν ενθαρρυντικά αποτελέσματα με σημαντική μείωση κατά 82% στις προνύμφες των κουνουπιών *Ae. aegypti* όπου και εφαρμόστηκε η τεχνική εισαγωγής γονιδίου. Ταυτόχρονα φάνηκαν να μειώνονται και τα κρούσματα από Δάγκειο πυρετό σε εκείνη την περιοχή ([mosquitomagnet.com](http://mosquitomagnet.com)). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε από την εταιρεία βιοτεχνολογίας Oxitec, δημιουργώντας τη σειρά κουνουπιών OX513A στα νησιά Κέιμαν και (Wilke *et al*, 2009).

Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δεδομένα, η ίδια εταιρία πήρε έγκριση από τις ΗΠΑ για την απελευθέρωση 750 εκ. διαγονιδιακών κουνουπιών *Ae. aegypti* με κωδικό σειράς OX5034 στην περιοχή Keys της Φλόριντα το διάστημα 2021-2022. Το είδος *Ae. aegypti* είναι ενδημικό στη Φλόριντα, ευθύνεται για τη έξαρση του δάγκειου πυρετού στην περιοχή, ενώ παράλληλα έχει εμφανίσει ανθεκτικότητα σε πολλά εντομοκτόνα. Παρόλα αυτά, χιλιάδες πολίτες της Φλόριντα είναι αντίθετοι με την απελευθέρωση GMm στην περιοχή καθώς πιστεύουν ότι η μέθοδος αυτή θέτει σε κίνδυνο τους πολίτες, το περιβάλλον και είδη που βρίσκονται υπό εξαφάνιση στην περιοχή. Παράλληλα τίθενται ερωτήματα για το πόσο προετοιμασμένοι είμαστε για να κάνουμε μία τόσο μεγάλη παρέμβαση στη φύση (BBC, 2020). Μετά τη Φλόριντα αναμένεται να δοθεί έγκριση και για την πόλη Harris του Τέξας ([oxitec.com](http://oxitec.com)).

Η γενετική τροποποίηση των κουνουπιών μπορεί να γίνει και με την εισαγωγή βακτηρίων. Συγκεκριμένα, για την καταπολέμηση του Δάγκειου ιού χρησιμοποιήθηκε το βακτήριο *Wolbachia* το οποίο σταματά τον πολλαπλασιασμό του ιού μέσα στον οργανισμό του κουνουπιού και συνεπώς τη μετάδοσή του στον άνθρωπο. Το βακτήριο αυτό έχει αρκετά μεγάλο μέγεθος και έτσι δεν χωράει να περάσει από την προβοσκίδα του ακμαίου κατά τη νύξη στον άνθρωπο. Δεν είναι ακόμα γνωστό εάν το βακτήριο αυτό μπορεί να μεταφερθεί επιτυχώς στους απογόνους, μεταφέροντάς του αυτή την, σημαντική για την ανθρωπότητα, ιδιότητα ([mosquitomagnet.com](http://mosquitomagnet.com)).

## [ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ]

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

1. Η παγκόσμια κλιματική αλλαγή είναι κατά βάση ένα φυσικό φαινόμενο, το οποίο όμως έχει ενταθεί τους τελευταίους αιώνες εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας.
2. Η λεκάνη της Μεσογείου αποτελεί περιοχή κλειδί για την εκτίμηση των επιπτώσεων της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, καθώς ενδέχεται να αντιμετωπίσει πιο έντονα τα νέα κλιματικά φαινόμενα. Οι λόγοι που χαρακτηρίζουν τη Μεσόγειο ως «επίκεντρο» της κλιματικής αλλαγής είναι:
  - Το κλίμα της είναι ιδιαίτερα ευάλωτο στην κλιματική αλλαγή
  - Διαθέτει ποικιλία μικροκλιμάτων χάρη στην πλούσια τοπογραφία της
  - Αποτελεί πύλη εισόδου ενδημικών ασθενειών από τον Νότο και την Ανατολή στην ευρωπαϊκή ενδοχώρα

Ήδη, παρατηρήσεις πάνω στο κλίμα της Μεσογείου δείχνουν πως η μεταβολή της μέση θερμοκρασίας και των βροχοπτώσεων θα είναι πιο έντονη στην περιοχή της Μεσογείου από ότι στον υπόλοιπο κόσμο. Συγκεκριμένα:

- Από το 1970 μέχρι τις αρχές του 21<sup>ου</sup> αιώνα, η μέση θερμοκρασία στη ΝΔ Ευρώπη παρουσίασε αύξηση κατά 2°C (IPCC 2007).

- Σύμφωνα με το SRE A1B, για την περιοχή της Μεσογείου, η θερμοκρασία αναμένεται να αυξηθεί μέχρι 5.1 C° έως το τέλος του 21<sup>ου</sup> αιώνα (IPCC 2007). Αντίστοιχα, η βροχόπτωση αναμένεται να παρουσιάσει σημαντική ελάττωση από 4 έως 27% στην κεντρική και νότια Μεσόγειο. Αντίθετα, στις Β Μεσόγειο οι βροχοπτώσεις αναμένεται να αυξηθούν έως και 16% (IPCC 2007).

- Παράλληλα, οι περίοδοι ξηρασίας αναμένεται να επιμηκυνθούν με μία ταυτόχρονη αύξηση στη συχνότητα των ημερών όπου η θερμοκρασία την ημέρα θα ξεπερνά τους 30 °C (Giannakopoulos et al. 2005).

- Επίσης, αυξημένη συχνότητα και ένταση αναμένεται να έχουν τα ακραία καιρικά φαινόμενα όπως οι καύσωνες, οι πλημμύρες και οι ξηρασίες.

- Η ΒΔ Αφρική θα είναι το πιο έντονα πληττόμενο μέρος στη Ν. Μεσόγειο με τη θερμοκρασία να αναμένεται να αυξηθεί κατά 2-3°C έως το 2050, ενώ το Μαρόκο θα αντιμετωπίσει την πιο έντονη ξηρασία καθώς οι βροχοπτώσεις θα μειωθούν από 5 έως 30% (Janpeter *et al*, 2012).

Οι μεταβολές αυτές πιθανώς να δημιουργήσουν ευνοϊκές συνθήκες στη Μεσόγειο για είδη οργανισμών που μέχρι τώρα εντοπίζονταν σε νοτιότερες, τροπικές χώρες. Συγκεκριμένα για τα κουνούπια:

- Αποτελούν μία οικογένεια εντόμων που εμφανίζουν παγκόσμια εξάπλωση με εξαίρεση την Ανταρκτική.

- Ο κύκλος ζωής τους εξαρτάται από την παρουσία νερού.

- Η ωοθεσία των αυγών γίνεται συνήθως σε στάσιμα ή χαμηλής ροής νερά, ανεξαρτήτου όγκο με ελάχιστες εξαιρέσεις στα γένη *Aedes* και *Culex*.

- Τα θηλυκά μόνο, ενήλικα κουνούπια είναι αιμομυζητικά (*Culicinae* και *Anophelinae*). Το αίμα αποτελεί απαραίτητη πηγή πρωτεϊνών για την εκκόλαψη των αυγών.

- Πολλά από τα αιμομυζητικά είδη είναι ανθρωπόφιλα, μεταδίδοντας μέσω των νύξεων σοβαρές ασθένειες.

- Το μεγαλύτερο ποσοστό των πληθυσμών βρίσκεται σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές.

- Παρότι οι πτήσεις των άκμαιων είναι συνήθως κοντινές (<50km), πολλές φορές παρασύρονται από τον άνεμο και ταξιδεύουν σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις, γεγονός που συμβάλει στην εξάπλωσή τους, μαζί με τα εμπορικά ταξίδια και το φαινόμενο της παγκοσμιοποίησης.

- Τα τελευταία χρόνια, στην περιοχή της Μεσογείου έχουν καταγραφεί τα παρακάτω υγειονομικής σημασίας, είδη κουνουπιών: Γένος *Anopheles* (*An. atroparvus*, *An. labbranchiae*, *An. sacharovi*, *An. messeae*, *An. sergentii* και *An. superpictus*), γένος *Aedes* (*Ae. aegypti*, *Ae. albopictus*, *Ae. koreicus*, *Ae. japonicus*), γένος *Culex* (*Cx. theileri*, *Cx. pipiens*, *modestus*, *Cx. prexiguus*).

Μελέτη στους πληθυσμούς του κουνουπιού *Cx.pipiens* σε υγρότοπο της Ισπανίας είχε τα παρακάτω αποτελέσματα (Roiz *et al*, 2014):

- Δεν παρουσιάστηκε μεταβολή του πληθυσμού σε σχέση με τη μέση ετήσια θερμοκρασία, ενώ αντίθετα η μεταβολή σε σχέση με το ύψος των βροχοπτώσεων ήταν γραμμικώς ανάλογη.

- Σύμφωνα με τα SRE A2 και SRE B2 για την περίοδο **2011–2100** η μεταβολή της θερμοκρασίας και του ύψους των βροχοπτώσεων δεν θα επηρεάσει το είδος *Cx. pipiens*.

- Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής και η μεταβολή των πληθυσμών διαφόρων ειδών κουνουπιών δεν παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση και εξαρτώνται τόσο από το είδος των κουνουπιών όσο και από το περιβάλλον αναφοράς.

- Η υπερθέρμανση του πλανήτη θα ασκήσει μεγαλύτερη επίδραση στους πληθυσμούς των κουνουπιών που εξαρτώνται άμεσα από την θερμοκρασία και δευτερευόντως από τη συχνότητα των βροχοπτώσεων.

- Η μετάδοση παθογόνων από τα κουνούπια θα εξαρτηθεί από την άμεση και έμμεση επίδραση του κλίματος στον πολλαπλασιασμό των παθογόνων και τη συχνότητα μετάδοσής τους στο άνθρωπο και άλλα σπονδυλόζωα.

Τα παραπάνω είδη κουνουπιών αποτελούν συχνά φορείς παρασίτων, φιλαριάσεων και αρμοπιών που προκαλούν σοβαρές ασθένειες στον άνθρωπο όπως.

- Ελονοσία: μεταδίδεται κυρίως από άκμια του γένους *Anopheles*. Ύστερα από την εξάλειψη της νόσου στην Ευρώπη, στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα, υπήρξε επανεμφάνιση κρουσμάτων το διάστημα 2008-2012 στη Μεσόγειο, ενώ το 2017 απομονώθηκε το πλασμώδιο *P.falciparum* στην Ιταλία.

- Δάγκειος πυρετός: μεταδίδεται από άκμια του γένους *Aedes* (*aegypti*, *albopictus*). Σύμφωνα με τον Bouzid και τους συνεργάτες του υπάρχουν σημαντικές ανησυχίες για τον κίνδυνο αύξησης των κρουσμάτων δάγκειου πυρετού στη Μεσόγειο μέχρι το 2100, εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής.

- Ιός του Δυτικού Νείλου: προκαλεί τον ομώνυμο πυρετό και εγκεφαλίτιδες. Μεταδίδεται κυρίως από τα κουνούπια του γένους *Culex*. Την τελευταία δεκαετία έχουν εμφανιστεί κρούσματα της νόσου στην περιοχή της Μεσογείου με σημαντικότερο το ξέσπασμα στην Ελλάδα την διετία 2010-2012.



• Κίτρινος πυρετός: μεταδίδεται από άκμια του γένους *Aedes* και *Haemagogus* με κυριότερο το *Ae. aegypti*. Μέχρι και το 1960 το συγκεκριμένο είδος ενδημούσε στην βόρεια Μεσόγειο. Πλέον, ανησυχίες προκαλεί η εμφάνιση του είδους *Ae. albopictus* σε όλη τη Μεσόγειο καθώς αποτελεί δευτερεύον φορέα του ιού του κίτρινου πυρετού.

• Chikungunya: Ο ομώνυμος ιός μεταδίδεται από κουνούπια του είδους *Ae. aegypti* και *Ae. albopictus*. Μέχρι και το 2013 εξάρσεις της νόσου είχαν εμφανιστεί σε Ιταλία και Γαλλία.

Καθώς εμβόλιο για τις MBD υπάρχει μόνο για τον κίτρινο πυρετό, ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης είναι η πρόληψη. Αυτή αφορά κυρίως στην μείωση των εστιών αναπαραγωγής που μπορεί να πραγματοποιηθεί με φυσικές, βιολογικές, χημικές ή γενετικές μεθόδους.

Οι χημικές μέθοδοι αντιμετώπισης των κουνουπιών ενέχουν κίνδυνο τόσο για το περιβάλλον όσο και για τους έμβιους οργανισμούς, μεταξύ αυτών και ο άνθρωπος.

Ελπιδοφόρος χαρακτηρίζεται η καινοτόμος μέθοδος καταπολέμησης των κουνουπιών με την απελευθέρωση στο περιβάλλον εργαστηριακών, γενετικά τροποποιημένων ακμαίων. Ταυτόχρονα όμως προκαλεί αντιδράσεις και αμφιβολίες για τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα και τις συνέπειες που μπορεί να έχει μία τέτοια παρέμβαση στη φύση.

## [ΣΥΖΗΤΗΣΗ]

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα φυσικό φαινόμενο, το οποίο όμως έχει ενισχυθεί από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες με αποτέλεσμα να έχει επιταχυνθεί τις τελευταίες δεκαετίες.

Καθώς η λεκάνη της Μεσογείου είναι ιδιαίτερα ευάλωτη στην κλιματική αλλαγή, το παγκόσμιο αυτό φαινόμενο είναι ιδιαίτερα ορατό στην περιοχή αυτή. Αυτό αποδεικνύεται από την υψηλότερη τάση θέρμανσης της λεκάνη της Μεσογείου συγκριτικά με την παγκόσμια υπερθέρμανση. Το φαινόμενο αυτό έχει άμεση επίδραση στο περιβάλλον διότι διαμορφώνει τα παγκόσμια κλιματικά συστήματα και κατ' επέκταση προκαλεί κοινωνικοοικονομικές διαταραχές ανά τον κόσμο. Η μεταβολή της βιοποικιλότητας αποτελεί μία από τις παραπάνω διαταραχές που απασχολούν ιδιαίτερα την ιατρική και επιστημονική κοινότητα, καθώς ορισμένα είδη αποτελούν δυνητικούς φορείς ασθενειών.

Από τις βασικότερες αλλαγές που αναμένεται να υποστεί η λεκάνη της Μεσογείου από την κλιματική μεταβολή είναι η αύξηση της μέση ετήσιας θερμοκρασία έως και 5°C με παράλληλη μείωση των βροχοπτώσεων που στη ΝΔ Μεσόγειο θα αγγίξει το 30%. Η μεταβολή των δύο αυτών παραμέτρων θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της συχνότητας ακραίων καιρικών φαινομένων όπως είναι οι πλημμύρες, οι καύσωνες και οι ξηρασίες. Η νέα αυτή διαμόρφωση του κλίματος πιθανώς δημιουργήσει κατάλληλο περιβάλλον για την εισβολή και εγκατάσταση οργανισμών που προέρχονται από τροπικά και υποτροπικά κλίματα όπως είναι τα κουνούπια. Οι πλημμύρες συχνά έχουν σαν αποτέλεσμα την κατακράτηση νερού στην επιφάνεια του εδάφους το οποίο αδυνατεί να το απορροφήσει άμεσα εξαιτίας του μεγάλου όγκου του. Το νερό αυτό συχνά εγκλωβίζεται σε σχηματισμούς και δοχεία, δημιουργώντας εστίες αναπαραγωγής κουνουπιών. Παράλληλα, η υψηλή θερμοκρασία αποτελεί ευνοϊκό παράγοντα για την επιβίωση, πολλαπλασιασμό και ανάπτυξη των κουνουπιών, ιδίως για τα είδη που ο κύκλος ζωής τους εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Από την άλλη, οι μεγάλες περίοδοι ξηρασίας ίσως φανούν πιο ευνοϊκές για τα είδη *Aedes* και *Culex* τα αυγά των οποίων μπορούν να διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα απουσία νερού.

Πολλά είδη κουνουπιών είναι φορείς ασθενειών που προσβάλλουν τον άνθρωπο και άλλα σπονδυλόζωα και πολλές φορές μπορούν να οδηγήσουν και στον θάνατο. Το γένος *Anopheles* που είναι ο βασικός φορέας του πλασμοδίου της ελονοσίας, παρότι είχε αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά στο παρελθόν και η ασθένεια είχε εξαλειφτεί από τη Μεσόγειο, τα τελευταία χρόνια έκανε την επανεμφάνισή του με την καταγραφή νέων κρουσμάτων σε Πορτογαλία, Ελλάδα, Κύπρος, Μάλτα, Ισπανία, Λίβανο, Μαρόκο, Λιβύη, και Τυνησία το διάστημα 2008-2012 και Ιταλία το 2017. Αντίστοιχα, η ευρεία εξάπλωση των ειδών *Ae. albopictus*, *Cx. perexiguus*, *Cx. theileri* κ.α στην περιοχή της Μεσογείου τις τελευταίες δεκαετίες προκαλούν σοβαρές ανησυχίες για την αύξηση των κρουσμάτων ασθενειών που σχετίζονται με αυτά τα είδη στα επόμενα χρόνια.

Καθώς οι συμβατικές, χημικές μέθοδοι αντιμετώπισης των κουνουπιών και εξάλειψης ασθενειών που είχαν χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά στο παρελθόν αποδείχτηκαν επιβλαβείς για το περιβάλλον και τους οργανισμούς, γίνονται πλέον προσπάθειες παγκοσμίως για τη χρήση εναλλακτικών μεθόδων για την μείωση των πληθυσμών. Οι περισσότερες μέθοδοι είναι προληπτικές και αποσκοπούν στην μείωση των εστιών αναπαραγωγής, δηλαδή των στάσιμων νερών, ενώ άλλες χρησιμοποιούν βιολογικές μεθόδους για τη μείωση των πληθυσμών των κουνουπιών στο προνυμφικό στάδιο. Η πιο πρόσφατη και ταυτόχρονα πολλά υποσχόμενη μέθοδος αντιμετώπισης που έχει χρησιμοποιηθεί είναι η γενετική παρέμβαση, η οποία περιλαμβάνει είτε τη στείρωση των αρσενικών άκμαιων είτε τη γενετική τροποποίηση των άκμαιων με σκοπό τη μείωση των πληθυσμών τους και συνεπώς των ασθενειών που μεταδίδονται από αυτά.

Για την περιοχή της Μεσογείου δεν προβλέπεται ακόμα η χρήση της γενετικής μεθόδου αντιμετώπισης των κουνουπιών καθώς ο κίνδυνος εξάπλωσης MBD είναι ακόμα χαμηλός. Βέβαια, τα προληπτικά μέτρα αντιμετώπισης και η βελτιστοποίηση των κοινωνικών και οικονομικών συνθηκών αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την αποφυγή έξαρσης τέτοιων ασθενειών. Για τον λόγο αυτό είναι υποχρέωση της πολιτείας να ενημερώνει έγκαιρα τους πολίτες για τυχόν έξαρση MBD, να τους πληροφορεί για τα ατομικά μέτρα προστασίας που είναι διαθέσιμα καθώς και να αναλαμβάνει έργα και δράσεις που θα συντελέσουν στον περιορισμό της εξάπλωσης των ασθενειών αυτών.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Agosto F.B., Bewick S. and Parshad RD. “Mosquito management in the face of natural selection.” *Mathematical Biosciences*, 239 (2012) pp. 154–168.
2. Ahlonsou E., Ding Y., Schimel D., Co-ordinating Lead Author: Baede A.P.M., Review Editors: Bolin B., Pollonais S. “Climate Change 2001: The Scientific Basis”, IPCC 2001, pp87-98
3. Alomar M., Sánchez-Arcilla A., Bolaños R., Sairouni A. “Wave growth and forecasting in variable, semienclosed domains”. In: *Continental Shelf Research* 87, (2014) pp. 28-40
4. Alphey L, McKemey A, Nimmo D, Neira Oviedo M, Lacroix R, Matzen K, Beech C. Genetic control of *Aedes* mosquitoes. *Pathog Glob Health*. (2013) 107(4) pp. 170-179. doi: 10.1179/2047773213Y.0000000095. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4001467/>
5. Antipolis S. “Climate Change and Energy in the Mediterranean” Plan Bleu Regional Activity Center, (2008) Available at: [https://www.eib.org/attachments/country/climate\\_change\\_energy\\_mediterranean\\_en.pdf](https://www.eib.org/attachments/country/climate_change_energy_mediterranean_en.pdf)
6. Balenghien T, Fouque F, Sabatier P, Bicout DJ. "Horse-, bird-, and human-seeking behavior and seasonal abundance of mosquitoes in a West Nile virus focus of southern France". *Journal of Medical Entomology*. **43** (5) (2006) pp. 936–46. Available at: [doi:10.1603/0022-2585\(2006\)43\[936:hbahba\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0022-2585(2006)43[936:hbahba]2.0.co;2)
7. Barbieri R. and Drancourt M., “Two thousand years of epidemics in Marseille and in the Mediterranean Basin.” *New Microbes and New Infections*. (2018) Available at: [https://www.researchgate.net/publication/327054951\\_Two\\_thousand\\_years\\_of\\_epidemics\\_in\\_Marseille\\_and\\_in\\_the\\_Mediterranean\\_Basin#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/327054951_Two_thousand_years_of_epidemics_in_Marseille_and_in_the_Mediterranean_Basin#fullTextFileContent)
8. Beck E. H., Zimmermann E. N., McVicar R. T., Vergopolan N., Berg A. and Wood F. E., “Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution”, *Nature*, 5:180214 (2018) scientific data, | [doi: 10.1038/sdata.2018.214](https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214)
9. Becker N., Petrić D., Zgomba M., Boase C., Dahl C., Lane J., Kaiser A. “Mosquitoes and their control”, Kluwer Academic/Plenum Publishers (2003)
10. Barnett ED., Wilder-Smith A. and Wilson ME. “Yellow fever vaccines and international travellers”. *Expert Rev Vaccines*., 7 (2008) pp. 579-87.
11. Benelli G, Jeffries CL, Walker T. “Biological Control of Mosquito Vectors: Past, Present, and Future.” *Insects* vol. 7,4 52. (2016), doi:10.3390/insects7040052 Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5198200/>
12. Biggerstaff BJ. and Petersen L. “Estimated risk of transmission of the West Nile virus through blood transfusion in the US, 2002”. *Transfusion*, 43 (2002) pp. 1007–17.
13. Bouzid M., Colón-González FJ, Lung T., Lake IR. and Hunter PR, “Climate change and the emergence of vector-borne diseases in Europe: case study of dengue fever”, *BMC Public Health* 14, 781, (2014) Available at: <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-781>
14. Braga F., Zaggia L., Bellafiore D., Bresciani M., Giardino C., Lorenzetti G., Maicu F., Manzo C., Riminucci F., Ravaioli M., Brando V.E. “Mapping turbidity patterns in the Po river prodelta using multi-temporal Landsat 8 imagery”. In: *Estuar. Coast. Mar. Sci.* 198 (2017) pp. 555-567.
15. Campins J., Genovés A., Jansà A., Guijarro J.A., Ramis C., “A catalogue and a classification of surface cyclones for the Western Mediterranean”, *International Journal of*

- Climatology Vol. 20, Is. 9, (2000) pp. 969-984, Available at: [https://doi.org/10.1002/1097-0088\(200007\)20:9<969::AID-JOC519>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/1097-0088(200007)20:9<969::AID-JOC519>3.0.CO;2-4)
16. Caryl-Sue, National Geographic Society, “All About Climate”, National Geographic Society. (2017) [online] Available at: <https://www.nationalgeographic.org/article/all-about-climate/> [Accessed 4 April 2020].
  17. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2018, *West Nile virus: Symptoms, Diagnosis, & Treatment* Available at: <https://www.cdc.gov/westnile/symptoms/index.html>
  18. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2019, *Chikungunya virus* Available at: <https://www.cdc.gov/chikungunya/geo/index.html>
  19. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2003, *Epidemic/Epizootic West Nile Virus in the United States: Guidelines for Surveillance, Prevention, and Control, 3rd Revision*
  20. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2020, “Arbovirus Catalog” Available at: <https://wwwn.cdc.gov/Arbocat> [Accessed on 29.08.2020]
  21. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2020, *Malaria*, Global Health, Division of Parasitic Diseases Available at: <https://www.cdc.gov/parasites/malaria>
  22. Chaouche K., Neppel L., Dieulin C., Pujol N, Ladouche B., Martin E, Salas D., Caballero Y., “Analyses of precipitation, temperature and evapotranspiration in a French Mediterranean region in the context of climate change”, *Comptes Rendus Geoscience*, Vol. 342 (3), (2010), pp 234-243, ISSN 1631-0713, <https://doi.org/10.1016/j.crte.2010.02.001>.
  23. Clé M., Beck C., Salinas S., Lecollinet S., Gutierrez S., Van de Perre P., Baldet T., Foulongne V., and Simonin Y. “Usutu virus: A new threat?”. *Epidemiology and infection*, 147, (2019) p. 232. <https://doi.org/10.1017/S0950268819001213>
  24. Coetzee M., “Culicidae (Mosquitoes)” *Manual of Afrotropical diptera* Vol. 2 (5) (2017) pp. 677- 692 Available at: <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/sites/mosquito-taxonomic-inventory.info/files/Coetzee%202017.pdf>
  25. de Souza DK., Koudou B., Kelly-Hope LA., Wilson MD., Bockarie MJ., Boakye DA. “Diversity and transmission competence in lymphatic filariasis vectors in West Africa, and the implications for accelerated elimination of Anopheles-transmitted filariasis”, *Parasites & vectors* Vol. 5, (2012), P. 259. Available at: <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-259>
  26. Dixon R. and Brust R., “Mosquitoes of Manitoba: III. Ecology of larvae in the Winnipeg area”. *The Canadian Entomologist*, Vol. 104 (7), (1972) pp. 961-968, doi:10.4039/Ent104961- 7
  27. Dyck A., Hendrichs J. and Robinson AS. “The Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management”, Springer (2005)
  28. ECDC – “Anopheles atroparvus - Factsheet for experts” (2014) Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/facts/mosquito-factsheets/anopheles-atroparvus>
  29. ECDC – “Anopheles labranchiae - Factsheet for experts” (2014) Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/facts/mosquito-factsheets/anopheles-labranchiae>
  30. ECDC “Dengue worldwide overview” 17 July 2020, Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/dengue-monthly> [Accessed 22 Aug 2020].

31. El Setouhy M, Ramzy RM. “Lymphatic filariasis in the Eastern Mediterranean Region: current status and prospects for elimination”. *East Mediterr Health J.* Vol 9(4) (2003) pp. 534-541. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15748050/>
32. Encyclopædia Britannica, inc., Mediterranean Climate, (2019), **Access Date:** June 04, 2020, Available at: <https://www.britannica.com/science/Mediterranean-climate>
33. Encyclopædia Britannica, inc., 2019 *Aedes* Animal (genus) Available at: <https://www.britannica.com/animal/Aedes>
34. European Centers for Disease Control and Prevention (ECDC), 2014 *Anopheles sacharovi*-*Factsheet for experts* Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/facts/mosquito-factsheets/anopheles-sacharovi>
35. European Centers for Disease Control and Prevention (ECDC), 2020 *Aedes albopictus* - *current known distribution: May 2020* Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/aedes-albopictus-current-known-distribution-may-2020>
36. European Centers for Disease Control and Preventio (ECDC), 2020, *Culex pipiens* Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/all-topics-z/disease-vectors/facts/mosquito-factsheets/culex-pipiens-factsheet-experts>
37. European Commission, INSPIRE, “Environmental Zone Mediterranean Mountains” Available at: <https://inspire.ec.europa.eu/codelist/EnvironmentalStratificationClassificationValue/MDM> [Accessed 29 May 2020]
38. Eybpoosh S, Fazlalipour M, Baniasadi V, Pouriayevali MH, Sadeghi F, Vasmehjani AA, Niya MHK, Hewson R., Salehi-Vaziri M. “Epidemiology of West Nile Virus in the Eastern Mediterranean region: A systematic review”. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 13(1) (2019) e0007081. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007081>
39. Funtowicz S. and Ravetz J.R. “Uncertainty and Quality in Science for Policy” Kluwer Academic Publishers (1990) ISBN 0-7923-0799-2
40. Garrabou J., Gattuso JP, Cramer, W., Guiot, J., Fader, M. Jean-Pierre Gattuso JP, Iglesias A., Lange MA., Lionello P., Llasat MC., Paz S., Peñuelas J., Snoussi M., Toreti A., Tsimplis MN., Xoplaki E., “Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean”. *Nature Clim Change* Vol. 8, (2018) pp 972–980. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>
41. Ghouth A. «Dengue in the WHO Eastern Mediterranean Region: challenges to understand its epidemiology» *Health and Primary Care*, Volume 2(2) (2018) pp. 1-2 doi: 10.15761/HPC.1000136 Available at: <https://www.oatext.com/pdf/HPC-2-136.pdf>
42. Giorgi, F. & Hewitson B., Christensen H. J., Hulme M. Von Storch H., Whetton P. Jones R., Mearns O. L., Fu C., “Regional Climate Information – Evaluation and Projections”. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Publisher: Cambridge University Press Editors: Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, C.A. Johnson (2001).
43. Giorgi, F., and Coppola, E., “European climate-change oscillation (ECO)”, *Geophys. Res. Lett.*, 34, (2007) L21703, doi:10.1029/2007GL031223.

44. Golding N, Nunn MA, Medlock JM, Purse BV, Vaux AG, Schafer SM. "West Nile virus vector *Culex modestus* established in southern England". *Parasites & Vectors*. **5** (1) (2012) p. 32. doi:10.1186/1756-3305-5-32.
45. Zeldenryk M., Gray M., Speare R., Gordon S. and Melrose W., «*The Emerging Story of Disability Associated with Lymphatic Filariasis: A Critical Review*» *PLoS Negl Trop Dis*, **5** (2011)
46. Gardner CL. and Ryman KD. "Yellow fever: a reemerging threat", *Clin Lab Med*, **30** (2010) pp. 237-60.
47. Palumbo E., "Filariasis: diagnosis, treatment and prevention". *Acta Biomed*, **79** (2008) pp. 106-109.
48. Gubler, D.J.. "Epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health social and economic problem in the 21st century". *Trends Microbiol*, **10**: 100. Kft., Hungary, (2002) pp. 29-39.
49. Guzman MG., Halstead SB., Artsob H., Buchy P., Farrar J., Guble DJ., Hunsperger E., Kroeger A., Margolis HS., Martínez E., Nathan MB., Pelegrino JL., Simmons C., Yoksan S. and Peeling RW. "Dengue: a continuing global threat". *Nature reviews. Microbiology*, **8**(12 Suppl), (2010) pp7–16. Available at: <https://doi.org/10.1038/nrmicro2460>
50. Hansen J., Sato M. "Paleoclimate implications for human-made climate change" NASA News (2011) Available at: [https://www.giss.nasa.gov/research/briefs/hansen\\_15/PaleoImplications.pdf](https://www.giss.nasa.gov/research/briefs/hansen_15/PaleoImplications.pdf)
51. Harold C., "Biological control of mosquitoes". *AMCA Bulletin* No6 (1985),
52. Hartjes, LB., "Preventing and detecting malaria infections". *Nurse Pract*. Jun, **36** (2011) pp 45-53. doi: 10.1097/01.NPR.0000397912.05693.20
53. Hay SI, Sinka ME, Okara RM, Kabaria CW, Mbithi PM, Tago CC, Benz D., Gething PW, Howes RE., Patil AP., Temperley WH., Bangs MJ, Chareonviriyaphap T., Elyazar IRF, Harbach RE, Hemingway J., Manguin S., Mbogo CM., Rubio-Palis Yasmin., Godfray HCJ "Developing Global Maps of the Dominant *Anopheles* Vectors of Human Malaria". *PLOS Medicine* **7**(2): e1000209. (2010) Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000209>
54. Heilman JM., De Wolff J., Beards GM., and Basden BJ. "Dengue fever: a Wikipedia clinical review". *Open medicine: a peer-reviewed, independent, open-access journal*, **8**(4), (2014). pp. e105–e115.
55. Hemungkorn, M., Thisyakorn, U. and Thisyakorn, C. "Dengue infection: a growing global health threat". *Biosci Trends*, **1**: (2007) pp 90-6.
56. Hickman Jr., Cleveland P., Roberts LS., Larson A., «*Animal Diversity*» 3rd Edition (2002) pp 234-236 ISBN: 0-07-234903-4
57. Hinckley, A.F., O'Leary, D.R. and Hayes, EB. "Transmission of West Nile virus through human breast milk seems to be rare". *Pediatrics*, **119**: (2007) pp. 666–71.
58. Hoffmann A., Sgrò C., "Climate change and evolutionary adaptation" *Nature* volume 470, (2011), pp.479–485 Available at: <https://doi.org/10.1038/nature09670>
59. Homar V., Jansà A., Campins J., Genovés A., Ramis C. "Towards a systematic climatology of sensitivities of Mediterranean high impact weather: a contribution based on intense cyclones. *Natural Hazards and Earth System Science*", Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union, Vol **7** (4), (2007) pp.445-454. (hal-00301685)
60. Hubalek, Z. and Halouzka J. "West Nile Fever - a reemerging mosquito-borne viral disease in Europe". *Emerging Infectious Diseases*, **5**: (1999) pp 545-556.



61. Huestis LD, Dao A., Diallo M., Sanogo ZL, Samake D., Yaro SA, Usman Y., Linton MY, Krishna A., Veru L., Krajacich JB, Faiman R., Florio J., Chapman WJ, Reynolds RD, Weetman D., Mitchell R., Donnelly JM, Talamas E., Chamorro L., Strobach E., Lehmann T., “Windborne long-distance migration of malaria mosquitoes in the Sahel”, *Nature* **574**, (2019) pp 404–408 Available at: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1622-4>
62. Iwamoto, M. “Transmission of West Nile virus from an organ donor to four transplant recipients”. *N Engl J Med*, 348: (2003) pp. 2196–203.
63. Janpeter S., Korbinian P. Freier, Elke Hertig, Jürgen Scheffran, “Climate change, vulnerability and adaptation in North Africa with focus on Morocco”, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol 156, (2012), pp 12-26, ISSN 0167-8809, Available at: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.04.021>.
64. Karabatsos N. “International catalogue of arboviruses, including certain other viruses of vertebrates.” 3rd edition & Supplements 1986-98. American Society of Tropical Medicine and Hygiene. (1985).
65. Karunamoorthi K. “Vector control: a cornerstone in the malaria elimination campaign”. *Clinical Microbiology and Infection*, 17, (2011) pp. 1608–1616
66. Köppen W. “Das geographische System der Klimate” Gebrüder Borntraeger: Berlin, Germany (1936), pp. 1–44
67. Kottek M., Grieser J., Beck C. Rudolf B., Rubel F. “World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated” *Meteorologische Zeitschrift*. 15, (2006), pp. 259-263. 10.1127/0941-2948/2006/0130.
68. Kovac D. and Yang CM. “A new species of *Emesopsis* Uhler, 1893 (Insecta: Hemiptera: Reduviidae) from Peninsular Malaysia, with notes on its biology”. *Raffles Bulletin of Zoology*, 43 (1996), pp 453-462.
69. Laveran, CL. “Classics in infectious diseases: A newly discovered parasite in the blood of patients suffering from malaria.” *Parasitic etiology of attacks of malaria: Charles Louis Alphonse Laveran (1845–1922)*. *Rev Infect Dis*, 4 (1982) pp 908–911.
70. Levitus S., Antonov J., Boyer T., Baranova O., Garcia H., Locarnini R., Mishonov A., Reagan J., Seidov D., Yarosh E., Zweng M. "NCEI ocean heat content, temperature anomalies, salinity anomalies, thermocline sea level anomalies, halosteric sea level anomalies, and total steric sea level anomalies from 1955 to present calculated from in situ oceanographic subsurface profile data" (NCEI Accession 0164586). Version 4.4. (2017). NOAA National Centers for Environmental Information. Dataset. doi:10.7289/V53F4MVP
71. Levitus S., Antonov J., Boyer T., Stephens C., “Warming of the World Ocean.” *Science*. 287. (2000), pp. 2225-2229. 10.1126/science.287.5461.2225.
72. Lim S., Korakam P., Osterhaus A. and Martina B.. “West Nile Virus: Immunity and Pathogenesis” *Viruses*, 3 (2011) pp. 811–828
73. Lionello P., Abrantes F., Congedi L., Dulac F., Gacic M., Gomis D., Goodess C., Hoff H., Kutiel H., Luterbacher J., Planton S., Reale M., Schröder K., Struglia V. M., Toreti A., Tsimplis M., Ulbrich U., Xoplaki E., (ed. Lionello P.) “Introduction.: Mediterranean Climate—Background Information”, *The Climate of the Mediterranean Region*, Elsevier, (2012), Pages xxxv-xc, ISBN 9780124160422, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416042-2.00012-4>.
74. Lionello P., Malanotte-Rizzoli P., Boscolo R., Alpert P., Artale V., Li L., Luterbacher J., May W., Trigo R., Tsimplis M., Ulbrich U., Xoplaki E., “The Mediterranean climate: An

- overview of the main characteristics and issues”Editor(s): Lionello P., Malanotte-Rizzoli P., Boscolo R., Developments in Earth and Environmental Sciences, Elsevier, Vol. 4, (2006), pp 1-26, ISSN 1571-9197, ISBN 9780444521705, [https://doi.org/10.1016/S1571-9197\(06\)80003-0](https://doi.org/10.1016/S1571-9197(06)80003-0).
75. Luterbacher J., Xoplaki E., Casty C., Wanner H., Pauling A., Kuettel M., Rutishauser T., Broennimann S., Fischer E., Fleitmann D., Gonzalez-Rouco JF., Garcia-Herrera R., Barriendos M., Rodrigo FS., Gonzalez-Hidalgo JC, Saz MA., Gimeno L., Ribera P., Brunet M., Paeth H., Rimbu N., Felis T., Jacobeit J., Duenkeloh A., Zorita E, Guiot J., Turkes M., Alcoforado MJ., Trigo R., Wheeler D., Tett SFB., Mann ME., Touchan R., Shindell DT., Silenzi S., Montagna P., Camuffo D., Mariotti A., Nanni T., Brunetti M., Maugeri M., Zerefos C., De Zolt S., Lionello P.(ed), Nunes MF., Rath V., Beltrami H., Garnier E., and Le Roy Ladurie E. “Mediterranean Climate Variability Over the Last Centuries: A Review”. (2006) 45-47 - ISBN: 0-444-52170-4
  76. Santa-Ana M., Khadem M., Capela R., “Natural Infection of *Culex theileri* (Diptera: Culicidae) with *Dirofilaria immitis* (Nematoda: Filarioidea) on Madeira Island, Portugal”, Journal of Medical Entomology, Vol. 43, Issue 1, (2006), pp. 104–106, Available at: [doi.org/10.1093/jmedent/43.1.104](https://doi.org/10.1093/jmedent/43.1.104)
  77. Mayewski P., Rohling E., Curt Stager J., Karlén W., Maasch K., Meeker L., Meyerson E., Gasse F., van Kreveland S., Holmgren K., Lee-Thorp J., Rosqvist G., Rack F., Staubwasser M., Schneider R. and Steig E., “Holocene climate variability” Quaternary Research, [online] 62(3), (2004) pp.243-247. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0033589404000870> [Accessed 3 April 2020].
  78. McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS (eds) Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II, IPCC AR3, (2001). Cambridge: Cambridge University Press.
  79. McHugh Chad P.. "Ecology of a Semi-Isolated Population of Adult Anopheles Freeborni: Abundance, Trophic Status, Parity, Survivorship, Gonotrophic Cycle Length, and Host Selection". The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene.Vol. **41** (2) (1989), pp. 169–176. Available at: [doi:10.4269/ajtmh.1989.41.169](https://doi.org/10.4269/ajtmh.1989.41.169).
  80. Morens, DM. “Dengue fever and dengue hemorrhagic fever”. *Pediatr Infect Dis J*, 28: (2009) pp. 635-6.
  81. Mosquito Taxonomic Inventory, “Culicidae- Culicinae”, (2008) Available at: <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/simpletaxonomy/term/6060>
  82. Nayar J.K., Van Handel E., “The fuel for sustained mosquito flight”, *Journal of Insect Physiology*, Vol. 17, Iss. 3, (1971), pp 471-481, ISSN 0022-1910, Available at: [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(71\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0022-1910(71)90026-6).
  83. New World Encyclopedia – “Mediterranean Sea” (2020) Available at:[https://www.newworldencyclopedia.org/entry/Mediterranean\\_Sea](https://www.newworldencyclopedia.org/entry/Mediterranean_Sea)
  84. Nolan T., Papathanos P., Windbichler N., Magnusson K., Benton J., Catteruccia F. and Crisanti A. “Developing transgenic; anopheles; mosquitoes for the sterile insect technique”. *Genetica*, 139 (2011).
  85. Monath TP. “Yellow fever: an update”. *Lancet Infect Dis*, 1 (2001) pp. 11-20.

86. Nordhaus W, “Integrated Assessment Models of Climate Change”, National Bureau of Economic Research, Number 3 (2017), Available at: <https://www.nber.org/reporter/2017number3/nordhaus.html>
87. NSIDC, SOTC: “Northern Hemisphere Snow” (2019) Available at: <https://nsidc.org/cryosphere/sotc/permafrost.html>
88. Oliva M., Žebre M., Guglielmin M., Hughes P.D., Çiner A., Vieira G., Bodin X., Andrés N., Colucci R.R., García-Hernández C., Mora C., Nofre J., Palacios D., Pérez-Alberti A., Ribolini A., Ruiz-Fernández J., Sarıkaya M.A., Serrano E., Urdea P., Valcárcel M., Woodward J.C., Yıldırım C., “Permafrost conditions in the Mediterranean region since the Last Glaciation”, *Earth-Science Reviews*, Vol. 185, (2018), Pages 397-436, ISSN 0012-8252, Available at: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.06.018>.
89. Oxitec Ltd. 2020. “Oxitec’s friendly™ mosquito technology receives u.s. epa approval for pilot projects in U.S.” Available at: <https://www.oxitec.com/en/news/oxitecs-friendly-mosquito-technology-receives-us-epa-approval-for-pilot-projects-in-us> [Accessed 22 August 2020]
90. Peel MC., Finlayson BL. and McMahon TA., “Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification.” *Hydrology and Earth System Sciences* 11, (2007) pp. 1633–1644
91. Verdonschot PFM and Besse-Lototskaya AA, “Flight distance of mosquitoes (Culicidae): A metadata analysis to support the management of barrier zones around rewetted and newly constructed wetlands”, *Limnologica*, Vol. 45, (2014), pp. 69-79, ISSN 0075-9511, Available at: [doi.org/10.1016/j.limno.2013.11.002](https://doi.org/10.1016/j.limno.2013.11.002)
92. Ramos MC, “Rainfall Distribution Patterns and Their Change over Time in a Mediterranean Area” *Theoretical and Applied Climatology* 69(3): (2001) pp. 163-170 Available at: [doi:10.1007/s007040170022](https://doi.org/10.1007/s007040170022)
93. Roiz D., Ruiz S., Soriguer R, Figuerola J. “Climatic effects on mosquito abundance in Mediterranean wetlands”. *Parasites Vectors* 7, (2014). p. 333 Available at: [doi.org/10.1186/1756-3305-7-333](https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-333)
94. Ropelewski C. and Arkin P., “Earth’s Climate System.” Cambridge University Press (2019), 1-18. doi:10.1017/9781139034746.003
95. Sabine L. C., Feely A. R., Gruber N., Key M. R., Lee K., Bullister L. J., Wanninkhof R., Wong S. C., Wallace W. R. D., Tilbrook B., Millero J. F., Peng T-H., Kozyr A., Ono T., Rios F. A. “The Oceanic Sink for Anthropogenic CO<sub>2</sub>,” *Science* vol. 305 (2004), 367-371
96. Santer B.D., Taylor E., Penner J. “A search for human influences on the thermal structure of the atmosphere,” *Nature* vol 382, (1996), pp 39-46)
97. Schaffner F. and Mathis A., “Dengue and dengue vectors in the WHO European region: Past, present, and scenarios for the future”. *The Lancet Infectious Diseases*. 14. 10. (2014). 1016/S1473-3099(14)70834-5. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/265130114\\_Dengue\\_and\\_dengue\\_vectors\\_in\\_the\\_WHO\\_European\\_region\\_Past\\_present\\_and\\_scenarios\\_for\\_the\\_future](https://www.researchgate.net/publication/265130114_Dengue_and_dengue_vectors_in_the_WHO_European_region_Past_present_and_scenarios_for_the_future)
98. Service M, Κούτης ΚΧ (επιμ.) «ΙΑΤΡΙΚΗ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΦΟΙΤΗΤΕΣ» (5Η ΕΚΔ.) (2014), ISBN 9789603949404
99. Service M., “Anopheline mosquitoes (Anophelinae).” In *Medical Entomology for Students* (2008), pp. 33-51. Cambridge: Cambridge University Press. Available at: [doi:10.1017/CBO9780511811012.006](https://doi.org/10.1017/CBO9780511811012.006)

100. Service W. M., “Mosquito (Diptera: Culicidae) Dispersal—The Long and Short of it”, *Journal of Medical Entomology*, Vol. 34, Is. 6, (1997), pp 579-588 Available at: <https://doi.org/10.1093/jmedent/34.6.579>
101. Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt KB, Tignor M, Miller H.L” *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*”, IPCC (2007), ISBN 978 0521 88009-1
102. Sutherland C.J. and Hallett R. “Detecting malaria parasites outside the blood.” *J Infect Dis*, 199: (2009) pp 1561–1563.
103. Tagliapietra V., Arnoldi D., Di Luca M. *et al.* “Investigation on potential malaria vectors (Anopheles spp.) in the Province of Trento, Italy”. *Malar J* **18**, (2019) pp 151. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12936-019-2785-z>
104. Trigo FI, , Davies DT, Bigg RG, “Climatology of Cyclogenesis Mechanisms in the Mediterranean”, *American Meteorological Society* (2002) Available at: [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(2002\)130<0549:COCMIT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2002)130<0549:COCMIT>2.0.CO;2)
105. Ulbrich U., In: Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R. (Eds.), “The Mediterranean climate change under global warming. *Mediterranean Climate Variability.*” Elsevier, (2006) pp. 398–415.
106. Unruh T.R., "Biological control". *Orchard Pest Management Online*, Washington State University. (1993)
107. Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock (eds.) “Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment” U.S. Global Change Research Program *Volume I* (2017) pp. 470 Available at: [doi: 10.7930/J0J964J6](https://doi.org/10.7930/J0J964J6)
108. Wegefelt S., Sundseth K., «Το δίκτυο Natura 2000 στην περιοχή της Μεσογείου», *Natura 2000* (2010) doi:10.2779/16011, ISBN 978-92-79-14715-9
109. Wilke A., de Castro GA., Natal D. and Marrelli M. “Control of vector populations using genetically modified mosquitoes”. *Rev. Saúde Pública*, 43(5) (2009)
110. Thomas DD., Donnelly CA., Wood RJ. and Alphey LS, “Insect Population Control Using a Dominant, Repressible, Lethal Genetic System”. *Science* 287 (5462) (2000) pp. 2474-2476.
111. World Health Organization (WHO), 2018, “*Egypt: first country in Eastern Mediterranean region to eliminate lymphatic filariasis*” Available at: [https://www.who.int/neglected\\_diseases/news/Egypt\\_first\\_EMRO\\_country\\_eliminate\\_LF/en](https://www.who.int/neglected_diseases/news/Egypt_first_EMRO_country_eliminate_LF/en)
112. World Health Organization (WHO), 2019, *Yellow fever* Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/yellow-fever>
113. Wuebbles D.J., Easterling D.R., Hayhoe K., Knutson T., Kopp R.E., Kossin J.P., Kunkel K.E., LeGrande A.N., Mears C., Sweet W.V., Taylor P.C., Vose R.S., and Wehner M.F., “Our globally changing climate” In *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I.* (2017) Wuebbles D.J., Fahey D.W., Hibbard K.A., Dokken D.J., Stewart B.C., and Maycock T.K., (eds). U.S. Global Change Research Program, pp. 35-72, Available at: [doi:10.7930/J08S4N35](https://doi.org/10.7930/J08S4N35).
114. WWF «Οικολογικός απολογισμός της καταστροφικής πυρκαγιάς του Ιουνίου 2007 στην Πάρνηθα» (2007) Available at: [http://politics.wwf.gr/images/stories/fireparnisreport2007\\_14.pdf](http://politics.wwf.gr/images/stories/fireparnisreport2007_14.pdf)
115. WWF 2016 “Northern Africa: Algeria, Egypt, Libya, Morocco, and Tunisia” Available at: <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/pa1213>
116. Yuval B. and Bouskila A. “Temporal dynamics of mating and predation in mosquito swarms”. *Oecologia* 95, (1993) pp. 65–69. Available at: <https://doi.org/10.1007/BF00649508>

117. Zgomba, M. and Petric, D. “Risk assessment and management of mosquito-born diseases in the European region.” In Proceedings of the Sixth International Conference on Urban Pests, W. H. Robinson and D. Bajomi [ed.]. OOKPress (2008)
118. Διονυσοπούλου ΚΝ. «Καταπολέμηση των κουνουπιών με λαβροφάγα ψάρια» Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly (2013) 22/08/2020 08:34:00 EEST - 85.73.239.167 Available at: <https://ir.lib.uth.gr/xmlui/bitstream/handle/11615/43535/11357.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
119. Μαμάσης Ν. «Υδατικό Περιβάλλον και Ανάπτυξη. Κλίμα και Κλιματική Αλλαγή». Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (2011)
120. Τζανακάκης Μ.. Εντομολογία, University Studio Press A.E. (1995), σελ. 501.

### **EIKONEΣ**

- EIKONA 1: IPCC Special Report on Emissions Scenarios Available at: <https://www.grida.no/climate/ipcc/emission/090.htm> [Accessed 27 December, 2019]
- EIKONA 2: VectorStock, Available at: <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/life-cycle-of-mosquito-vector-21361254> [Accessed 16 March, 2020]
- EIKONA 3, 4 και 5: American Mosquito Control Association (AMCA), Available at: <https://www.mosquito.org/page/biology> [Accessed 16 March, 2020]
- EIKONA 6: Service M, Κούτης ΚΧ (επιμ.) «ΙΑΤΡΙΚΗ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΦΟΙΤΗΤΕΣ» (5Η ΕΚΔ.) (2014), ISBN 9789603949404
- EIKONA 7: Nikon Small World, 2013 photomicrography competition <https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2013-photomicrography-competition/head-of-a-male-culex-pipiens-mosquito>
- EIKONA 8: Service M, Κούτης ΚΧ (επιμ.) «ΙΑΤΡΙΚΗ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΦΟΙΤΗΤΕΣ» (5Η ΕΚΔ.) (2014), ISBN 9789603949404
- EIKONA 9: Baranitharan, Dr. (2018). Introduction of Vector Mosquitoes. [https://www.researchgate.net/publication/329466124\\_Introduction\\_of\\_Vector\\_Mosquitoes/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/329466124_Introduction_of_Vector_Mosquitoes/figures?lo=1)
- EIKONA 10 : Coetzee M., “Culicidae (Mosquitoes)” Manual of Afrotropical diptera Vol. 2 (5) (2017) pp. 677- 692 Available at: <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/sites/mosquito-taxonomic-inventory.info/files/Coetzee%202017.pdf>
- EIKONA 11: Coetzee M., MacFayden D., Hunt RH, “Lighton’s insects of medical importance”, Johannesburg: National Health Laboratory Service (2009)
- EIKONA 12: MichelleCutwa-Francis, 2016 *Features of creatures*, University of Florida Available at: [http://entnemdept.ufl.edu/creatures/misc/flies/culex\\_pilosus.htm](http://entnemdept.ufl.edu/creatures/misc/flies/culex_pilosus.htm)

### **ΧΑΡΤΕΣ**

- ΧΑΡΤΗΣ 1: Encyclopedia Britannica, 2018, Climatology, *Mediterranean climate* Available at: <https://www.britannica.com/science/Mediterranean-climate>
- ΧΑΡΤΗΣ 2: Gaudiosi G.and Borri C., “Offshore wind energy in the mediterranean countries” (2010). pp 173-188.

- XAPTHΣ 3: Grid-Arental, 2013, *Mean annual temperature*, State of the Mediterranean Marine and Coastal Environment Available at: <https://www.grida.no/resources/5918>
- XAPTHΣ 4: Lionello *et al.*, 2012, “Introduction.: Mediterranean Climate—Background Information”, Elsevier, Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416042-2.00012-4>.
- XAPTHΣ 5: YACHTUA “Local Mediterranean Winds” (2010). Available at [http://www.1yachtua.com/Medit-marinas/Mediterranean\\_Sailing/mediterranean\\_winds.shtm](http://www.1yachtua.com/Medit-marinas/Mediterranean_Sailing/mediterranean_winds.shtm) [10/09/2017].
- XAPTHΣ 6: Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2020, *Where Malaria Occurs* Available at: <https://www.cdc.gov/malaria/about/distribution.html>
- XAPTHΣ 7: European Centers for Disease Control and Preventio (ECDC), 2020, *Aedes albopictus*, Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/aedes-albopictus-current-known-distribution-may-2020>
- XAPTHΣ 8: Walter Reed Biosystematics Unit, 2020, “*Culex perexiguus* species page”. Walter Reed Biosystematics Available at: <https://www.wrbu.si.edu/vectorspecies/mosquitoes/perexiguus>
- XAPTHΣ 9: European Centers for Disease Control and Preventio (ECDC), 2020, *Culex pipiens*, Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/culex-pipiens-group-current-known-distribution-may-2020>
- XAPTHΣ 10: European Centers for Disease Control and Preventio (ECDC), 2020, *Culex modestus*, Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/culex-modestus-current-known-distribution-may-2020>
- XAPTHΣ 11: BioInfo/MosKeyTool- *Culex theliery* Available at: [http://bioinfo-web.mpl.ird.fr/identiciels/moskeytool\\_V2.1/html/taxa/Culex\\_theileri\\_F\\_.html](http://bioinfo-web.mpl.ird.fr/identiciels/moskeytool_V2.1/html/taxa/Culex_theileri_F_.html)
- XAPTHΣ 12: Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2019, *Chikungunya*, Available at: <https://www.cdc.gov/chikungunya/geo/index.html>

## ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

- **Σχεδιαγράμμα 1:** Ahlonsou E., Ding Y., Schimel D., Co-ordinating Lead Author: Baede APM., Review Editors: Bolin B., Pollonais S. “Climate Change 2001: The Scientific Basis”, IPCC 2001, pp 87-98
- **Σχεδιάγραμμα 2:** Hansen J., Sato M. ”Paleoclimate implications for human-made climate change” NASA News (2011) Available at: [https://www.giss.nasa.gov/research/briefs/hansen\\_15/PaleoImplications.pdf](https://www.giss.nasa.gov/research/briefs/hansen_15/PaleoImplications.pdf)
- **Σχεδιάγραμμα 3:** *Australia Climate Change Science and Adaptation Planning Programme* Available at: [https://www.researchgate.net/publication/317578232\\_IMPACT\\_OF\\_CLIMATE\\_VARIABILITY\\_ON\\_SOIL-MICROBE\\_INTERACTION](https://www.researchgate.net/publication/317578232_IMPACT_OF_CLIMATE_VARIABILITY_ON_SOIL-MICROBE_INTERACTION)
- **Σχεδιάγραμμα 4:** Luterbacher *et al.*, 2006 Available at: [https://www.researchgate.net/publication/255979457\\_Reconstructing\\_Summer\\_North\\_Atlantic\\_Oscillation\\_SNAO\\_variability\\_over\\_the\\_last\\_five\\_centuries](https://www.researchgate.net/publication/255979457_Reconstructing_Summer_North_Atlantic_Oscillation_SNAO_variability_over_the_last_five_centuries)
- **Σχεδιάγραμμα 5:** Marini K. “Climate and environmental change in the mediterranean – main facts” Mediterranean Experts on Climate and Environmental Change (MedECC),



Plan Bleu (2018) Available at: <https://www.medecc.org/climate-and-environmental-change-in-the-mediterranean-main-facts/>

- Σχεδιάγραμμα 6: Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2020, *Malaria (biology)* Available at: <https://www.cdc.gov/malaria/about/biology/index.html>
- Σχεδιάγραμμα 7: oxitec

## **ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ**

- [https://www.medicinenet.com/west\\_nile\\_encephalitis/article.htm](https://www.medicinenet.com/west_nile_encephalitis/article.htm)
- World Meteorological Organisation (WMO), 2020, *Frequently Asked Questions (FAQ)* [http://www.WMO.int/pages/prog/wcp/ccl/faq/faq\\_doc\\_en.html](http://www.WMO.int/pages/prog/wcp/ccl/faq/faq_doc_en.html)
- <https://www.conops.gr>
- <https://www.mosquitomagnet.com/articles/gmo-mosquitoes>
- BBC News, 2020, *Florida mosquitoes: 750 million genetically modified insects to be released* Available at: <https://www.bbc.com/news/world-us-canada-53856776>