



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών  
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
**Ενεργειακά και Περιβαλλοντικά Έργα**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

*«Πειραματική Διερεύνηση Μεθόδων Συλλογής Κυματικής Ενέργειας»*

Συγγραφέας:

Νικόλαος Νικολουτσόπουλος

(Α.Μ. ΕΕΔ202017)

Επιβλέπων Καθηγητής:

Δρ. Ιωάννης Καλδέλλης

Καθηγητής, Πα.Δ.Α.

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Παναγιώτης Κτενίδης

Ακαδημαϊκός Σύμβουλος, Πα.Δ.Α.

Αθήνα, Ιούλιος 2024

## Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή

<b>α/α</b>	<b>Όνοματεπώνυμο</b>	<b>Βαθμίδα / Ιδιότητα</b>	<b>Ψηφιακή Υπογραφή</b>
1	Δρ. Ιωάννης Καλδέλλης	Καθηγητής	
2	Δρ. Δημήτριος Ζαφειράκης	Επίκουρος Καθηγητής	
3	Δρ. Αιμιλία Κονδύλη	Καθηγήτρια	

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΝΙΚΟΛΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ του ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ με αριθμό μητρώου ΕΕΔ202017 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΕΡΓΑ του Τμήματος ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών

*Σε όσους με στήριξαν...*

## Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται αρχικά μια αναφορά στο θεωρητικό πλαίσιο που αφορά την κυματική ενέργεια. Ειδικότερα, περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά και οι διακρίσεις των κυματισμών, η παραγόμενη επιφάνεια της θάλασσας καθώς και οι λόγοι ανάπτυξης των ανεμογενών κυματισμών. Ταυτόχρονα, παρουσιάζονται τα ενεργειακά διαθέσιμα στην Ελλάδα και στο εξωτερικό και γίνεται μια αναφορά στα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της κυματικής ενέργειας, στις τεχνικές δυσκολίες αλλά και στα περιβαλλοντικά ζητήματα που πιθανόν να προκύψουν από τη χρήση της.

Στη συνέχεια, επισημαίνονται οι προοπτικές αξιοποίησης της κυματικής ενέργειας στη χώρα μας και γίνεται μια σαφής αναφορά στο διαχωρισμό της παράκτιας ζώνης βάσει των μορφολογικών χαρακτηριστικών της, περιγράφονται οι διεργασίες τροποποίησης των κυμάτων και καταγράφονται οι δυνατότητες χωροθέτησης των συσκευών εκμετάλλευσης στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο.

Επιπρόσθετα, αποτυπώνονται οι διαφορετικοί τύποι των μέχρι σήμερα διαθέσιμων συσκευών εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας, όπως είναι γνωστοί από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Θαλάσσιας Ενέργειας, ενώ παρουσιάζονται ορισμένες αξιοσημείωτες συσκευές εκμετάλλευσης που αντιστοιχούν στους παραπάνω τύπους.

Κατά την πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν ομοιώματα λειτουργίας των συσκευών Pelamis και Salter's Duck σε διάφορες συχνότητες κυμάτων.

Το κυριότερο συμπέρασμα στο οποίο καταλήγει η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι ότι οι παραπάνω συσκευές, θα μπορούσαν να συνεισφέρουν είτε επικουρικά συνδυασμένες με άλλες ανανεώσιμες πηγές, όπως η αιολική ή η ηλιακή, είτε όλες μαζί στην παροχή ενέργειας σε κύριες κοινοτικές δομές αλλά και συμπληρωματικά με το κυρίως δίκτυο ηλεκτροπαραγωγής.

## Λέξεις – Κλειδιά

Κυματική ενέργεια, Pelamis, Salter's Duck.

## **Abstract**

This thesis deals with a basic theoretical framework concerning wave energy. In particular, the basic characteristics and distinctions of waves, the turbulent sea surface and the reasons for the development of wind waves are described.

At the same time, the energy resources available in Greece are presented and a reference is made to the main advantages of wave energy, the technical difficulties and the environmental issues that may arise from its use.

Then, the prospects for the exploitation of wave energy in Greece are highlighted. A clear reference is made to the division of the coastal zone on the basis of its morphological characteristics, the processes of wave modification are described and the possibilities for the location of exploitation devices in the Greek maritime area are listed.

In addition, the different types of wave energy exploitation devices available so far, as known from the European Marine Energy Centre, are described and some remarkable exploitation devices corresponding to the above mentioned types are presented.

Dummies of the Pelamis and Salter's Duck devices at various wave frequencies were used during the experimental process.

The main conclusion reached in this thesis is that the above devices, could contribute either subsidiarily combined with other renewable sources, such as wind or solar, or all together in the supply of energy to main community structures but also complementary to the main power grid.

## **Keywords**

Wave energy, Pelamis, Salter's Duck.

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	ii
Abstract .....	iii
Περιεχόμενα .....	iv
Κατάλογος Σχημάτων .....	vi
Κατάλογος Πινάκων .....	viii
Εισαγωγή.....	1
1. Κύματα και Ενέργεια .....	2
1.1 Κυματική Ενέργεια στην Ελλάδα .....	2
1.2 Κύματα.....	3
1.3 Επιφάνεια Θάλασσας .....	4
1.4 Ανάπτυξη Ανεμογενών Κυματισμών.....	5
1.5 Βαθμίδες Κύματος .....	8
1.6 Χαρακτηριστικά Μεγέθη Κυμάτων .....	11
1.7 Κύματα Βαθέων και Ρηχών Νερών .....	12
1.8 Κυματική Ενέργεια .....	13
1.9 Πλεονεκτήματα Κυματικής Ενέργειας.....	19
1.10 Μειονεκτήματα Κυματικής Ενέργειας.....	20
2. Περιοχές Εκμετάλλευσης.....	23
2.1 Περιοχές Παράκτιας Ζώνης .....	23
2.2 Διεργασίες Τροποποίησης Κυμάτων και Παράκτια Γεωμορφολογία .....	24
2.3 Θραύση Κυμάτων .....	25
2.4 Πρόγνωση Κυματισμών .....	26
2.5 Βυθομετρικοί Χάρτες.....	27
2.6 Προοπτικές Αξιοποίησης .....	29
2.7 Χωροθέτηση Συσκευών Εκμετάλλευσης.....	30
3. Διατάξεις Εκμετάλλευσης.....	32
3.1 Τύποι Συσκευών Εκμετάλλευσης Κυματικής Ενέργειας.....	32
3.1.1. Attenuators (Εξασθενητές).....	32
3.1.2. Point Absorbers (Απορροφητές Σημείου).....	33
3.1.3. Oscillating Wave Surge Converters (Ταλαντευόμενοι Μετατροπείς Κύματος) .....	34
3.1.4. Oscillating Water Column (Ταλαντευόμενη Στήλη Νερού).....	34
3.1.5. Overtopping / Terminator Devices (Συσκευές Υπερπήδησης/Υπερκάλυψης) .....	35
3.1.6. Submerged Pressure Differentials (Βυθισμένα Διαφορικά Πίεσης).....	36
3.1.7. Bulge Wave Devices (Συσκευές Διογκούμενου Κύματος).....	36
3.1.8. Rotating Mass Devices (Συσκευές Περιστρεφόμενη Μάζας).....	37
3.1.9. Other Types (Άλλοι Τύποι Συσκευών) .....	38
3.2 Διατάξεις εκμετάλλευσης.....	38
3.2.1. Pelamis (Attenuators - Εξασθενητές).....	38
3.2.2. Power Buoy 3 (Point Absorbers - Σημειακοί Απορροφητές) .....	40
3.2.3. Oyster (Oscillating Wave Surge Conv.-Ταλαντευόμενοι Μετατροπείς Κύματος).....	41

3.2.4. Limpet (Oscillating Water Column - Ταλαντευόμενη Στήλη Νερού) .....	42
3.2.5. Wave Dragon (Overtopping - Terminator Devices Συσκευές Υπερπήδησης) .....	44
3.2.6. Archimedes WaveSwing - AWS (Submerged Pressure Differentials - Βυθισμένα Διαφορικά Πίεσης) .....	44
3.2.7. Anaconda (Bulge Wave) .....	46
3.2.8. Salter's Duck (Rotating Mass - Συσκευές Περιστρεφόμενης Μάζας).....	47
4. Αξιοποίηση Πειραματικών Διατάξεων - Downscaling .....	50
4.1 Επιλογή Πειραματικής Κλίμακας .....	54
4.2 Κοινές Πρακτικές – Πειραματικές Ρυθμίσεις .....	56
4.3 Διαδικασίες Βαθμονόμησης.....	57
4.3 Αξιολόγηση Πειραματικών Σφαλμάτων .....	58
5. Πειραματική Διάταξη.....	60
5.1 Εισαγωγή.....	60
5.2 Περιγραφή της Μονάδας.....	61
5.3 Πειραματική διαδικασία.....	63
5.3.1 Πειραματική Διάταξη Pelamis .....	63
5.3.2 Πειραματική Διάταξη Salter's Duck .....	64
5.3.3 Περιγραφή Πειραματικής Διαδικασίας και Βαθμίδων Ισχύος.....	64
6. Αποτελέσματα - Αξιολόγηση.....	68
6.1 Αναφορά Σχέσεων και Υπολογιστικής Διαδικασίας .....	68
6.2 Υπολογισμοί Ισχύος Ομοιωμάτων Pelamis και Salter's Duck .....	69
6.2.1 Παραγόμενη Ισχύς από το Ομοίωμα Pelamis .....	70
6.2.2 Παραγόμενη Ισχύς από το Ομοίωμα Salter's Duck.....	73
6.3 Διαδικασία Υπολογισμού Παραγόμενης Κυματικής Ισχύος .....	77
6.3.1 Υπολογισμός Μέσου Ύψους Κύματος $H$ (mm) και Περιόδου Κύματος $T$ (sec) .....	77
6.3.2 Πίνακες Διασποράς δευτερολέπτων ανά Μέσο Ύψος Κύματος .....	81
6.3.3 Παραγόμενη Κυματική Ισχύς .....	84
6.3.4 Απόδοση Ισχύς Ομοιωμάτων .....	89
6.4 Συμπεράσματα Πειραματικής Διαδικασίας .....	92
6.4.1 Συμπεράσματα Πειραματικής Διαδικασίας Pelamis.....	92
6.4.2 Συμπεράσματα Πειραματικής Διαδικασίας Salter's Duck .....	94
7. Συμπεράσματα .....	96
Βιβλιογραφία.....	98
Παράρτημα Α: Πειραματικά Δεδομένα Διαδικασίας Pelamis.....	103
Παράρτημα Β: Πειραματικά Δεδομένα Διαδικασίας Salter's Duck.....	139



## Κατάλογος Σχημάτων

<b>Σχήμα 1.1</b> Επιφανειακά κύματα στη διεπιφάνεια μεταξύ ατμοσφαιρικού αέρα και θαλασσινού νερού, εσωτερικά κύματα ( <i>internal waves</i> ) μεταξύ επιφανειακών νερών χαμηλής πυκνότητας και βαθέων νερών υψηλής πυκνότητας (Αλμπανάκης, 2007).....	3
<b>Σχήμα 1.2</b> Φαινόμενα συμβολής μεταξύ κυματισμών διαφορετικής προέλευσης και χαρακτηριστικών.....	4
<b>Σχήμα 1.3</b> Αριστερά: Το αποτέλεσμα της συμβολής κυματισμών διαφορετικής κατεύθυνσης. Δεξιά: Παραδείγματα μορφών συμβολής επιφανειακών θαλάσσιων κυμάτων. (Trujillo και Thurman, 2014).....	5
<b>Σχήμα 1.4</b> Έναρξη ανάπτυξης κυματισμών (ρυτιδώσεων) έπειτα από τοπικούς ανέμους στην ίδια περιοχή.....	6
<b>Σχήμα 1.5</b> Πλήρως ανεπτυγμένη θάλασσα έπειτα από ισχυρούς ανέμους σε μια περιοχή.....	8
<b>Σχήμα 1.6</b> Χαρακτηριστικά μεγέθη κύματος. (Xanthakis et al., 2017.).....	11
<b>Σχήμα 1.7:</b> Η επίδραση του πυθμένα στα χαρακτηριστικά των κυμάτων (Αλμπανάκης, 1999).....	13
<b>Σχήμα 1.8</b> Κατανομή της θαλάσσιας επιφανειακής κυματικής ενέργειας κατά περίοδο, εύρος ενέργειας κύματος, κύρια διαταρακτική δύναμη, κύρια δύναμη επαναφοράς (Αλμπανάκης, 2007). ....	14
<b>Σχήμα 1.9:</b> Μέγιστα παγκόσμια ύψη κύματος σε περίοδο 20 χρόνων (Twidell και Weir, 2015).....	15
<b>Σχήμα 1.10:</b> Παγκόσμια ετήσια μέση κυματική ενέργεια σε kW/m (Πολυζάκης Α., 2020).....	15
<b>Σχήμα 1.11:</b> Κυματικό δυναμικό ελληνικού θαλάσσιου χώρου. (Soukissian et al. 2020). ....	16
<b>Σχήμα 1.12:</b> Εποχιακή κατανομή κυματικής ενέργειας σε kW/m τα τελευταία 35 χρόνια στο Αιγαίο πέλαγος (Ιωάννου, 2020).....	16
<b>Σχήμα 1.13:</b> Μέση κατανομή κυματικής ενέργειας σε kW/m τα τελευταία 35 χρόνια στο Αιγαίο πέλαγος (Ιωάννου, 2020). ....	17
<b>Σχήμα 1.14:</b> Βαθμός διαθεσιμότητας (%) για εκμετάλλευση κυματικής ενέργειας στο Αιγαίο πέλαγος (Ιωάννου, 2020).....	17
<b>Σχήμα 1.15:</b> Μέση ετήσια περίοδος κορυφής φάσματος κατάστασης θάλασσας στον ελλαδικό χώρο (Καστρίτη, 2013). ....	19
<b>Σχήμα 2.1:</b> Διαχωρισμός παράκτιας ζώνης (Καρύμπαλης, 2010).....	24
<b>Σχήμα 2.2:</b> Τύποι θραύσης κύματος (Καρύμπαλης, 2010). ....	26
<b>Σχήμα 2.3:</b> Σημαντικό Ύψος Κύματος ( <i>m</i> ) και κατεύθυνση κυμάτων στις περιοχές της Μεσογείου και της Ελλάδας ( <i>poseidon.hcmr.gr</i> , 2023). ....	27
<b>Σχήμα 2.4:</b> Βυθομετρικός χάρτης με τα κατά τόπους βάθη από την Υδρογραφική Υπηρεσία ( <i>www.hnhs.gr</i> , 2023).....	29
<b>Σχήμα 3.1:</b> <i>Attenuators</i> ( <i>www.emec.org.uk</i> , 2023). ....	33
<b>Σχήμα 3.2:</b> <i>Point Absorbers</i> ( <i>www.emec.org.uk</i> , 2023).....	33
<b>Σχήμα 3.3:</b> <i>Oscillating Wave Surge Converters</i> ( <i>www.emec.org.uk</i> , 2023). ....	34
<b>Σχήμα 3.4:</b> <i>Oscillating Water Column</i> ( <i>www.emec.org.uk</i> , 2023).....	35
<b>Σχήμα 3.5:</b> <i>Overtopping / Terminator Devices</i> ( <i>www.emec.org.uk</i> , 2023).....	35
<b>Σχήμα 3.6:</b> <i>Submerged Pressure Differentials</i> ( <i>www.emec.org.uk</i> , 2023).....	36
<b>Σχήμα 3.7:</b> <i>Bulge Wave Devices</i> ( <i>www.emec.org.uk</i> , 2023).....	37
<b>Σχήμα 3.8:</b> <i>Rotating Mass Devices</i> ( <i>www.emec.org.uk</i> , 2023). ....	37
<b>Σχήμα 3.9:</b> <i>Pelamis P2</i> , εικόνα από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Θαλάσσιας Ενέργειας ( <i>www.emec.org.uk</i> , 2023).....	39
<b>Σχήμα 3.10:</b> Σκαρίφημα της συσκευής <i>Pelamis</i> σε λειτουργία (Twidell και Weir, 2015).....	39

<b>Σχήμα 3.11:</b> <i>Power Buoy 3</i> ( <a href="http://oceanpowertechnologies.com/">oceanpowertechnologies.com/</a> , 2023).	41
<b>Σχήμα 3.12:</b> <i>AquaMarine Oyster</i> ( <a href="http://www.oleo.co.uk">www.oleo.co.uk</a> , 2023).	42
<b>Σχήμα 3.13:</b> Σκαρίφημα λειτουργίας της Συσσκευής (Twidell και Weir, 2015).	43
<b>Σχήμα 3.14:</b> Σκαρίφημα λειτουργίας και φωτογραφία του <i>WaveDragon</i> (Twidell και Weir, 2015).	44
<b>Σχήμα 3.15:</b> Αριστερά διαδικασία λειτουργίας της <i>Archimedes WaveSwing</i> (Δημομελετης, 2019). Δεξιά φωτογραφία μονάδας <i>Archimedes WaveSwing</i> ( <a href="http://awsocan.com">awsocan.com</a> , 2023).	45
<b>Σχήμα 3.16:</b> Προσομοίωση διάταξης <i>Anaconda</i> ( <a href="http://www.checkmateukseaenergy.com">www.checkmateukseaenergy.com</a> , 2023).	46
<b>Σχήμα 3.17:</b> Διάταξη <i>Salter's Duck</i> (Λαμκάι et al., 2018).	47
<b>Σχήμα 3.18:</b> Διάταξη <i>Salter's Duck</i> (Λαμκάι et al., 2018).	48
<b>Σχήμα 3.19:</b> Διάταξη <i>Salter's Duck</i> (Λαμκάι et al., 2018).	48
<b>Σχήμα 4.1:</b> Συντελεστής κλιμάκωσης <i>Froude</i> για ισχύ (ο κατακόρυφος άξονας έχει λογαριθμική κλίμακα) (Giannini et al. 2020).	54
<b>Σχήμα 5.1:</b> Ομοίωμα μεθόδου <i>Pelamis</i> .	60
<b>Σχήμα 5.2:</b> Ομοίωμα μεθόδου <i>Salter's Duck</i> .	61
<b>Σχήμα 5.3:</b> Σκαρίφημα πειραματικής διάταξης.	62
<b>Σχήμα 5.4:</b> Η Πειραματική διάταξη κατά την πειραματική διαδικασία.	63
<b>Σχήμα 5.5:</b> Τα δύο κυλινδρικά δοχεία συλλογής νερού διαμέτρου $D=68\text{ mm}$ .	65
<b>Σχήμα 6.1:</b> Απόκομμα πρωτογενών δεδομένων της πειραματικής διαδικασίας με τη χρήση του ομοιώματος της μεθόδου <i>Pelamis</i> για την 1 <sup>η</sup> βαθμίδα ισχύος των 44rpm.	77
<b>Σχήμα 6.2:</b> Απόκομμα πρωτογενών δεδομένων της πειραματικής διαδικασίας με τη χρήση του ομοιώματος της μεθόδου <i>Salter's Duck</i> για την 1 <sup>η</sup> βαθμίδα ισχύος των 42rpm.	78
<b>Σχήμα 6.3:</b> Παράδειγμα επεξεργασίας δεδομένων για υπολογισμό Περιόδου και Μέσης τιμής Ύψους Κύματος.	78
<b>Σχήμα 6.4:</b> Παράδειγμα διαγράμματος γενικευμένης μορφής κύματος που διακρίνονται οι διαδοχικές κορυφές και κοιλίες.	79
<b>Σχήμα 6.5:</b> Παράδειγμα διαγράμματος γενικευμένης μορφής κύματος.	80
<b>Σχήμα 6.6:</b> Παράδειγμα διαγράμματος γενικευμένης μορφής κύματος.	80
<b>Σχήμα 6.7:</b> Διάγραμμα αποδιδόμενη ισχύος συναρτήσει των rpm με τη διάταξη <i>Pelamis</i> .	92
<b>Σχήμα 6.8:</b> Εξίσωση αποδιδόμενη ισχύος συναρτήσει των στροφών ανά λεπτό με τη διάταξη <i>Pelamis</i> .	93
<b>Σχήμα 6.9:</b> Διάγραμμα αποδιδόμενη ισχύος συναρτήσει των rpm με τη διάταξη <i>Salter's Duck</i> .	94
<b>Σχήμα 6.10:</b> Εξίσωση αποδιδόμενη ισχύος συναρτήσει των rpm με τη διάταξη <i>Salter's Duck</i> .	95

## Κατάλογος Πινάκων

<b>Πίνακας 1.1:</b> Κλίμακα Μποφόρ (Beaufort) για τον άνεμο, Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (www.emy.gr, 2023).....	8
<b>Πίνακας 1.2:</b> Κλίμακα Ντάγκλας-Douglas για τον κυματισμό από την Ελληνική Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (www.emy.gr, 2023).....	10
<b>Πίνακας 3.1:</b> Ισχύς από τη συσκευή Pelamis P-750 (Xanthakis et al. 2017).....	40
<b>Πίνακας 3.2:</b> Ισχύς από τη συσκευή Salter's Duck (Yazdi et al., 2023). ....	49
<b>Πίνακας 4.1:</b> Κοινοί συντελεστές μείωσης (downscaling) που χρησιμοποιούνται σε WEC (Giannini et al. 2020). ....	53
<b>Πίνακας 4.2:</b> Φάσεις ανάπτυξης WEC, προσαρμοσμένες από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Θαλάσσιων Ενέργειας (Giannini et al. 2020). ....	55
<b>Πίνακας 5.1:</b> Συγκεντρωτικός Πίνακας βαθμίδων ισχύος που εφαρμόστηκαν κατά την Πειραματική Διαδικασία.....	67
<b>Πίνακας 6.1:</b> Ύψη νερού (mm) στα Δοχεία 1 και 2 για τις δύο πειραματικές διαδικασίες σε όλες τις βαθμίδες ισχύος.....	69
<b>Πίνακας 6.2:</b> Χρόνοι λειτουργίας συσκευών Pelamis και Salter's Duck για όλες τις βαθμίδες ισχύος. ....	70
<b>Πίνακας 6.3:</b> Συγκεντρωτικός Πίνακας Ισχύος (W) διάταξης Pelamis κατά την Πειραματική Διαδικασία.....	73
<b>Πίνακας 6.4:</b> Συγκεντρωτικός Πίνακας Ισχύος (W) διάταξης Salter's Duck κατά την Πειραματική Διαδικασία.....	77
<b>Πίνακας 6.5:</b> Διασπορά δευτερολέπτων ανά Μέσο Ύψος Κύματος - Ομοίωμα Pelamis.....	81
<b>Πίνακας 6.6:</b> Διασπορά δευτερολέπτων ανά Μέσο Ύψος Κύματος - Ομοίωμα Salter's Duck.....	82
<b>Πίνακας 6.7:</b> Συνολική ενέργεια που φέρουν τα παραγόμενα κύματα - Ομοίωμα Pelamis.....	86
<b>Πίνακας 6.8:</b> Συνολική ενέργεια που φέρουν τα παραγόμενα κύματα - Ομοίωμα Salter's Duck....	87
<b>Πίνακας 6.9:</b> Ισχύς σε ποσοστά ομοιώματος Pelamis ως συνάρτηση του $H_s$ και του $T_s$ . ....	90
<b>Πίνακας 6.10:</b> Ισχύς σε ποσοστά ομοιώματος Salter's Duck συνάρτηση του $H_s$ και του $T_s$ .....	91

## Ορολογίες

ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Beaufort (Μποφόρ)	Κλίμακα μέτρησης της έντασης του ανέμου
Ανεμογενής	Δημιουργείται από τον άνεμο
Διαδρομή ή ανάπτυγμα	Απόσταση που έχει διανύσει το κύμα ενόσω παραμένει επηρεασμένο από την επίδραση ανέμου σταθερής έντασης και διεύθυνσης
Backshore	Επι-παράλια ζώνη
Foreshore	Μέτωπο της παραλίας
Inshore	Ενδο-παράλια ζώνη
Offshore	Προ-παράλια ζώνη
Spilling Breakers	Κύματα Διασκόρπισης σε κλίση πυθμένα μικρότερη από 3 μοίρες.
Plunging Breakers	Κύματα Κατάδυσης σε κλίση πυθμένα από 3 έως 7 μοίρες.
Surging Breakers	Κύματα Διόγκωσης σε κλίση πυθμένα μεγαλύτερη από 15 μοίρες.
Αριθμός Froude	Αδιάστατη παράμετρος που περιγράφει τον λόγο των αδρανειακών δυνάμεων προς τις δυνάμεις βαρύτητας σε μια ροή ρευστού
Crest, Peak	Κορυφή: Το υψηλότερο σημείο ενός κύματος.
Trough, Hollow	Κοιλία: Το χαμηλότερο σημείο ενός κύματος.
Wave Length (m), L	Μήκος Κύματος (m): Η οριζόντια απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών ή κοίλων ενός κυματισμού.

Wave Height (m), H	Ύψος Κύματος (m): Είναι η κάθετη απόσταση μεταξύ του υψηλότερου (κορυφή) και του χαμηλότερου σημείου (κοιλία) ενός κύματος.
Significant Wave Height (m), H <sub>s</sub>	Σημαντικό Ύψος Κύματος (m): Το ύψος του κύματος σε μια πλήρως ανεπτυγμένη θάλασσα δε γίνεται να υπολογιστεί με ακρίβεια. Έτσι χρησιμοποιείται συνήθως σαν όρος το σημαντικό ύψος κύματος που αποτελεί τη μέση τιμή του ύψους του (1/3) των υψηλότερων κυμάτων.
Wave Period (sec), T	Περίοδος Κύματος (sec): Το χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη διέλευση δύο διαδοχικών κορυφών ή κοιλιών από το ίδιο σημείο.
Wave Frequency (sec <sup>-1</sup> ), F	Συχνότητα Κύματος (sec <sup>-1</sup> ): Ο αριθμός των κυμάτων που διέρχονται ενός σταθερού σημείου στη μονάδα του χρόνου (1 sec).
Wave velocity (m/sec), U	Ταχύτητα Κύματος (m/sec): Η ταχύτητα διάδοσης του κυματισμού στο μέσο.

## Εισαγωγή

Το παγκόσμιο κλίμα για περισσότερα από 200 χρόνια, από την εποχή της πρώτης Βιομηχανικής Επανάστασης (18<sup>ος</sup> – 19<sup>ος</sup> αιώνας) μέχρι και σήμερα, υφίσταται μια συνεχιζόμενη καταπόνηση που οδηγεί σε όλο και εντονότερες αλλαγές στον παγκόσμιο χάρτη της κλιματικής αλλαγής, των φυσικών καταστροφών, της βιοποικιλότητας, της ενέργειας και εν συνεχεία όλων των υπόλοιπων κλάδων, με σημαντικό αντίκτυπο στη ζωή των ειδών του πλανήτη.

Τα γνωστά ενεργειακά αποθέματα συμβατικών τύπων καυσίμων χαρακτηρίζονται πλέον από μια διαφαινόμενη εξάντληση, ενώ τα περιβαλλοντικά προβλήματα από την καύση για κίνηση, θέρμανση και παραγωγή ενέργειας συνεχίζουν να αυξάνονται και να επιφέρουν σημαντικές κλιματικές αλλαγές με μακροπρόθεσμο αντίκτυπο στο περιβάλλον, τα οικοσυστήματα, τα είδη. Δημιουργούνται ως συνέπεια, αιχμές προβληματισμού και ανάγκη για αποφάσεις αλλαγής.

Τα κράτη και οι οργανισμοί προσπαθούν τα τελευταία χρόνια να εκτρέψουν, τις αλλαγές προς ένα μέλλον φιλόδοξο και ανατρεπτικό σε σχέση με τα μέχρι τώρα δεδομένα. Ο παγκόσμιος χάρτης της ενέργειας είναι κάτι που μας απασχολεί και μας επηρεάζει όλους, ενώ έχει αντίκτυπο σε όλους τους τομείς και κλάδους της καθημερινότητας.

Είναι επιτακτική η ανάγκη για μετάβαση σε μια εποχή περισσότερο βιώσιμων, καθαρών και πράσινων λύσεων για την παραγωγή ενέργειας. Λύσεις με όσο το δυνατόν μικρότερο ενεργειακό αποτύπωμα, που θα είναι προσιτές και θα αντικαταστήσουν μεθοδευμένα τη χρήση συμβατικών καυσίμων (λιγνίτης, λιθάνθρακας, πετρέλαιο, βενζίνη κ.α.) αρχικά σε μερικούς και μεταγενέστερα σε όσους περισσότερους τομείς είναι αυτό δυνατό να συμβεί.

Οι λύσεις αυτές ακούν στο όνομα των Εναλλακτικών Πηγών Ενέργειας όπως τις γνωρίζουμε. Λύσεις προερχόμενες από ανανεώσιμες πηγές (ηλιακή, υδροηλεκτρική, αιολική, βιομάζα, γεωθερμική, υδρογόνο, ωκεάνια κλπ.), ή και μη ανανεώσιμες (πυρηνική κ.α.).

Η παρούσα εργασία στοχεύει στις ελληνικές ακτογραμμές προσπαθώντας να προσεγγίσει τις δυνατότητες εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας στη χώρα μας. Φιλοδοξεί ερευνητικά να ενισχύσει την αξιοποίηση της κυματικής ενέργειας προς όφελος του ελληνικού κράτους και να συνδράμει στην αξιοποίηση των καθαρών, πράσινων ανεξάντλητων ενεργειακών πόρων.

## 1. Κύματα και Ενέργεια

### 1.1 Κυματική Ενέργεια στην Ελλάδα

Η χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) έχει ήδη πάρει, εδώ και δεκαετίες, τη θέση της στην παγκόσμια αγορά, με μικρής ή και μεγαλύτερης κλίμακας έργα σε όλο τον κόσμο. Οι οργανώσεις, τα κράτη και οι ενώσεις κρατών, συμπεριλαμβανομένης και της Ευρωπαϊκής, αναζητούν τα τελευταία χρόνια, πηγές και μορφές ενέργειας με μικρότερο ή και μηδενικό ενεργειακό αποτύπωμα, με στόχο την απανθρακοποίηση των περισσότερων τομέων όπως αυτών της βιομηχανίας, των μεταφορών, της θέρμανσης κ.α. Προσπαθούν την τελευταία δεκαετία, μέσα από δράσεις, όπως αυτή της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, να συμπληρώσουν τα κομμάτια του παζλ που λείπουν από το χάρτη της ενέργειας, μέσα από τη χρήση τεχνολογιών εναλλακτικών μορφών ενέργειας, όπως αυτής του Υδρογόνου (Βρυξέλλες, 2019). Καύσιμο που όπως φαίνεται θα αποτελέσει το μέλλον και θα αντικαταστήσει με αξιώσεις τη χρήση των συμβατικών μέχρι σήμερα καυσίμων στην κίνηση, την θέρμανση, την παραγωγή και άλλους τομείς.

Στην προσπάθεια αυτή της απολιγνιτοποίησης και των οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης με την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία μέχρι το 2050, άλλες μη διαδεδομένες και υποσχόμενες λύσεις που ακούνε στο όνομα των Ανανεώσιμων Μορφών Ενέργειας, εμφανίζουν ακόμα μεγάλες δυνατότητες εκμετάλλευσης και μπορούν να συνδράμουν εκπληκτικά σε ένα βιώσιμο μέλλον που ανήκει αποκλειστικά στις επόμενες γενιές.

Ψάχνοντας λύσεις στο παράκτιο ελληνικό κράτος ή ελληνικό αρχιπέλαγος με τα περισσότερα από 15.000 χιλιόμετρα ακτογραμμής στο ηπειρωτικό, αλλά και το νησιωτικό κομμάτι (περίπου το  $\frac{1}{2}$  της συνολικής ακτογραμμής της Αφρικανικής Ηπείρου), η διαφαινόμενη δυνατότητα εκμετάλλευσης μορφών ενέργειας που βρίσκονται στην ίδια τη θάλασσα είναι παραπάνω από φιλόδοξη.

Η επιφάνεια των ωκεανών και των θαλασσών που καλύπτουν το 71% της συνολικής επιφάνειας του πλανήτη, βρίσκεται σε μια μόνιμη κατάσταση κίνησης. Αποτελούν μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας που βρίσκεται παντού. Ενέργειας προερχόμενης κυρίως από τους παραγόμενους από τον άνεμο, αλλά και όχι μόνο, κυματισμούς.

Η αξιοποίηση της κυματικής ενέργειας είναι λύση εξίσου πράσινη και φιλική προς το περιβάλλον με τις λοιπές Ανανεώσιμες Μορφές Ενέργειας που εκμεταλλευόμαστε με



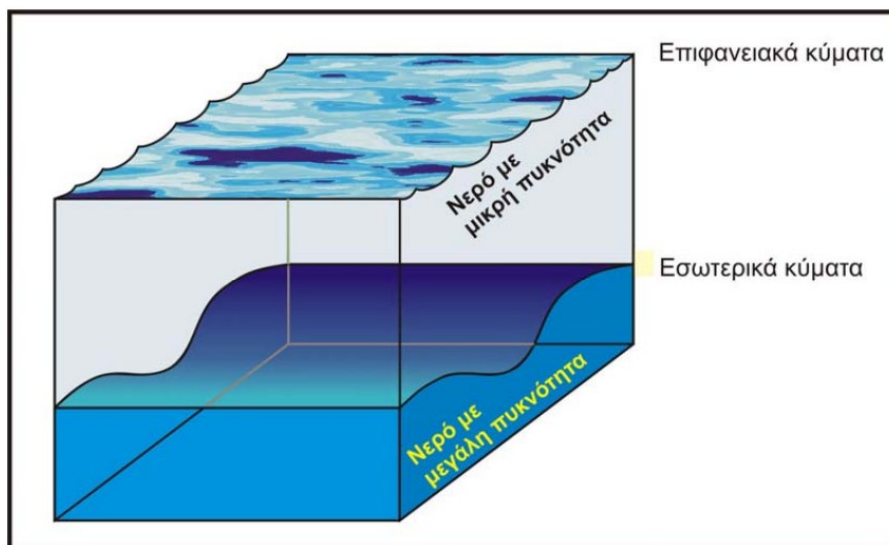
επιτυχία τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας. Αποτελεί τεράστια πηγή ενέργειας, που παραμένει αναξιοποίητη.

## 1.2 Κύματα

Τα θαλάσσια κύματα, αποτελούν περιοδικές μηχανικές ταλαντώσεις των μορίων του θαλασσινού νερού με τις οποίες μεταφέρεται ενέργεια, η οποία σε μεγάλο ποσοστό, καταναλώνεται με τη θραύση του κατά μήκος της ακτής (Καρύμπαλης, 2010).

Σε όλα τα σώματα νερού εμφανίζονται κυματισμοί που μπορεί να ποικίλουν σε διαστάσεις και χαρακτηριστικά. Ο κυματισμός, μπορεί να κάνει την εμφάνισή του μέσα από απλές ρυτιδώσεις της επιφάνειας, μέχρι μεγάλα ανεμογενή κύματα που θραύονται κατά σειρά στην ακτή, αλλά και μεγαλύτερα, πέρα των ανεμογενών κύματα, που έχουν προκληθεί από διάφορα άλλα φαινόμενα όπως τα σεισμικά κλπ. Τα περισσότερα συχνά εμφανιζόμενα και σημαντικά από πλευράς επιπτώσεων αλλά και αξιοποίησης κύματα, είναι τα ανεμογενή.

Τα θαλάσσια κύματα περιγράφονται επίσης συχνά στη βιβλιογραφία ως προοδευτικά, γεγονός που ορίζει πως κάθε μόριο του νερού υφίσταται την ίδια κατά μέτρο μετατόπιση σε διαφορετικό χρόνο καθώς ο κυματισμός διαδίδεται και περνάει από διαφορετικές περιοχές της ωκεάνιας λεκάνης (Καρύμπαλης, 2010).

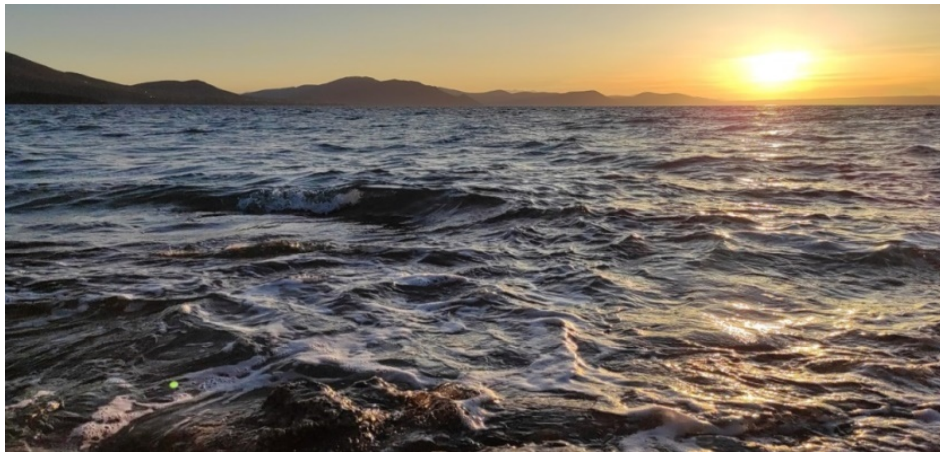




Τα θαλάσσια κύματα διαδίδονται στη διεπιφάνεια, στο όριο μεταξύ μέσων διαφορετικής πυκνότητας, περισσότερο συγκεκριμένα, στη διεπιφάνεια μεταξύ του ατμοσφαιρικού αέρα και του θαλασσινού νερού όπου ονομάζονται επιφανειακά, είτε στη διεπιφάνεια μεταξύ στρωμάτων νερού με διαφορετική πυκνότητα, όπου αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως εσωτερικά κύματα (Αλμπανάκης, 2007).

### 1.3 Επιφάνεια Θάλασσας

Τα κύματα ακολουθούν την αρχή επαλληλίας ή υπέρθεσης. Όταν σε ένα ελαστικό μέσο διαδίδονται δύο ή περισσότερα κύματα, η απομάκρυνση ενός σημείου του μέσου είναι ίση με τη συνισταμένη των επιμέρους απομακρύνσεων των κυμάτων. Η ταυτόχρονη διάδοση δύο ή περισσότερων κυμάτων στην ίδια περιοχή ενός ελαστικού μέσου ονομάζεται συμβολή (Ψύχα και Μηνογιαννης, 2020).

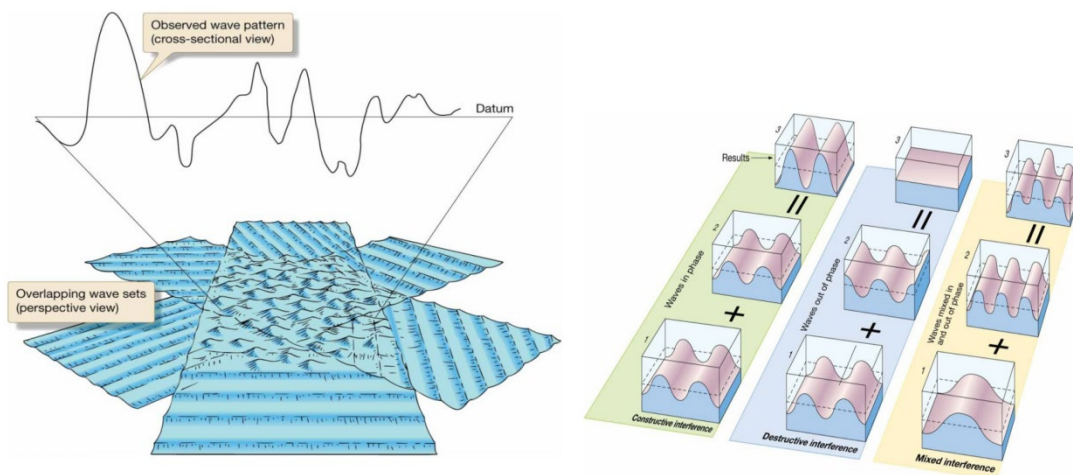


Η κατάσταση της αναταραγμένης θάλασσας οφείλει την εικόνα της στη συμβολή κυματισμών διαφορετικής κατεύθυνσης και χαρακτηριστικών, στην ίδια περιοχή. Ενδέχεται να είναι κύματα δημιουργημένα από τοπικές πνοές και κύματα που έχουν προέλθει από άλλες, διαφορετικές περιοχές (ελεύθερα κύματα ή κύματα αποθαλασσίας) (Ψύχα και Μηνογιαννης, 2020).

Στο Σχήμα 1.3, φαίνεται ένα γραφικό αριστερά στο οποίο διακρίνεται το αποτέλεσμα της συμβολής κυματισμών διαφορετικής κατεύθυνσης και το πατρών της υπέρθεσης των διαφόρων κυματισμών, ενώ δεξιά διακρίνονται παραδείγματα μορφών συμβολής

επιφανειακών θαλάσσιων κυμάτων. Πιο συγκεκριμένα διακρίνονται (Trujillo και Thurman, 2014):

- Η Ενισχυτική συμβολή (Constructive interference) σε κύματα ίδιας φάσης με περίπου ίδια μήκη κύματος,
- Η Αποσβεστική συμβολή (Destructive interference) σε κύματα διαφορετικής φάσης με περίπου ίδια μήκη κύματος,
- Η Μικτή συμβολή (mixed interference) σε κυματισμούς με διαφορετικά μήκη κύματος και ύψη



**Σχήμα 1.3** Αριστερά: Το αποτέλεσμα της συμβολής κυματισμών διαφορετικής κατεύθυνσης. Δεξιά: Παραδείγματα μορφών συμβολής επιφανειακών θαλάσσιων κυμάτων. (Trujillo και Thurman, 2014).

## 1.4 Ανάπτυξη Ανεμογενών Κυματισμών

Διάφορες αιτίες δημιουργούν τους κυματισμούς στις επιφάνειες των θαλασσών, το κυριότερο όμως αίτιο που αφορά την πλειοψηφία των κυμάτων, είναι ο άνεμος. Ο άνεμος κινείται από περιοχές υψηλών πιέσεων σε περιοχές χαμηλών πιέσεων. Τα βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη του ανέμου είναι η διεύθυνση και η ένταση. Η έντασή του μετριέται σε km/h ή σε knots. Η πιο διαδεδομένη κλίμακα μέτρησης της έντασης του ανέμου είναι η κλίμακα Beaufort (Μποφόρ), που βασίζεται κυρίως σε παρατηρήσεις παρά σε ακριβείς μετρήσεις και κατατάσσει τους ανέμους σε 13 κατηγορίες βάσει της έντασής τους (Ψύχα και Μηνογιαννης, 2020).

Ο άνεμος αναπτύσσεται δίχως να συναντήσει εμπόδια σε μεγάλες αποστάσεις πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Τα δύο μέσα παρουσιάζουν διαφορετικές τιμές πυκνότητας, παράγοντας που είναι σημαντικός για τη δημιουργία των κυματισμών. Οι δυνάμεις τριβής μεταξύ των δύο μέσων είναι ο κυριότερος λόγος εμφάνισης κυματισμών στην επιφάνεια του ρευστού.

Τα ανεμογενή κύματα είναι εκείνα που έχουν τη μεγαλύτερη σημασία για τον άνθρωπο, τις ανθρώπινες κατασκευές, τις παράκτιες διεργασίες, την τροποποίηση της παράκτιας ζώνης, την αλιεία, τη ναυτιλία και τις υπόλοιπες πρακτικές του ανθρώπου.

Όταν πάνω από μια θαλάσσια περιοχή πνέει ασθενής άνεμος, σχηματίζονται στην μέχρι πρότινος ήρεμη επιφάνεια της θάλασσας, ρυτιδώσεις, λόγω της επιφανειακής τάσης του ύδατος. Όταν ο άνεμος σταματήσει να φυσά, οι ρυτιδώσεις εξαλείφονται. Αν ο άνεμος συνεχίσει να πνέει πάνω από την περιοχή, οι ρυτιδώσεις θα ενισχυθούν και θα σχηματιστούν σταδιακά κυματισμοί των οποίων το ύψος θα αυξηθεί. Όσο συνεχίζει να επιδρά ο άνεμος και όσο η ταχύτητά του είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων, το μέγεθος του κυματισμού συνεχίζει να αυξάνεται. Με την περαιτέρω αύξηση της έντασης του ανέμου τα κύματα αναπτύσσονται περισσότερο. Τα κύματα σε αυτή τη μορφή λέγονται και κύματα βαρύτητας καθότι η βαρύτητα είναι η δύναμη που θα τείνει να επαναφέρει την επιφάνεια της θάλασσας προς την ήρεμη κατάστασή της (Ψύχα και Μηνογιαννης, 2020).

Με την σταδιακή εξασθένηση του ανέμου, τα νέα κύματα που δημιουργούνται είναι ολοένα και μικρότερης ισχύος μέχρις ότου κοπάσει ο άνεμος, ενώ τα ήδη δημιουργημένα κύματα συνεχίζουν την πορεία τους. Τα κύματα κινούνται απρόσκοπτα έως ότου συναντήσουν κάποιο εμπόδιο, ρηχή ζώνη, ακτογραμμή που θα τα σταματήσει ή αντίθετο άνεμο που θα ελαττώσει τα χαρακτηριστικά τους.



**Σχήμα 1.4** Έναρξη ανάπτυξης κυματισμών (ρυτιδώσεων) έπειτα από τοπικούς ανέμους στην ίδια περιοχή.

Στην περιοχή γένεσης των κυματισμών και καθώς αυτός πνέει πάνω από τα κύματα, αυτά περιγράφονται από τις ορολογίες κυματισμός, τρικυμία, θαλασσοταραχή. Αν όμως τα κύματα ταξιδέψουν μετά από ένα χρονικό διάστημα εκτός περιοχής δράσης του ανέμου, ή η δράση του ανέμου πάψει να υφίσταται σε αυτά και πλέον ονομάζονται ελεύθερα κύματα, κύματα αποθαλασσιάς, βουβά κύματα ή swell waves (Ψύχα και Μηνογιαννης, 2020).

Το ύψος του κύματος, επηρεάζεται από:

- Την ταχύτητα του ανέμου.
- Τη διάρκεια πνοής του ανέμου.
- Τη διαδρομή ή ανάπτυγμα, την απόσταση δηλαδή, πάνω από την οποία πνέει συνεχιζόμενα άνεμος (fetch).

Ο συνδυασμός των παραπάνω παραγόντων μπορεί να φέρει τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Αν η ταχύτητα του ανέμου είναι μικρή, θα σχηματιστούν μικρά κύματα ανεξαρτήτως των υπολοίπων δύο παραγόντων.
- Αν η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγάλη και η διάρκειά του μικρή, δε θα σχηματιστούν μεγάλα κύματα, ακόμα και σε περιπτώσεις που η διαδρομή του είναι πολύ μεγάλη.
- Αν η ταχύτητα και η διάρκεια του ανέμου είναι μεγάλη, ενώ η διαδρομή του μικρή, δε θα σχηματιστούν μεγάλα κύματα.
- Αν η ταχύτητα, η διάρκεια και η διαδρομή του ανέμου είναι μεγάλες θα δημιουργηθούν μεγάλα κύματα.

Μεγάλα μήκη αναπτύγματος δίνουν συνήθως μεγαλύτερα ύψη κύματος. Αν συνδυαστούν οι παραπάνω παράγοντες, αποτέλεσμα θα είναι κύματα μεγάλου ύψους (Καρύμπαλης, 2010).

Διαδρομή ή ανάπτυγμα (fetch) είναι η απόσταση που έχει διανύσει το κύμα ενόσω παραμένει επηρεασμένο από την επίδραση ανέμου σταθερής έντασης και διεύθυνσης και μετρείται σε ναυτικά μίλια (Ψύχα και Μηνογιαννης, 2020).





**Σχήμα 1.5** Πλήρως ανεπτυγμένη θάλασσα έπειτα από ισχυρούς ανέμους σε μια περιοχή.

## 1.5 Βαθμίδες Κύματος

Στη σελίδα της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, υπάρχει ένας χρήσιμος πίνακας, ο Πίνακας 1.1 που ακολουθεί, που δίνει σημαντικά στοιχεία της κλίμακας Beaufort για τον άνεμο. Περιγράφει την κατάσταση του ανέμου, την ταχύτητά του σε m/sec, σε knots, σε km/h, περιγράφει την κατάσταση της θάλασσας και δίνει μερικά χαρακτηριστικά φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα σε στεριά και θάλασσα ανά τιμή βαθμίδας.

**Πίνακας 1.1:** Κλίμακα Μποφόρ (Beaufort) για τον άνεμο, Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (www.emy.gr, 2023).

Βαθμίδα	Ταχύτητα ανέμου			Χαρακτηρισμός ανέμου	Χαρακτηρισμός θάλασσας (*)	Φαινόμενα	
	m/sec	Knots	Km/h			στην ξηρά	στην ανοικτή θάλασσα
0	<1	<1	<2	Άπνοια ή νηνεμία	Γαλήνια	Άπνοια. Ο καπνός υψώνεται κατακόρυφα.	Επιφάνεια κατοπτρική, «θάλασσα λάδι».
1	1-2	1-3	1-5	Σχεδόν άπνοια ή Υποπνέων άνεμος	Ρυτιδωμένη	Ο άνεμος μετακινεί τον καπνό, όχι όμως τον ανεμοδείκτη.	Το νερό κάνει μικρές «ρυτίδες».
2	2-3	4-6	6-11	Πολύ ασθενής	Ήρεμη	Ο άνεμος γίνεται αισθητός στο δέρμα, τα φύλλα των δένδρων θροΐζουν και ο ανεμοδείκτης κινείται.	Μικρά κυματίδια καλά σχηματισμένα με κορυφές χωρίς αφρό.
3	4-5	7-10	12-19	Ασθενής	Λίγο ταραγμένη	Φύλλα και μικρά κλαριά κινούνται διαρκώς. Ο άνεμος τεντώνει μικρή σημαία.	Μεγαλύτερα κυματίδια με κορυφές που αρχίζουν να σπάνε και εμφανίζεται λείας μορφής αφρός. Ίσως μεμονωμένα «προβατάκια».

4	6-8	11-16	20-29	Σχεδόν μέτριος	Ταραγμένη	Μικρά κλαδιά αρχίζουν να κινούνται. Ο άνεμος σηκώνει σκόνη και πεσμένα χαρτιά.	Μικρά κύματα, που γίνονται πιο μακριά. Μάλλον συχνός ο σχηματισμός «προβάτων» και πιτύλου.
5	9-11	17-21	30-39	Μέτριος		Μεγάλα κλαδιά και μικρά δένδρα αρχίζουν να κινούνται. Σε λίμνες σχηματίζονται κυματάκια.	Μέτρια κύματα, με ανεπτυγμένο μήκος. Σχηματίζονται πολλά «πρόβατα». Σπανίως εμφάνιση πιτύλου.
6	12-14	22-27	40-50	Ισχυρός	Κυματώδης	Μεγάλα κλαδιά και μικρά δένδρα κινούνται και ο αέρας σφυρίζει στα σύρματα. Η χρήση της ομπρέλας γίνεται δύσκολη.	Μεγάλα κύματα αρχίζουν να σχηματίζονται. Ο σχηματισμός προβάτων είναι εκτεταμένος σε κάθε κατεύθυνση. Η εμφάνιση πιτύλου είναι πιθανή.
7	15-17	28-33	51-61	Σχεδόν Θυελλώδης ή Πολύ ισχυρός	Πολύ κυματώδης	Τα δέντρα κινούνται ολόκληρα και το περπάτημα ενάντια στον άνεμο γίνεται δύσκολο.	Η θάλασσα ογκώνεται (φουσκώνει) και λευκός αφρός από κύματα που σπάζουν και αρχίζει να παρασύρεται και να σχηματίζονται ραβδώσεις κατά την διεύθυνση του ανέμου και δημιουργία πιτύλου
8	18-21	34-40	62-74	Θυελλώδης	Τρικυμώδης	Μεγάλα δέντρα κινούνται ολόκληρα και μικρά κλαδιά σπάνε. Η οδήγηση γίνεται δύσκολη και το περπάτημα ενάντια στον άνεμο εξαιρετικά δύσκολο.	Μετρίως υψηλά κύματα μεγάλου μήκους με κορυφές που αρχίζουν να σπάνε και αφρός δημιουργεί καλά σχηματισμένες ραβδώσεις κατά την διεύθυνση του ανέμου. Δημιουργία αρκετού πιτύλου.
9	22-24	41-47	76-87	Πολύ Θυελλώδης		Μεγάλα κλαδιά σπάνε, μικρές ζημιές σε καμινάδες και κεραμοσκεπές. Προσωρινή σήμανση και οδοφράγματα παρασύρονται. Δύσκολη η όρθια στάση.	Υψηλά κύματα. Πυκνές ραβδώσεις αφρού κατά την διεύθυνση του ανέμου. Οι κορυφές των κυμάτων αρχίζουν να γέρνουν και να κυλιόνται. Ο πίτυλος είναι δυνατόν να επηρεάζει την ορατότητα.
10	25-28	48-55	88-102	Θύελλα	Πολύ τρικυμώδης	Σπάνια παρατηρείται στο εσωτερικό της ξηράς. Δέντρα σπάζουν ή ξεριζώνονται. Πολλά κεραμίδια	Πολύ υψηλά κύματα με μακριές προεξάρχουσες ράχες. Οι πυκνές ραβδώσεις αφρού δημιουργούνται σε εκτεταμένες λωρίδες κατά τη διεύθυνση του ανέμου. Γενικά η επιφάνεια της θάλασσας

						αποσπώνται από τις σκεπές, αρκετές ζημιές στο εξωτερικό των κτηρίων.	παίρνει άσπρη μορφή. Το σπάσιμο και κύλισμα των κορυφών των κυμάτων γίνεται έντονο και βίαιο. Η ορατότητα μειώνεται.
11	29-32	56-63	103-118	Ισχυρή θύελλα		Πολύ σπάνια παρατηρείται στο εσωτερικό της ξηράς. Γίνονται πολύ μεγάλες ζημιές.	Εξαιρετικά υψηλά ογκώδη κύματα. Μικρού και μεσαίου μεγέθους πλοία παύουν να είναι ορατά πίσω από τα κύματα για κάποιο διάστημα. Η θάλασσα είναι πλήρως καλυμμένη με εκτεταμένες λευκές λωρίδες αφρού. Παντού υπάρχουν ράχες κυμάτων με αφρούς που κινούνται κατά μέτωπα. Ορατότητα περιορισμένη.
12	33+	64+	119+	Κυκλώνας	Πολύ άγρια	-----	Ο αέρας γεμίζει με αφρό και πτύλο, η θάλασσα κατάλευκη. Ορατότητα πολύ περιορισμένη.

Παρομοίως, στη σελίδα της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας υπάρχει ένας αντίστοιχος πίνακας, ο Πίνακας 1.2 που ακολουθεί, για την κλίμακα Douglas που χαρακτηρίζει την κατάσταση της θάλασσας. Επίσης δίνει το πιθανό και το μέγιστο ύψος κύματος ανά βαθμίδα ([www.emy.gr](http://www.emy.gr), 2023).

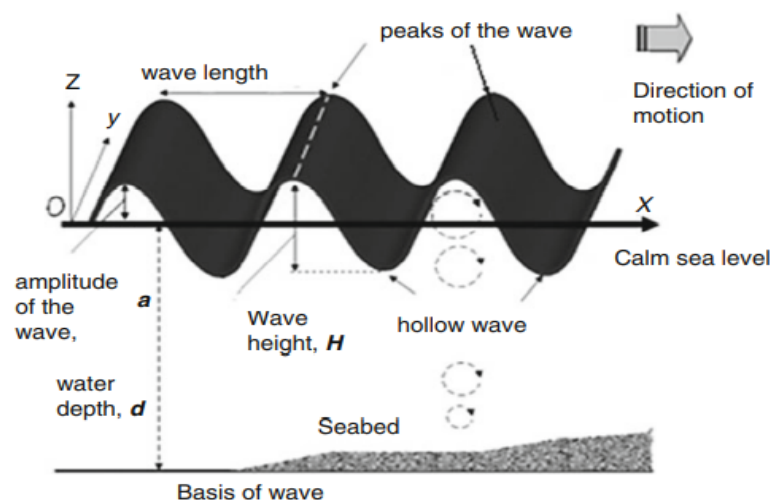
**Πίνακας 1.2:** Κλίμακα Ντάγκλας-Douglas για τον κυματισμό από την Ελληνική Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία ([www.emy.gr](http://www.emy.gr), 2023)

Βαθμίδα	Χαρακτηρισμός Θάλασσας	Πιθανό Ύψος Κύματος (m)	Μέγιστο Ύψος Κύματος (m)
0	Γαλήνια	0	0
1	Ρυτιδωμένη	0.1	0 - 0.1
2	Ήρεμη	0.2	0.1 - 0.5
3	Λίγο ταραγμένη	0.6	0.5 - 1.25
4	Ταραγμένη	1.0 - 2.0	1.25 - 2.5
5	Κυματώδης	3.0	2.5 - 4
6	Πολύ κυματώδης	4.0	4 - 6
7	Τρικυμιώδης	5.5 - 7.0	6 - 9
8	Πολύ τρικυμιώδης	9 - 11.5	9 - 14
9	Πολύ άγρια	14+	14+

## 1.6 Χαρακτηριστικά Μεγέθη Κυμάτων

Τα κύματα όταν διαδίδονται στο νερό, δημιουργούν μια συνεχόμενη αλληλουχία κορυφών και κοιλών. Για την περιγραφή των κυμάτων είναι σημαντικά και αναφέρονται συνοπτικά, τα παρακάτω κύρια μεγέθη (Καρύμπαλης, 2010):

- Κορυφή (crest, peak): Το υψηλότερο σημείο ενός κύματος.
- Κοιλία (trough, hollow): Το χαμηλότερο σημείο ενός κύματος.
- Μήκος Κύματος [ $\lambda$ , L] (Wave Length, m): Η οριζόντια απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών ή κοιλών ενός κυματισμού.
- Ύψος Κύματος [H] (Wave height, m): Είναι η κάθετη απόσταση μεταξύ του υψηλότερου (κορυφή) και του χαμηλότερου σημείου (κοιλία) ενός κύματος.
- Σημαντικό Ύψος Κύματος [ $H_s$ ] (Significant Wave Height, m): Το ύψος του κύματος σε μια πλήρως ανεπτυγμένη θάλασσα δε γίνεται να υπολογιστεί με ακρίβεια. Έτσι χρησιμοποιείται συνήθως σαν όρος το σημαντικό ύψος κύματος που αποτελεί τη μέση τιμή του ύψους του (1/3) των υψηλότερων κυμάτων.
- Περίοδος Κύματος [T] (Wave Period, sec): Το χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη διέλευση δύο διαδοχικών κορυφών ή κοιλών από το ίδιο σημείο.
- Συχνότητα Κύματος [F] (Wave Frequency, sec<sup>-1</sup>): Ο αριθμός των κυμάτων που διέρχονται ενός σταθερού σημείου στη μονάδα του χρόνου (1 sec).
- Ταχύτητα Κύματος [U] (Wave velocity, m/sec): Η ταχύτητα διάδοσης του κυματισμού στο μέσο.



Σχήμα 1.6 Χαρακτηριστικά μεγέθη κύματος. (Xanthakis et al., 2017.)



## 1.7 Κύματα Βαθέων και Ρηχών Νερών

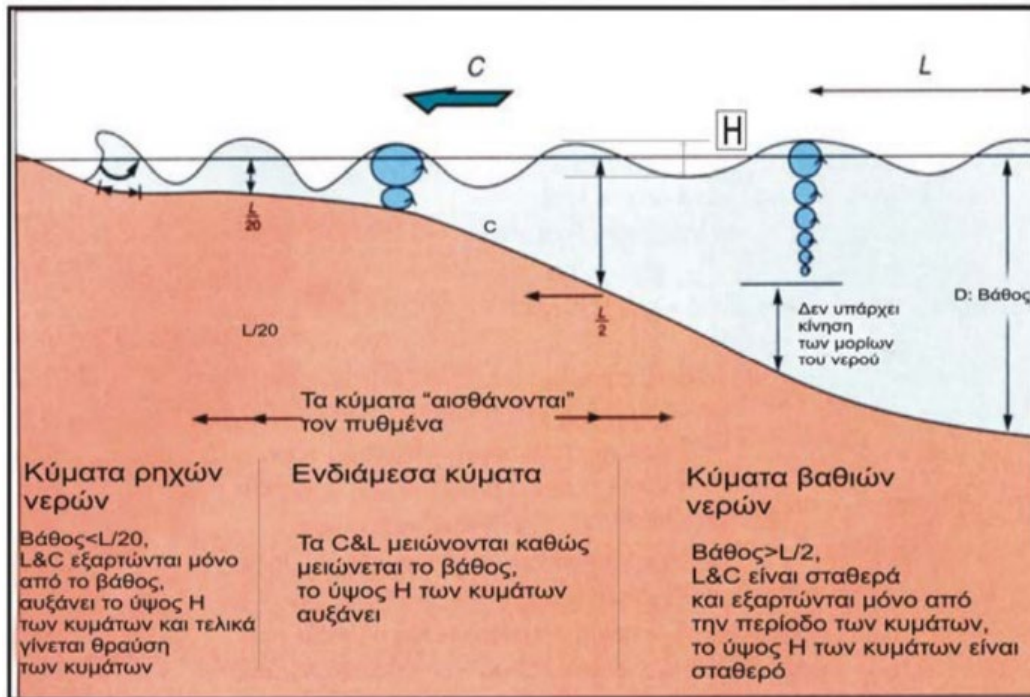
Η συμπεριφορά των κυμάτων διαφέρει ανάλογα με το βάθος των νερών στο οποίο διαδίδονται. Σε νερά μεγάλου βάθους η μετακίνηση του νερού είναι μικρή. Υπό την επίδραση του κυματισμού, τα σωματίδια του νερού εκτελούν μια κλειστή κυκλική κίνηση. Η διάμετρος των κυκλικών τροχιών που διαγράφουν τα σωματίδια του νερού, μειώνεται με την αύξηση του βάθους μέχρι ένα συγκεκριμένο επίπεδο, κάτω από το οποίο το νερό παραμένει ανεπηρέαστο από τα κύματα που διέρχονται πάνω από αυτό. Το βάθος του επιπέδου αυτού ονομάζεται βάση του κύματος και αποτελεί το όριο για τη διάκριση των κυμάτων σε κύματα νερών μεγάλου βάθους και κύματα ρηχών νερών. Τα κύματα νερών μεγάλου βάθους διαδίδονται σε θάλασσες που τα νερά είναι βαθύτερα από τη βάση του κύματος ενώ αντίθετα τα κύματα ρηχών νερών διαδίδονται σε νερά βάθους μικρότερου από τη βάση του κύματος.

Έχει αποδειχθεί ότι η βάση του κύματος εξαρτάται από το μήκος του κύματος ( $L$ ) και συνήθως αντιστοιχεί στο  $\frac{1}{2}$  μήκους αυτού. Όταν τα κύματα διαδίδονται σε βαθιά νερά που το βάθος του νερού είναι μεγαλύτερο από το βάθος της βάσης του κύματος, δηλαδή  $d > \frac{L}{2}$ , όπου  $d$  το βάθος των νερών και  $L$  το μήκος κύματος, τα σωματίδια του νερού διαγράφουν κυκλικές τροχιές κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Οι κυκλικές τροχιές των σωματιδίων του νερού των κυμάτων μεγάλου βάθους γίνονται σταδιακά ελλειπτικές με το μέγιστο άξονα της έλλειψης παράλληλο προς τον πυθμένα όταν διαδίδονται σε νερά ενδιάμεσου βάθους ( $\frac{L}{2} > d > \frac{L}{20}$ ). Σε ρηχά νερά ( $d < \frac{L}{20}$ ) η ελλειπτική τροχιά γίνεται όλο και πιο πεπλατυσμένη (Καρύμπαλης, 2010).

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.7:

- Κύματα βαθέων νερών (Deep water waves): Στα νερά με βάθος μεγαλύτερο από αυτήν την τιμή του μισού μήκους κύματος, η ταχύτητα ( $C$ ), το μήκος κύματος ( $L$ ) και το ύψος κύματος ( $H$ ) παραμένουν σταθερά για μεγάλες αποστάσεις. Η κίνηση των μορίων του μέσου παραμένει κυκλική.
- Ενδιάμεσα κύματα (Transitional waves): Στα νερά κατά τα οποία το βάθος τους είναι μικρότερο από την τιμή του μισού μήκους κύματος, η ταχύτητα του κύματος ( $C$ ) και το μήκος κύματος ( $L$ ) μειώνονται, ενώ το ύψος ( $H$ ) αυξάνεται. Η κυκλική κίνηση των μορίων του νερού αρχίζει να μετατρέπεται σε αυτά τα βάθη, σε ελλειπτική.

- Κύματα ρηχών νερών (Shallow water waves):** Όταν πλέον το κύμα φτάσει σε νερά με βάθη μικρότερα από το ένα περίπου εικοστό του επιφανειακού μήκους κύματος ( $L/20$ ), το κύμα πλέον ανατρέπεται και θραύεται. Η κίνηση των κυμάτων του μέσου είναι πλέον ελλειπτική.



Σχήμα 1.7: Η επίδραση του πυθμένα στα χαρακτηριστικά των κυμάτων (Αλμπανάκης, 1999).

## 1.8 Κυματική Ενέργεια

Με τους θαλάσσιους κυματισμούς μεταφέρεται από το ένα άκρο μιας ωκεάνιας λεκάνης σε ένα άλλο ενέργεια, που στο μεγαλύτερο ποσοστό της καταναλώνεται κατά τη θραύση των κυμάτων σε όλο το μήκος της ακτογραμμής (Αλμπανάκης, 2008).

Η ισχύς των κυματισμών μπορεί να εκφραστεί από την Σχέση 1.1 (Twidell και Weir, 2015):

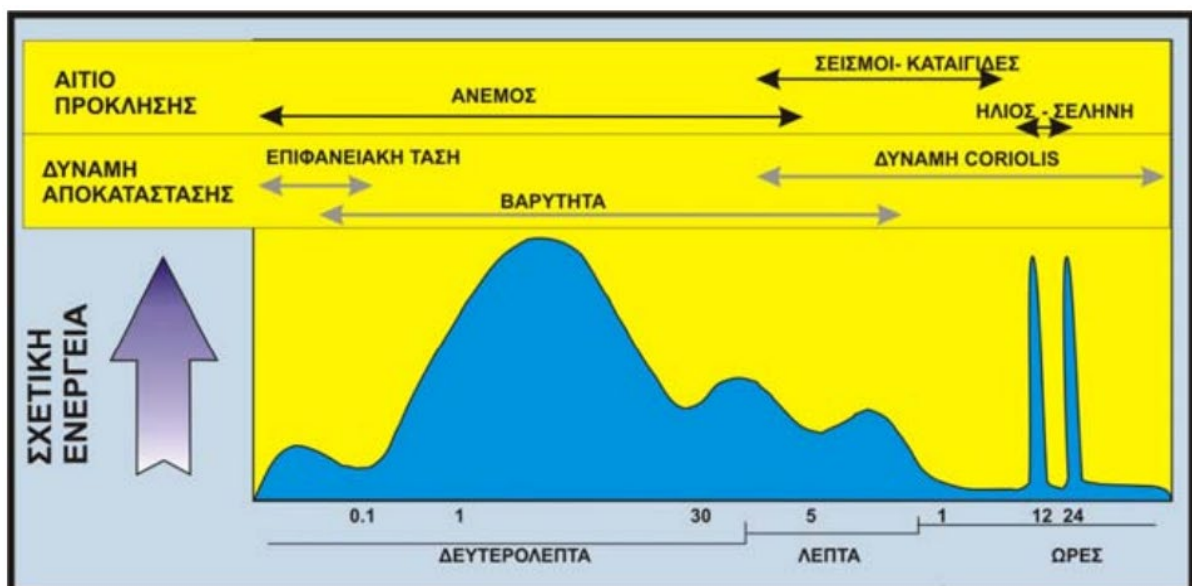
$$P = \frac{\rho \cdot g^2 \cdot H^2 \cdot T}{32 \cdot \pi} \quad (1.1)$$

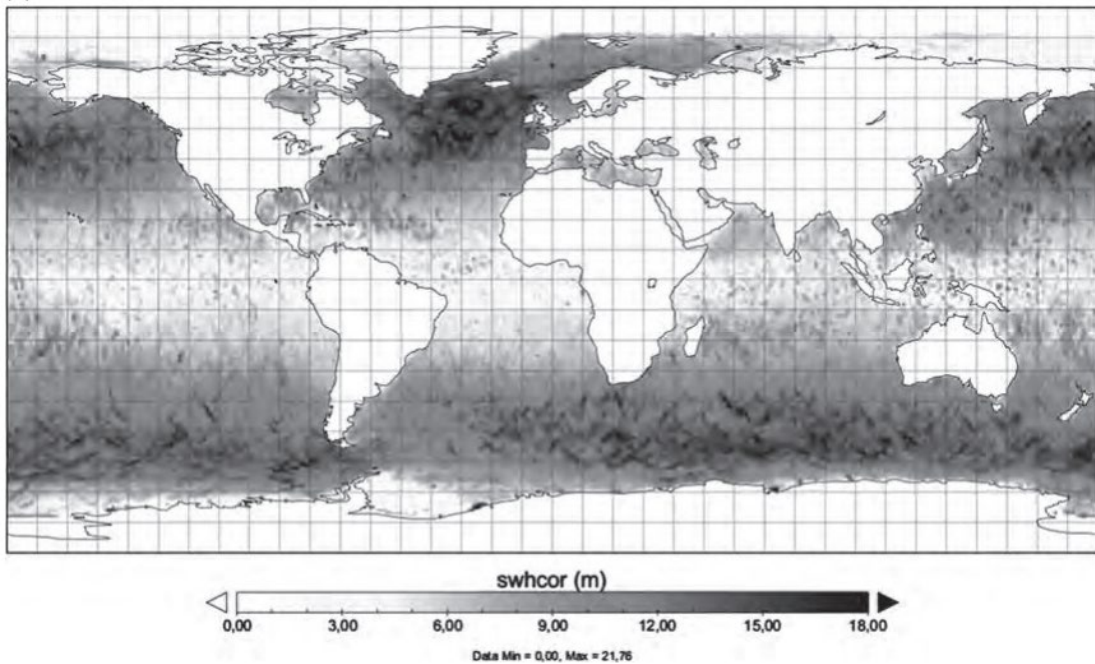
Όπου:  $P$  = η ισχύς ανά μέτρο της απόστασης κατά μήκος της κορυφογραμμής του κύματος,  
 $\rho$  = η πυκνότητα του θαλασσινού νερού ( $1025 \text{ kg/m}^3$ ),  
 $g$  = η επιτάχυνση της βαρύτητας ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ),  
 $H$  = το (σημαντικό) ύψος κύματος από την κοιλάδα στην κορυφή (m),  
 $T$  = η περίοδος των κυματισμών (sec)

Σύμφωνα λοιπόν με την παραπάνω εξίσωση, τα χαρακτηριστικά ενός ανεμογενή κυματισμού από τα οποία εξαρτάται η ισχύς του, είναι το σημαντικό ύψος κύματος ( $H_s$ ) και η περίοδος ( $T$ ) του.

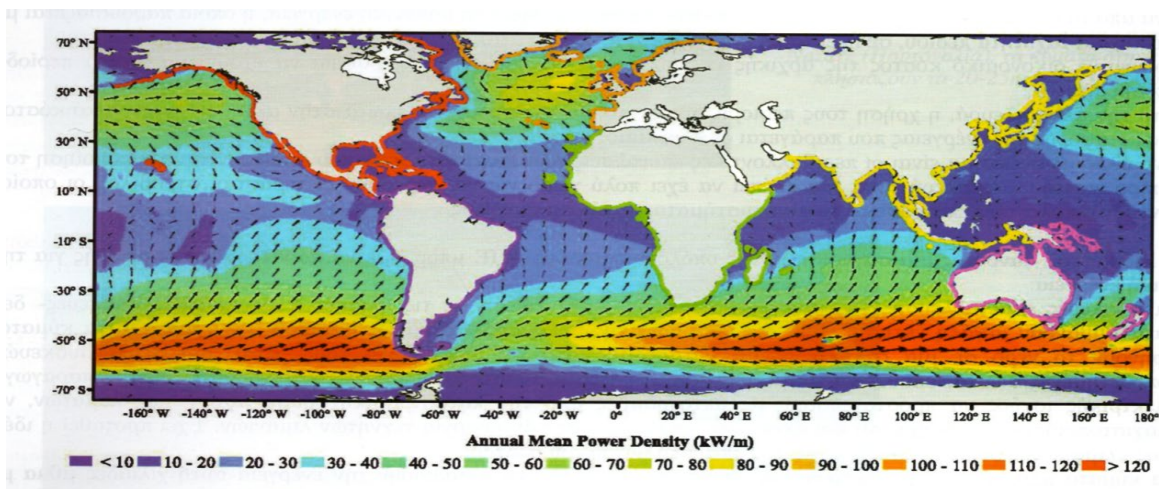
Ως εκ τούτου, τα κύματα με μεγάλη περίοδο  $T$  (περίπου 10 sec) και μεγάλο ύψος από την κορυφή έως το κατώτατο σημείο  $H$  (περίπου 4 m) έχουν ροές ενέργειας που συνήθως κυμαίνονται κατά μέσο όρο μεταξύ 50 και 70 kW ανά μέτρο πλάτους επερχόμενου κύματος, γεγονός που τα καθιστά αξιοσημείωτου ενδιαφέροντος για την παραγωγή ενέργειας (Twidell και Weir, 2015).

Στο Σχήμα 1.8, γίνεται διακριτή η περιεχόμενη ενέργεια σε διαφορετικής περιόδου κυματισμούς. Φαίνεται χαρακτηριστικά πως η μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας εμφανίζεται σε ανεμογενείς κυματισμούς περιόδου από 1 έως 30 sec, με κύρια δύναμη αποκατάστασης της ισορροπίας, την βαρύτητα. Τα μεγαλύτερης περιόδου κύματα, που διαρκούν από ορισμένα min, έως περισσότερες από 24 h, δημιουργούνται από καταιγίδες, σεισμούς, σχετικές κινήσεις της Σελήνης και του Ήλιου, ενώ κύρια δύναμη αποκατάστασης είναι η δύναμη Coriolis. Οι περιπτώσεις των ρυτιδώσεων με περίοδο μικρότερη από 1 sec, δημιουργούνται επίσης από τους ανέμους ενώ η επιφανειακή τάση αποτελεί την κύρια δύναμη αποκατάστασης αυτών.



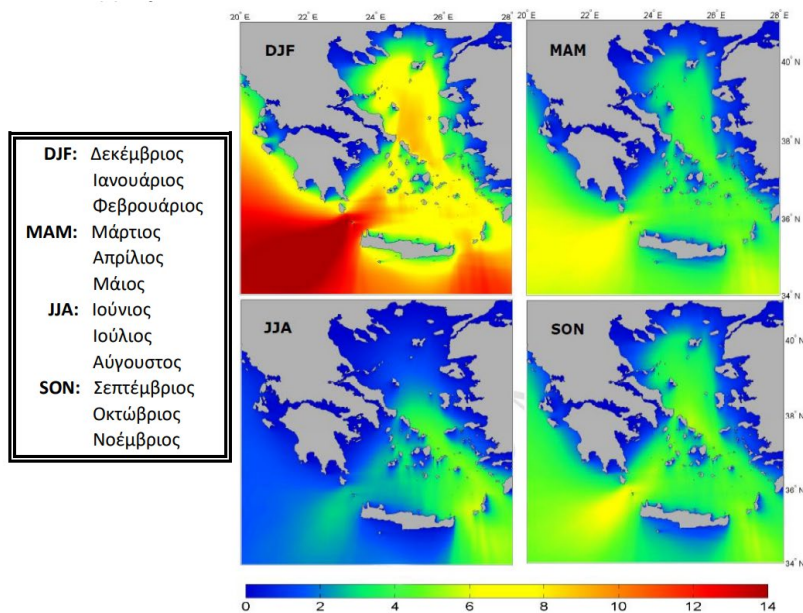
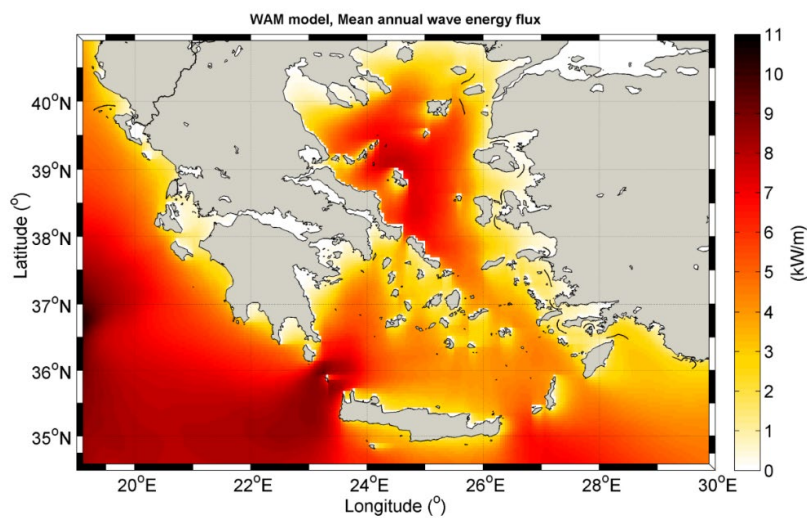


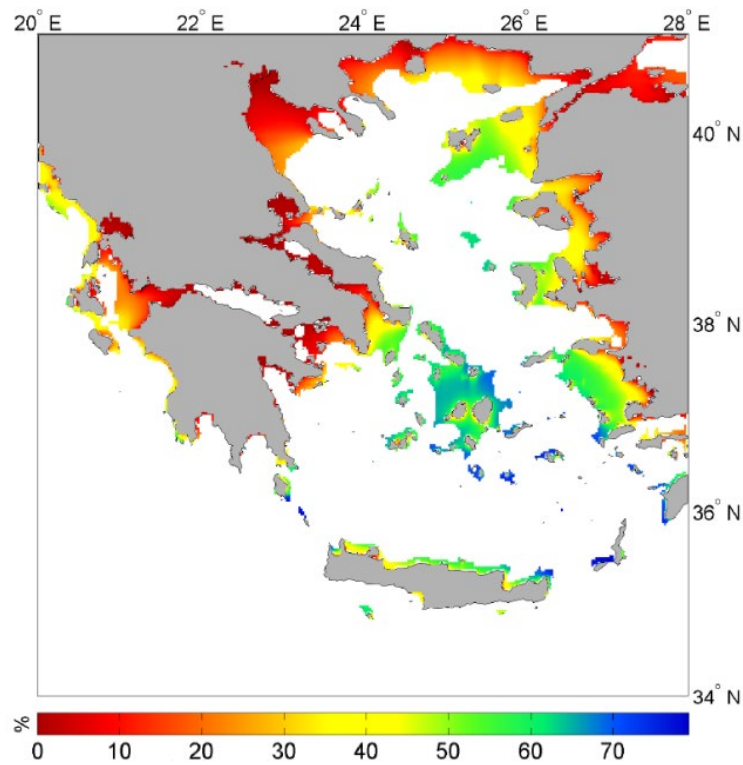
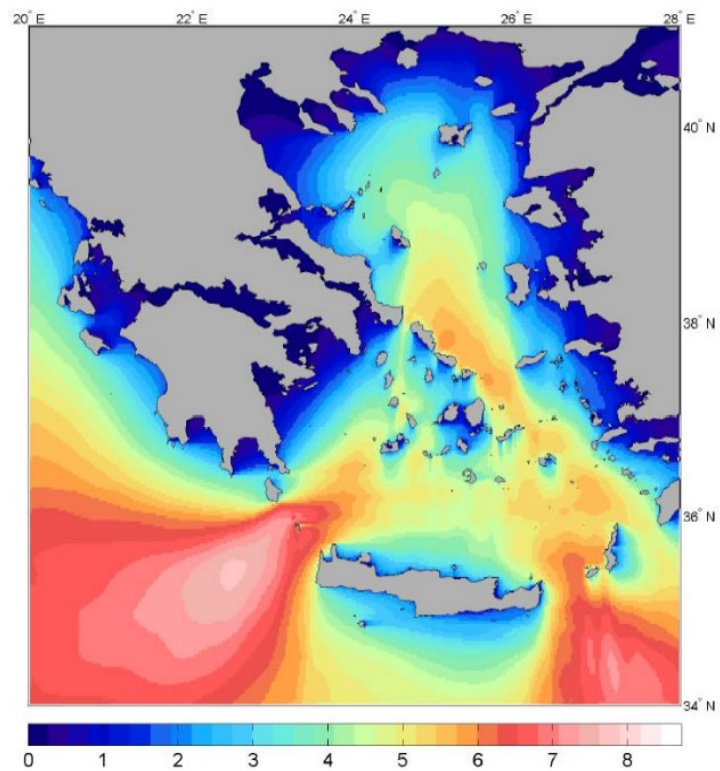
Οι περισσότερες προσπάθειες εκμετάλλευσης λειτουργούν σήμερα στο εύρος των 40-80 kW/m. Η υψηλότερης πυκνότητας ενέργεια, συνήθως μπορεί να βρεθεί στις περιοχές με βάθος μεγαλύτερο των 50 μέτρων. Περιοχές της Δυτικής Ευρώπης, ανοιχτά του Ατλαντικού Ωκεανού, εμφανίζουν υψηλό κυματικό δυναμικό.





Η βασικότερη παράμετρος για αναλύσεις σκοπιμότητας είναι η μέση ετήσια τιμή της ροής της κυματικής ενέργειας. Σήμερα, ως ελάχιστο κάτω όριο για την αξιοποίηση, θεωρείται η τιμή των 15 - 20 kW/m. Είναι απαραίτητη η μελέτη των ακραίων καταστάσεων θάλασσας σε μια υποψήφια περιοχή, ενώ οι συνθήκες πυθμένα και η απόσταση από την ακτή είναι ήσσονος σημασίας. Τα πλέον κατάλληλα βάθη πόντισης κυματικών μηχανών σήμερα, θεωρούνται τα 50 m (Σουκισιάν, 2020).

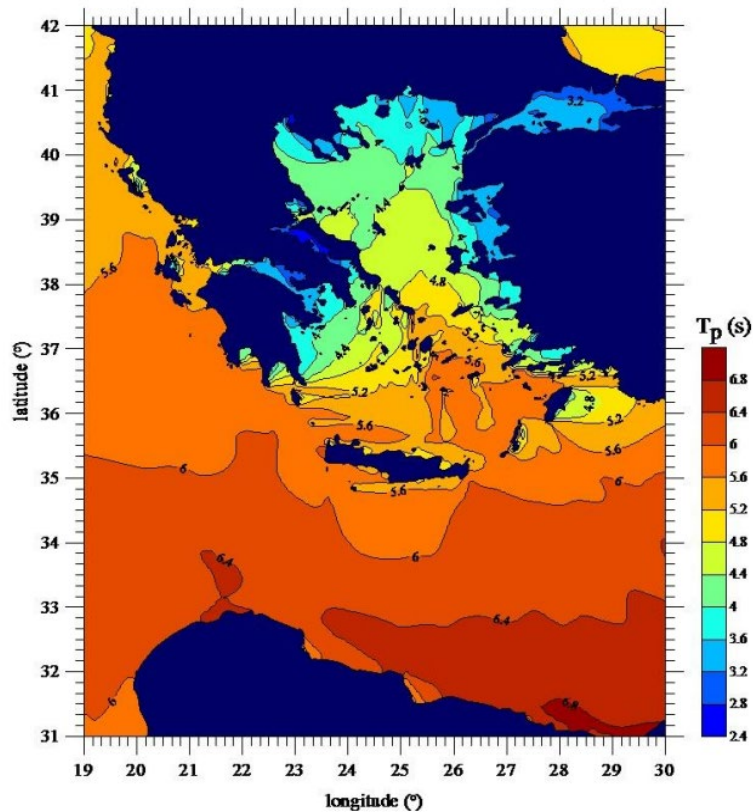




Σε μία χώρα όπως η Ελλάδα, ήπιου - χαμηλού κυματικού δυναμικού, η πλειονότητα των διαθέσιμων μετατροπέων κυματικής ενέργειας, παρουσιάζουν ένα εύρος λειτουργίας για ύψη κύματος ( $H_s$ ) από 0.5 έως 4.0 m. Τις πιο ενεργειακά αποδοτικές περιοχές της Ελλάδας απαρτίζουν το Νότιο τμήμα της χώρας και τα νησιά του Κεντρικού Αιγαίου. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στο κομμάτι του Νοτιοανατολικού Αιγαίου όπου παρουσιάζεται η καλύτερη εποχιακή ενεργειακή διακύμανση με την υψηλότερη διαθέσιμη κυματική ενέργεια τους καλοκαιρινούς μήνες (εποχή χαμηλότερου κυματικού δυναμικού).

Όσον αφορά την διαθεσιμότητα εκμετάλλευσης αυτών των πόρων σε σχέση και με το διαθέσιμο βάθος, οι θαλάσσιες ακτές των Κυκλάδων παρουσιάζουν ποσοστά γύρω στο 60%, ενώ το νησί της Κρήτης περίπου στο 45%. Οι υπόλοιπες περιοχές της Ελλάδος, λόγω της χαμηλότερης διαθέσιμης κυματικής ενέργειας, παρουσιάζουν υποδεέστερα ποσοστά διαθεσιμότητας με την ευρύτερη περιοχή της Αττικής - Εύβοιας να κυμαίνεται σε επίπεδα διαθεσιμότητας από 30% έως 50%, τα νησιά του Ιονίου σε ποσοστά από 15% έως 40% και τις υπόλοιπες παράκτιες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας σε περίπου 20%. Εξαιρέση αποτελεί το νησί της Λήμνου το οποίο αγγίζει ποσοστά διαθεσιμότητας γύρω στο 50%, σηματοδοτώντας και μία περιοχή στην Βόρεια Ελλάδα ως ευνοϊκή για την παραγωγή κυματικής ενέργειας. Σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, το Αιγαίο διαθέτει ένα κυματικό πεδίο με υψηλές συχνότητες κυματισμού δηλαδή με χαμηλές περιόδους κυματισμού από 3 έως 8 δευτερόλεπτα και ύψος κυμάτων από 1.0 m έως 3.5 m (Ιωάννου, 2020).

Ένας ακόμη παράγοντας που είναι επίσης σημαντικός στην εκτίμηση του προσφερόμενου κυματικού δυναμικού του ελληνικού θαλάσσιου χώρου, είναι η μέση τιμή της περιόδου  $T_p$  (s) της κορυφής των κυματισμών. Στον παρακάτω πίνακα διακρίνεται η μέση ετήσια περίοδος κορυφής φάσματος κατάστασης θάλασσας στον ελλαδικό χώρο.



## 1.9 Πλεονεκτήματα Κυματικής Ενέργειας

Τα πλεονεκτήματα της εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας είναι αρκετά, τα σημαντικότερα όμως που αφορούν τη χώρα μας είναι τα παρακάτω (Twidell και Weir, 2015):

- Η χώρα μας περιβρέχεται από θάλασσα σε περισσότερα από 15.000 χιλιόμετρα ακτογραμμής, με μεγάλες δυνατότητες εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας, ενώ για τον υπόλοιπο πλανήτη η θαλάσσια επιφάνεια καλύπτει όπως είναι γνωστό το μεγαλύτερο μέρος του. Το μεγαλύτερο μέρος του ελληνικού πληθυσμού ζει στις ακτές ή σε ακτίνα μερικών χιλιομέτρων από αυτές, αφού οι περισσότερες περιοχές και κύριες πόλεις της χώρας είναι παραθαλάσσιες. Έτσι οι κυματική ενέργεια θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για να καλύψει ανάγκες σημαντικά μεγάλης μερίδας του ελληνικού πληθυσμού.
- Σαν Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας, η κυματική, παρουσιάζει πολλά από τα προτερήματα των υπολοίπων. Ενισχύει τη μετάβαση σε μια νέα εποχή πράσινης



ενέργειας και στην απολιγνιτοποίηση προάγει την ευημερία και την αυτονομία απομακρυσμένων ή μη ηλεκτρικά διασυνδεδεμένων περιοχών όπως στην περίπτωση των δικών μας ελληνικών νησιών.

- Η κυματική σαν μορφή ανανεώσιμης ενέργειας περιλαμβάνεται στους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης για μια κλιματικά ουδέτερη Ευρώπη έως το 2050, γεγονός που σημαίνει ότι ενδέχεται να υπάρχει δυνατότητα οικονομικής επιχορήγησης για πλήθος δράσεων μέσα από προγράμματα της Ένωσης.
- Παρέχει δυνατότητα ενεργειακής αυτάρκειας των ελληνικών λιμένων, υδατοκαλλιεργειών και άλλων δομών, 24ωρη λειτουργία, δυνατότητα μετατροπής της περίσσειας ενέργειας σε ώρες μη αιχμής σε εναλλακτικές μορφές, όπως αυτή του υδρογόνου.
- Επιπλέον αποτελεί μια ανεξάντλητη πηγή πράσινης ενέργειας που παρουσιάζει υψηλή πυκνότητα ισχύος με μεγάλες διαθέσιμες ενεργειακές ροές και προβλεψιμότητα των συνθηκών των κυμάτων.
- Αποτελεί μια ανεξάντλητη πηγή πράσινης ενέργειας που μεταδίδεται σε μεγάλες αποστάσεις. Τα κύματα δημιουργούνται από τον άνεμο και αποθηκεύουν αποτελεσματικά την ενέργεια μεταδίδοντάς την, σχεδόν ανεξάντλητα, έως ότου συναντήσουν κάποιο σημείο της ακτογραμμής.
- Η κυματική ενέργεια ως ανανεώσιμος ενεργειακός πόρος συνεισφέρει εξίσου στο μετριασμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με υποκατάσταση των ορυκτών καυσίμων.
- Συνεισφέρει στην αύξηση της εθνικής ενεργειακής ασφάλειας με τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Συνεισφέρει στην αύξηση της απασχόλησης και των επενδύσεων σε βιομηχανίες θαλάσσιου ενδιαφέροντος.
- Συνεισφέρει στη συνεργασία με την παράκτια αιολική ενέργεια και άλλους θαλάσσιους πόρους.

## 1.10 Μειονεκτήματα Κυματικής Ενέργειας

Εκτός από τα πλεονεκτήματα τις εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας, υπάρχουν και μειονεκτήματα με τα σημαντικότερα που αφορούν τη χώρα μας να είναι τα παρακάτω (Twidell και Weir, 2015):

- Σε περιοχές με ήπιο, εύκρατο κλίμα όπως το ελληνικό, δεν παρουσιάζονται συχνές κακοκαιρίες και θυελλώδεις άνεμοι. Επιπλέον το ελληνικό παραθαλάσσιο ανάγλυφο χαρακτηρίζεται από πολλούς κόλπους και περιοχές που τα πιθανά μήκη ανάπτυξης κυματισμών που προσφέρονται από τους συνήθεις ανέμους ίσως δεν προσφέρονται για μεγάλα ύψη κύματος, καθώς το μήκος ανάπτυξης είναι σημαντικός παράγοντας επιρροής του ύψους των κυματισμών.
- Είναι επίσης σχετικά δύσκολο να σχεδιαστούν συσκευές ικανές να εξάγουν ενέργεια αποτελεσματικά από το μεγάλο και ευρύ φάσμα των πιθανών, ακανόνιστων κυματομορφών των κυματισμών, που διαφέρουν τόσο σε πλάτος, φάση και κατεύθυνση και εμφανίζονται στις επιφάνειες των θαλασσών
- Επιπλέον υπάρχει πάντα μια πιθανότητα ακραίων θυελλών ή τυφώνων που παράγουν κύματα μεγάλης έντασης. Οι συσκευές κυματικής ισχύος πρέπει να μπορούν να επιβιώσουν σε τέτοιες συνθήκες. Συνήθως, το κύμα αιχμής 50 ετών έχει 10 φορές το ύψος του μέσου κύματος. Έτσι, οι δομές πρέπει να επιβιώσουν σε θάλασσες με περίπου 100 φορές την ένταση ισχύος στην οποία ταιριάζουν συνήθως. Για να γίνει αυτό απαιτείται εξελιγμένος σχεδιασμός και δοκιμές, και αυξάνεται σημαντικά το αρχικό κόστος των συστημάτων κυματικής ισχύος.
- Ένα άλλο μειονέκτημα έγκειται στο γεγονός ότι η ισχύς αιχμής είναι γενικά διαθέσιμη σε κύματα βαθέων υδάτων από κυματισμούς ανοιχτής θάλασσας που παράγονται από μεγάλο αναπτύγματος ανέμους. Οι δυσκολίες και τα οικονομοτεχνικά εμπόδια της κατασκευής συσκευών για αυτούς τους τύπους κυματισμών, αφορούν τις διαδικασίες διατήρησης και στερέωσης ή πρόσδεσής τους στη θέση τους και μετάδοσης ισχύος στη στεριά. Τα παραπάνω είναι εφικτό να ξεπεραστούν σε πλήρες βαθμό όπως ακριβώς συνέβη για τις υπεράκτιες πλατφόρμες πετρελαίου και τα υπεράκτια αιολικά πάρκα.
- Άλλα ζητήματα αποτελούν η δυσκολία επιλογής από ένα μεγάλο εύρος διαθέσιμων συσκευών εκμετάλλευσης που υπάρχουν στην αγορά σήμερα, η πιθανότητα έλλειψη κρατικής χρηματοδότησης κ.α.
- Υπάρχουν ορισμένα περιβαλλοντικά ζητήματα των συσκευών εκμετάλλευσης κυματικής ενέργειας που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν και μερικά από αυτά μπορεί να είναι ο θόρυβος των αεριοστρόβιλων που λειτουργούν σε ορισμένες περιπτώσεις συσκευών (συνήθως όμως υπερκαλύπτεται από τον ίδιο θόρυβο του

αέρα και των κυμάτων), ο υποβρύχιος θόρυβος που μπορεί να προκαλέσει σύγχυση σε θαλάσσια όντα και θηλαστικά, διαρροές υδραυλικών λαδιών και πιθανώς χημικών με ευνόητο αντίκτυπο στους θαλάσσιους οργανισμούς, κίνδυνο στην ναυσιπλοΐα μέσα από πιθανές συγκρούσεις πλοίων με κατεστραμμένες συσκευές ή τμήματα αυτών κ.α.

## 2. Περιοχές Εκμετάλλευσης

### 2.1 Περιοχές Παράκτιας Ζώνης

Η παράκτια ζώνη μπορεί να διαχωρίζεται βάσει των μορφολογικών χαρακτηριστικών των επιμέρους τμημάτων της σε (Καρύμπαλης, 2010):

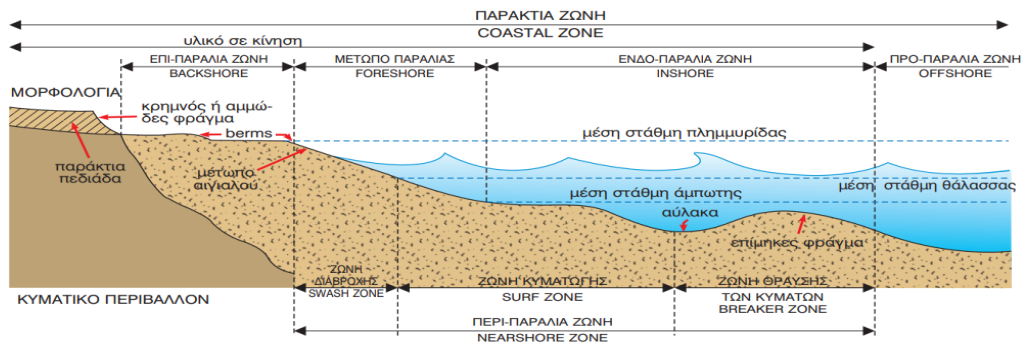
- Επι-παράλια ζώνη (backshore)
- Μέτωπο της παραλίας (foreshore)
- Ενδο-παράλια ζώνη (inshore)
- Προ-παράλια ζώνη (offshore)

Με κριτήριο τον τύπο των κυματικών διεργασιών που λειτουργούν στα επιμέρους τμήματα, διαχωρίζονται οι παρακάτω ζώνες, που όλες μαζί συνιστούν την περί-παράλια ζώνη (nearshore):

- Ζώνη διαβροχής (swash zone)
- Ζώνη κυματογής (surf zone)
- Ζώνη θραύσης των κυμάτων (breaker zone)

Βάση των ιζηματολογικών χαρακτηριστικών διαχωρίζονται οι:

- Αιγιαλίτιδα ζώνη (beach zone). Εκτείνεται από τη μέση χαμηλή θαλάσσια στάθμη, τη μέση δηλαδή στάθμη που παρατηρείται κατά τη διάρκεια της άμπωτης κάθε παλιρροιακού κύκλου, μέχρι το όριο που φτάνει η επίδραση από την κυματική δραστηριότητα.
- Ζώνη του μετώπου της παραλίας (shoreface zone). Εκτείνεται από τη μέση χαμηλή στάθμη θάλασσας, δηλαδή τη μέση στάθμη άμπωτης, μέχρι τη μέση βάση των κυμάτων αίθριου καιρού, το βάθος δηλαδή εκείνο μέχρι το οποίο το νερό αλληλεπιδρά με τον πυθμένα, εξαιτίας του κυματισμού.
- Προ-παράλια μεταβατική ζώνη (offshore transition zone). Εκτείνεται από τη μέση βάση των κυμάτων αίθριου καιρού, έως τη μέση βάση των κυμάτων καταιγίδας.
- Προ-παράλια ζώνη (offshore zone). Εκτείνεται κάτω από τη μέση βάση των κυμάτων καταιγίδας.



Σχήμα 2.1: Διαχωρισμός παράκτιας ζώνης (Καρύμπαλης, 2010).

## 2.2 Διεργασίες Τροποποίησης Κυμάτων και Παράκτια Γεωμορφολογία

Σημαντική στις περιπτώσεις μελέτης εκμετάλλευσης ενέργειας σε περιοχές και ζώνες κοντά στην ακτογραμμή, είναι η πρόβλεψη φαινομένων τροποποίησης των κυματισμών.

Τα διάφορα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε Παράκτιας Ζώνης, επηρεάζουν με διαφορετικό τρόπο τη μορφή του κυματισμού όταν φτάνει σε αυτή. Οι κυριότερες διεργασίες τροποποίησης των κυματισμών είναι αυτές της ανάκλασης, της περίθλασης, της διάθλασης, της σύγκλισης και της απόκλισης, ενώ η πιο σημαντική διεργασία τροποποίησης ενός κύματος που επηρεάζει την παράκτια γεωμορφολογία είναι η θραύση ενός κύματος (Καρύμπαλης, 2010).

Τα φυσικά ή τα τεχνητά χαρακτηριστικά του έξαλλου και του ύφαλου τμήματός της Παράκτιας Ζώνης, είναι δυνατόν να επηρεάσουν τη μορφή του κυματισμού μέσα από τα παραπάνω φαινόμενα τροποποίησης των κυματισμών. Ορισμένα από τα φυσικά χαρακτηριστικά μπορεί να είναι οι κάβοι ή οι υποθαλάσσιες πλάκες, ενώ ορισμένα από τα τεχνητά χαρακτηριστικά μπορεί να είναι οι μόλοι, οι προβλήτες, οι κυματοθραύστες ή οι ίδιες οι συσκευές εκμετάλλευσης της θαλάσσιας ενέργειας. Οι επηρεαζόμενοι από τις προαναφερθείσες διεργασίες κυματισμοί, είτε μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά τους (όπως τη διεύθυνσή τους, το μήκος κύματος, το ύψος κλπ) είτε οδηγούνται σε περιπτώσεις ρήξης της υποθαλάσσιας γεωμορφολογίας σε υπεραύξηση του ύψους τους και ανατροπή.

Η μορφολογία των ακτών και οι τρόποι που αυτή μεταβάλλεται είναι ένα εξαιρετικά σημαντικό δεδομένο που οφείλει να λαμβάνεται υπόψη στις περιπτώσεις μελέτης και κατασκευής παράκτιων έργων. Τα κύματα στην επιφάνεια της θάλασσας είναι αυτά που έχουν εν γένει μεγαλύτερη σημασία στις μεταβολικές παράκτιες διεργασίες που λαμβάνουν

χώρα σε κάθε μονάδα μήκους της ακτογραμμής, όπως τη διάβρωση, τη μεταφορά και την απόθεση υλικών. Τα ανεμογενή κύματα (ή κύματα βαρύτητας) είναι αυτά που επηρεάζουν δε περισσότερο τις ακτές και τις τεχνικές κατασκευές που έχουν κατασκευαστεί κατά μήκος των ακτογραμμών (Καρύμπαλης, 2010).

Στις περιπτώσεις τοποθέτησης συσκευών εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας σε ρηχές περιοχές, με φυσικά εμπόδια και σχηματισμούς της παράκτιας γεωμορφολογίας, όπως κάβους, ξέρες κλπ, οφείλει να γίνεται γνωστή από τους μελετητές η γνώση της θεωρίας των διεργασιών τροποποίησης κυμάτων αλλά και να γίνεται γνωστή υπό περιπτώσεις η εικόνα του υποθαλάσσιου ανάγλυφου κατά τη διάρκεια της μελέτης.

Η θάλασσα αποτελείται από ένα ακανόνιστο σχέδιο κυμάτων ποικίλης περιόδου, κατεύθυνσης και πλάτους. Υπό το ερέθισμα ενός επικρατούντος ανέμου, τα κύματα μπορεί κατά μια κατεύθυνση να δημιουργήσουν μια αποθαλασσιά μεγάλης περιόδου. Οι άνεμοι που είναι πιο ασταθείς παράγουν ακανόνιστη κίνηση του νερού, τυπικά για μικρότερες περιόδους. Σε βάθη μικρότερα των 30 μέτρων, μπορεί να προκύψουν σημαντικές επιδράσεις τροποποίησης των χαρακτηριστικών των κυμάτων, που πιθανόν να παράγουν πιο άτακτα ή ενισχυμένα κύματα σε διάφορες τοποθεσίες. Έτσι, οι συσκευές εκμετάλλευσης θα πρέπει να ταιριάζουν σε ένα ευρύ φάσμα φυσικών συνθηκών και να είναι σχεδιασμένες ώστε να εξάγουν τη μέγιστη ισχύ για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα σε κάθε θέση. Κατά το σχεδιασμό αυτών των συσκευών, θα είναι πρώτα απαραίτητο να κατανοήσουμε τα κυματικά μοτίβα της συγκεκριμένης τοποθεσίας που μπορεί να προκύψουν σε μια περίοδο 50 ετών. Αυτό απαιτεί στατιστική και άλλη μοντελοποίηση εάν τέτοιες μακροπρόθεσμες μετρήσεις δεν είναι διαθέσιμες (Twidell και Weir, 2015).

### 2.3 Θραύση Κυμάτων

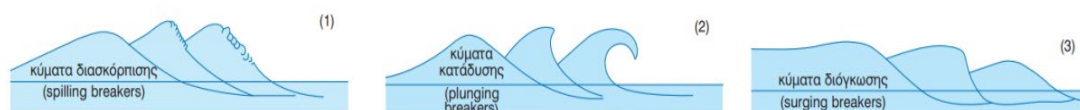
Όταν ένα κύμα φτάσει σε ρηχά νερά, η κίνηση των μορίων του νερού περιορίζεται από τον πυθμένα που λόγω τριβών προκαλεί τη μείωση της ταχύτητας τους. Όσο το κύμα διαδίδεται σε ολοένα και περισσότερο ρηχούς πυθμένες, η ταχύτητα του συνεχίζει να ελαττώνεται, η περίοδος παραμένει σταθερή, το μήκος κύματος μειώνεται, ενώ το ύψος αυξάνεται. Η ταχύτητα ελαττώνεται σημαντικά όταν το βάθος των νερών γίνει μικρότερο ή ίσο του μισού μήκους κύματος. Όσο ελαττώνεται η ταχύτητα του κάθε μεμονωμένου κύματος, το επόμενο τείνει να το προφτάσει ενώ το ύψος του αυξάνεται όσο μειώνεται το μήκος του. Το

κατώτερο τμήμα ενός κύματος, παρουσιάζει μικρότερη ταχύτητα από την κορυφή, με τη διαφορά αυτή να προκαλεί αστάθεια και εν συνεχεία τη θραύση του κύματος (Ψύχα και Μηνογιαννης, 2020).

Τα θαλάσσια κύματα κατά την πρόσπτωσή τους στην ακτογραμμή, συνήθως εξουδετερώνονται μεταβιβάζοντας την ενέργειά τους στην παράκτια γεωμορφολογία προκαλών διάβρωση, ανακατανομή, μεταφορά, και απόθεση ιζήματος αναδιαμορφώνοντας την. Η θραύση αποτελεί το φαινόμενο κατά το οποίο τα κύματα ανατρέπονται στον ανοιχτό ωκεανό είτε κατά μήκος της ακτογραμμής κάτι που σημαίνει τον τερματισμό τους. Τα αίτια θραύσης ενός κύματος μπορούν να είναι είτε γεωμετρικά, είτε λόγω διαφοράς ταχύτητας μεταξύ κορυφής και βάσης (Καρύμπαλης, 2010).

Κατά τη θραύση, τα κύματα διακρίνονται σε:

- i. Κύματα Διασκόρπισης (Spilling Breakers) σε κλίση πυθμένα μικρότερη από 3 μοίρες.
- ii. Κύματα Κατάδυσης (Plunging Breakers) σε κλίση πυθμένα από 3 έως 7 μοίρες.
- iii. Κύματα Διόγκωσης (Surging Breakers) σε κλίση πυθμένα μεγαλύτερη από 15 μοίρες.
- iv. Μεταξύ των 3 παραπάνω, υπάρχουν αρκετές ενδιάμεσες περιπτώσεις.



Σχήμα 2.2: Τύποι θραύσης κύματος (Καρύμπαλης, 2010).

## 2.4 Πρόγνωση Κυματισμών

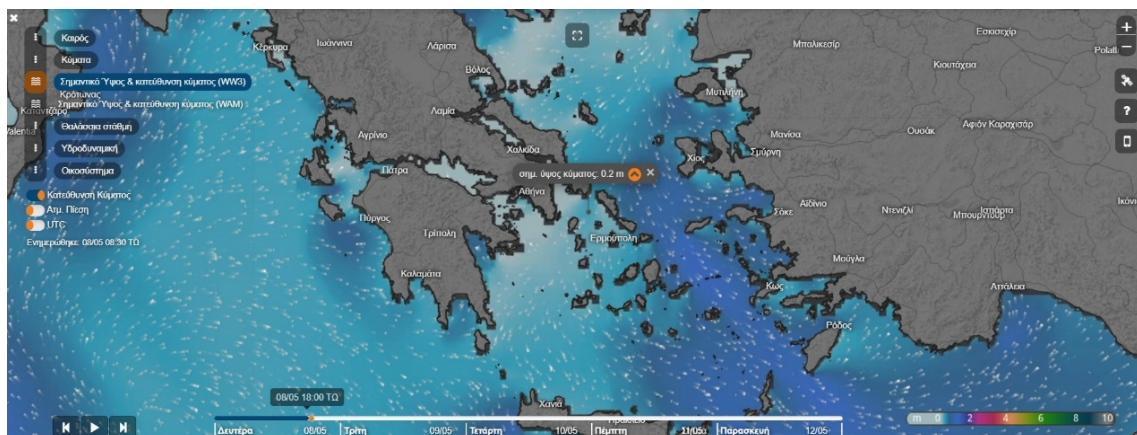
Η σημαντικότητα πρόγνωσης του ύψους των κυμάτων είναι μεγάλη. Τόσο λόγω αναγκαιότητας αναζήτησης αξιοποιήσιμης ενέργειας, όσο και λόγω του γεγονότος ότι τα πολύ υψηλά κύματα μπορούν να επιφέρουν βλάβες στους μηχανισμούς εκμετάλλευσης, με όμοιο τρόπο που μπορούν να φέρουν σοβαρές ζημιές σε πλοία, παράκτιες κατασκευές κλπ. Τα σύγχρονα μοντέλα πρόγνωσης του καιρού μπορούν να προσφέρουν προβλέψεις για τους ανέμους, τους κυματισμούς και άλλους παράγοντες, πάνω στους οποίους μπορεί να



βασιστεί η δυνατότητα εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας μέσα από την επιλογή περιοχών με αξιόπιστο κυματικό δυναμικό.

Οι Μετεωρολογικές και οι Ωκεανογραφικές Υπηρεσίες, τρέχουν καθημερινά προγράμματα μοντέλων κυματισμού που μέσα από την επίλυση μαθηματικών εξισώσεων, περιγράφουν φυσικές διεργασίες στο επίπεδο μεταξύ του ατμοσφαιρικού αέρα και της επιφάνειας της θάλασσας. Το ύψος, η διεύθυνση και η περίοδος των κυματισμών, υπολογίζονται μέσα από τα προγράμματα που λαμβάνουν υπόψη εκτός των άλλων και τα προγνωστικά στοιχεία των ανέμων πάνω από την εκάστοτε περιοχή. Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία εκδίδει καθημερινά προγνώσεις κυματισμών που καλύπτουν τις ελληνικές θάλασσες αλλά και ολόκληρη την Μεσόγειο (Ψύχα και Μηνογιαννης, 2020).

Σημαντικοί φορείς που συνεισφέρουν τα μέγιστα εντός του ελληνικού χώρου είναι εκτός των άλλων το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.) και το σύστημα Ποσειδών. Το σύστημα πρόγνωσης κυματισμών του συστήματος Ποσειδών οφείλει την ανάπτυξη και την εφαρμογή του στο Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.).



**Σχήμα 2.3:** Σημαντικό Ύψος Κύματος (m) και κατεύθυνση κυμάτων στις περιοχές της Μεσογείου και της Ελλάδας (poseidon.hcmr.gr, 2023).

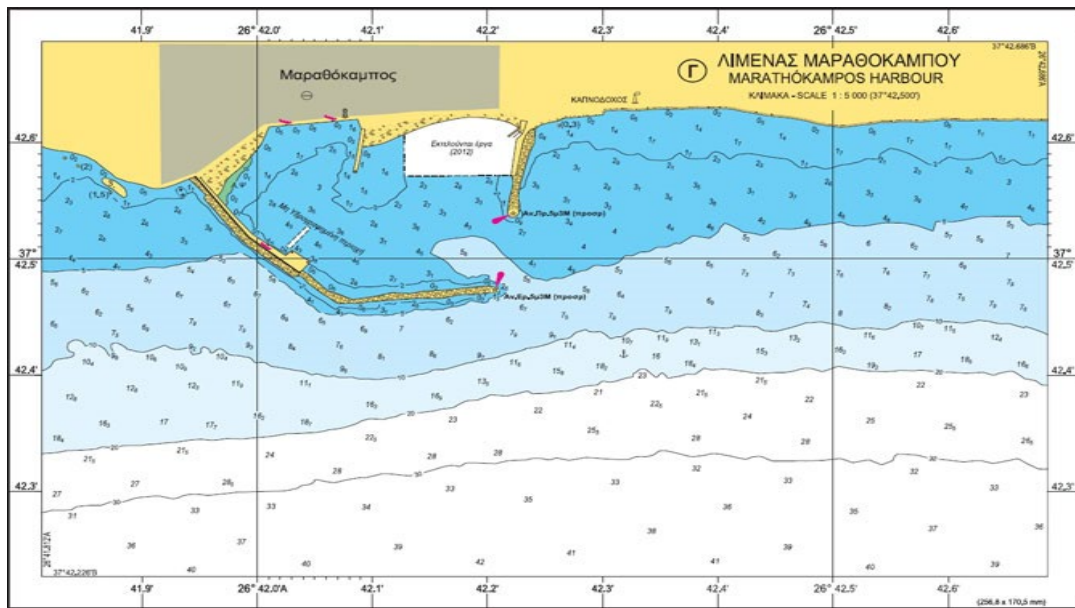
## 2.5 Βυθομετρικοί Χάρτες

Αναφορικά με τη μελέτη τοποθέτησης παράκτιων και υπεράκτιων συσκευών, υπεύθυνες και ακριβείς πληροφορίες για το θαλάσσιο πυθμένα και τα κατά τόπους βάθη και ισοβαθείς καμπύλες, έχει τη δυνατότητα να παρέχει η Υδρογραφική υπηρεσία του ελληνικού Πολεμικού Ναυτικού. Σύμφωνα με την Υδρογραφική Υπηρεσία, αποστολή της είναι η



σπουδή των Ελληνικών και ξένων θαλασσών και ακτών, η μελέτη των συνθηκών της ναυσιπλοΐας, η συμβολή στην ανάπτυξη και προαγωγή επιστημών και τεχνών που συνδέονται με τη ναυσιπλοΐα, τη ναυτιλία και τη ναυτική μετεωρολογία. Στην αποστολή της Υδρογραφικής Υπηρεσίας εντάσσονται, μεταξύ άλλων, η σχεδίαση και παραγωγή ναυτικών χαρτών και ναυτιλιακών εκδόσεων, καθώς και η δημιουργία προϊόντων που προέρχονται από την μελέτη των παραμέτρων του θαλασσίου περιβάλλοντος, την ανάπτυξη των γεωεπιστημών (Υδρογραφία, Τοπογραφία, Ωκεανογραφία, Γεωγραφία) και της επιστήμης της Ναυτιλίας. Η Υδρογραφική Υπηρεσία είναι ο αρμόδιος κρατικός φορέας που έχει την αποκλειστική δικαιοδοσία και πιστοποίηση για την σύνταξη, έκδοση, συμπλήρωση και διόρθωση των επίσημων ναυτικών χαρτών της Ελλάδας και των ενημερώσεων αυτών, καθώς και για την έκδοση, συμπλήρωση και διόρθωση των επίσημων ναυτιλιακών εκδόσεων. Οι αρμοδιότητες της Υδρογραφικής Υπηρεσίας, εκτός των άλλων είναι (www.hnhs.gr, 2023):

- Η μελέτη, προετοιμασία, έκδοση και διάθεση ναυτικών χαρτών και λοιπών ναυτιλιακών εκδόσεων και βοηθημάτων, σε έντυπη ή ηλεκτρονική μορφή, για τις ανάγκες των ναυτιλλόμενων και τις επιχειρησιακές απαιτήσεις του ΠΝ και των Ενόπλων Δυνάμεων γενικότερα.
- Η έκδοση γνωματεύσεων που αφορούν την εγκατάσταση ή κατασκευή λιμενικών ή άλλων έργων, επί της παράκτιας ζώνης ή εντός της θάλασσας.
- Η διάθεση των παραγόμενων προϊόντων της και η παροχή υπηρεσιών σε θέματα Υδρογραφικών, Χαρτογραφικών, Ωκεανογραφικών και Ναυτιλιακών εργασιών και λοιπών επιστημονικών μελετών, στο πλαίσιο αρμοδιοτήτων της, σε φορείς εκτός του ΠΝ, με την καταβολή του ανάλογου αντιτίμου.
- Η παρακολούθηση και προαγωγή από την Υδρογραφική Υπηρεσία των συναφών με την Υδρογραφία, Ναυτική Χαρτογραφία, Ναυτιλία και Ωκεανογραφία επιστημών και τεχνών, συνεργαζόμενη, με κρατικούς φορείς, εκπαιδευτικά ιδρύματα, επιστημονικούς φορείς και ερευνητικά κέντρα, της ημεδαπής και της αλλοδαπής.



**Σχήμα 2.4:** Βυθομετρικός χάρτης με τα κατά τόπους βάθη από την Υδρογραφική Υπηρεσία ([www.hnhs.gr](http://www.hnhs.gr), 2023)

## 2.6 Προοπτικές Αξιοποίησης

Το μεγαλύτερο μέρος του ελληνικού πληθυσμού ζει στις ακτές ή σε ακτίνα μερικών χιλιομέτρων από αυτές, αφού οι περισσότερες περιοχές και κύριες πόλεις της χώρας είναι παραθαλάσσιες. Παράλληλα, τα περισσότερα νησιά του Αιγαίου που είναι μη διασυνδεδεμένα με το ηπειρωτικό δίκτυο ηλεκτρισμού, με σκοπό την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών, βασίζονται στη ίδια λειτουργία θερμικών σταθμών που καταναλώνουν πετρέλαιο κυρίως εισαγωγής. Το κυματικό αλλά και το αιολικό ή το ηλιακό δυναμικό αυτών των περιοχών μπορούν να αποτελέσουν βιώσιμες λύσεις, των οποίων η εκμετάλλευση θα λύσει το παραπάνω πρόβλημα και θα χαρίσει αυτονομία στα νησιά.

Η κυματική ενέργεια αξιοποιείται με κατασκευές επί ή πλησίον της ακτογραμμής, αλλά και συσκευές στα ευρύτερα ανοιχτά μιας θαλάσσιας περιοχής. Οι συσκευές εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας θα μπορούσαν να λειτουργούν είτε αποκλειστικά είτε επικουρικά. Δύναται δηλαδή να καλύπτουν τις ανάγκες κύριων δημοτικών δομών (σχολεία, νοσοκομεία, σταθμοί άμεσης δράσης), να καλύπτουν τις ανάγκες της δομής που τις φιλοξενεί (λ.χ. λιμένας), αλλά και να μετατρέπουν την περίσσεια ενέργεια σε άλλες αξιοποιήσιμες μορφές με σημαντική μελλοντική συνεισφορά στην πράσινη ενεργειακή πολιτική.

Η παραγωγή υδρογόνου θα μπορούσε να είναι μια πολύ σημαντική λύση για τις ώρες που το κυματικό δυναμικό μπορεί να παρέχει υψηλή απόδοση ή τις ώρες που οι καλυπτόμενες

δομές δεν παρουσιάζουν αυξημένες ανάγκες. Το «πράσινο» όπως λέγεται υδρογόνο, όταν προέρχεται από ηλεκτρόλυση με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενης από άλλες πράσινες λύσεις όπως η κυματική στην περίπτωση μας, η αιολική, η ηλιακή κλπ, αποτελεί μια βιώσιμη πηγή ενέργειας με χαμηλό ή μηδενικό αποτύπωμα διοξειδίου του άνθρακα και μορφή ενέργειας που αποτελεί έναν από τους θεμελιώδεις στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενέργεια τα επόμενα έτη. Θα μπορούσε να συνεισφέρει στην πράσινη κινητικότητα οχημάτων ή πλοίων, στη θέρμανση σημαντικών δομών όπως τα νοσοκομεία, τα λιμενικά, τα δημοτικά ή τα σχολικά συγκροτήματα κ.α.

Με τις απαιτήσεις και τις ανάγκες του συνόλου σε ενέργεια να αυξάνονται διαρκώς, η ανεκμετάλλευτη ενέργεια της θάλασσας, θα μπορούσε να καλύψει ένα σημαντικό ποσοστό της ζήτησης.

## 2.7 Χωροθέτηση Συσκευών Εκμετάλλευσης

Μια κατηγοριοποίηση των μονάδων μετατροπής κυματικής ενέργειας, είναι αναλόγως της θέσης τοποθέτησής τους σε σχέση με την ακτογραμμή. Διακρίνονται σε:

Επάκτιες συσκευές (Onshore Devices): Συνήθως πάνω από ρηχά νερά περίπου μέχρι 10 m βάθος, αγκυρωμένοι ή τοποθετημένοι πάνω σε κυματοθραύστες, φράγματα ή βράχους. Η εύκολη προσβασιμότητα σε αυτές, μειώνει τόσο το κόστος εγκατάστασής τους όσο και το κόστος συντήρησής τους. Επιπρόσθετα, δεν απαιτούνται ούτε έξοδα αγκύρωσης της κατασκευής στον βυθό ούτε μεγάλα υποθαλάσσια καλώδια για τη σύνδεση τους με το ηλεκτρικό δίκτυο. Ωστόσο, το κυματικό δυναμικό όσο πλησιάζει στην ακτή εξασθενεί και μειώνεται η διαθέσιμη προς εκμετάλλευση ενέργεια, λόγω της αλληλεπίδρασης του βυθού (Ιωάννου Ραφαήλ, 2020). Οι επάκτιες συσκευές εκμεταλλεύονται κυματικό δυναμικό εμφανώς μικρότερης ισχύος συγκριτικά με τις λοιπές κατηγορίες. Δεδομένων όμως των σημαντικών πλεονεκτημάτων εγκατάστασης και συντήρησης, αποτελούν εξαιρετική οικονομική επιλογή για μικρού και μεσαίου κόστους επενδύσεις (Τζιβίλογλου, 2019).

Παράκτιες συσκευές (Nearshore Devices): Η τοποθεσία λειτουργίας τους βρίσκεται σε βάθος από 10 έως 25 μέτρα. Εκμεταλλεύονται δε μεγαλύτερης ισχύος δυναμικό συγκριτικά με τις Επάκτιες συσκευές (Τζιβίλογλου, 2019). Συνήθως, είτε εδράζονται στον πυθμένα της θάλασσας, για την αποφυγή αγκυρώσεων, αλλά προϋποθέτουν την αντοχή τους στα

προσπίπτοντα κύματα που τα διαπερνούν, είτε λειτουργούν ως πλωτά σώματα αγκυρωμένα στο βυθό (Ιωάννου, 2020).

Υπεράκτιες συσκευές (Offshore Devices): Τοποθετούνται συνήθως σε βάθη μεγαλύτερα των 40 μέτρων. Όλες εκμεταλλεύονται μεγάλα πλάτη κύματος και περισσότερο ισχυρό κυματικό δυναμικό σε σύγκριση και με τις λοιπές δύο κατηγορίες (Τζιβίλογλου, 2019). Μπορεί να είναι πλωτές είτε ημιβυθισμένες είτε πλήρως βυθισμένες και αγκυρώνονται στον πυθμένα της θάλασσας. Η εγκατάστασή τους αποτελεί μια εξίσου περίπλοκη και δαπανηρή διαδικασία, ενώ απαιτούν και τη χρήση υποθαλάσσιων καλωδίων μεγάλου μήκους για την μεταφορά της παραγόμενης ενέργειας (Ιωάννου, 2020).

Οι διαθέσιμες τιμές του κυματικού δυναμικού τις ελληνικές θάλασσες, δεν προσφέρονται, με τις υπάρχουσες τεχνολογίες τουλάχιστον, για εκμετάλλευση στην ανοιχτή θάλασσα. Αντίθετα, ορισμένες επάκτιες κατασκευές, (π.χ. oscillating water column) μοιάζουν καταλληλότερες για περαιτέρω διερεύνηση (Σουκισσιάν, 2020).

Η γενική αρχή θα μπορούσε να γίνει από επάκτιες συσκευές με προφανή πλεονεκτήματα στα κόστη εγκατάστασης, επιθεώρησης, συντήρησης, χωρίς την απαίτηση για εκπαιδευμένο προσωπικό, αυτοδύτες, καταδυτικές συσκευές, σκάφη και αδιάβροχους εξοπλισμούς. Ταυτόχρονα, η σύνδεση υποθαλάσσιων καλωδίων μεγάλων αποστάσεων περιορίζεται, ενώ τα κόστη μελέτης και εγκατάστασης των παραπάνω σε περιπτώσεις απομακρυσμένων συσκευών είναι εξίσου μεγάλα. Έχουμε συνεπώς χαμηλότερα κόστη μελέτης, τοποθέτησης, εγκατάστασης, υλικών, αλλά και επίβλεψης, επιθεώρησης, συντήρησης. Επιπλέον οι παραπάνω διαδικασίες μπορούν να λάβουν χώρα με μια αυξημένη ασφάλεια πλησίον ή επί της ακτής, σε περισσότερο ρηχούς πυθμένες ή στην επιφάνεια.

Οι συσκευές εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας σχεδιάζονται με ένα εύρος κινήσεων σύλληψης κυματικής ενέργειας που ταιριάζει σε ένα συγκεκριμένο αντίστοιχα εύρος ύψους κύματος και περιόδου. Έτσι ορισμένες συσκευές ταιριάζουν σε ορισμένες μόνο περιοχές εμφάνισης κατάλληλου συνδυασμού ύψους και περιόδου κύματος και αντίστροφα.

### 3. Διατάξεις Εκμετάλλευσης

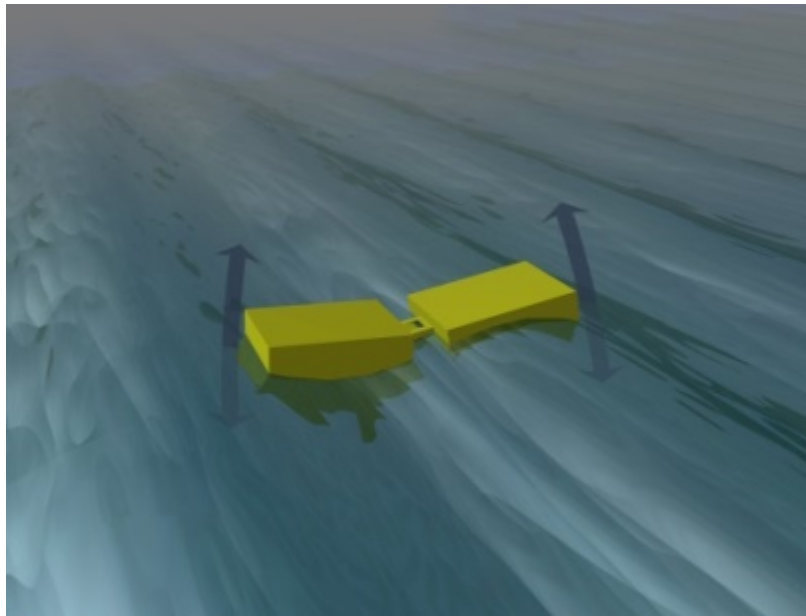
#### 3.1 Τύποι Συσκευών Εκμετάλλευσης Κυματικής Ενέργειας

Η ιδέα της δυνατότητας παραγωγής χρήσιμης ενέργειας από τα κύματα υπάρχει πολλά χρόνια και υπάρχουν μέχρι σήμερα αμέτρητες ιδέες συσκευών που εξάγουν την ενέργεια, με ίσως την πρώτη πατέντα να δημιουργείται το 1799 και μια πρώιμη συσκευή ηλεκτρικής ενέργειας να δημιουργείται το 1909 στην Καλιφόρνια για τον φωτισμό λιμανιού. Το σύγχρονο ενδιαφέρον ήταν έντονο από τη δεκαετία του 1970, κυρίως στην Ιαπωνία, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Σκανδιναβία και την Ινδία, αλλά σιγά-σιγά, από το 2000 και μετά, ένας αυξανόμενος αριθμός συσκευών που αναπτύχθηκαν για εμπορική χρήση συνδέθηκαν με δίκτυα κοινής ωφέλειας, ειδικά στο Ηνωμένο Βασίλειο και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες με θαλάσσιες ακτές. Πολύ μικρής κλίμακας αυτόνομα συστήματα κατασκευάζονται συστηματικά για θαλάσσια προειδοποιητικά φώτα σε σημαδούρες, αλλά πολύ μεγαλύτερες συσκευές για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την ενσωμάτωσή της στο κυρίως δίκτυο μιας χώρας, απαιτούν κρατική χρηματοδότηση (Twidell και Weir, 2015).

Οι συσκευές που εκμεταλλεύονται την κυματική ενέργεια είναι ευρέως γνωστές ως Wave Energy Converters (WEC), ή αλλιώς ως Μετατροπείς Κυματικής Ενέργειας (ΜΚΕ). Μια κατηγοριοποίηση των συσκευών εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας, έχει να κάνει με τον τύπο της συσκευής. Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Κέντρο Θαλάσσιας Ενέργειας, EMEC (European Marine Energy Center), έχουν ταυτοποιηθεί 8 κύριοι τύποι Μετατροπέων Κυματικής Ενέργειας (ΜΚΕ) ή Wave Energy Converters (WEC) ([www.emec.org.uk](http://www.emec.org.uk), 2023).

##### 3.1.1. Attenuators (Εξασθενητές)

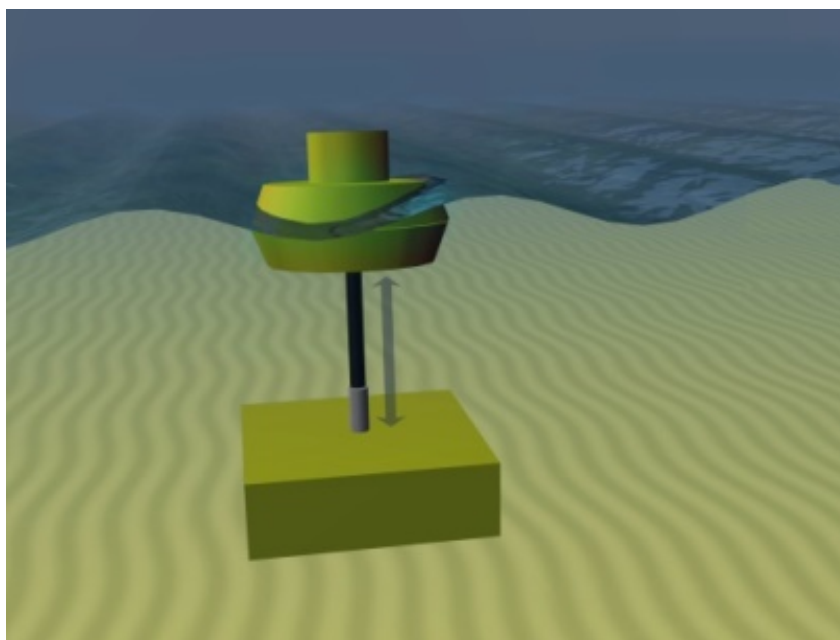
Αποτελούν πλωτές συσκευές που λειτουργούν παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Συλλαμβάνουν την ενέργεια των κυμάτων από τη σχετική κίνηση δύο ή περισσότερων αρθρωτών βραχιόνων, καθώς το κύμα περνά κάτω από αυτούς.



Σχήμα 3.1: Attenuators (www.emec.org.uk, 2023).

### 3.1.2. Point Absorbers (Απορροφητές Σημείου)

Αποτελούν πλωτές δομές που απορροφούν ενέργεια από όλες τις κατευθύνσεις. Μετατρέπουν την σχετική κίνηση της επιπλέουσας κορυφής με τη σταθερή βάση, σε ηλεκτρική ενέργεια.

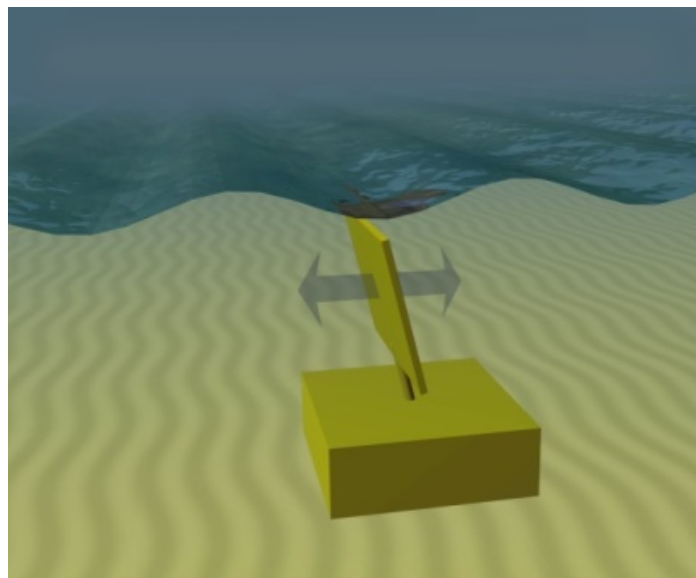


Σχήμα 3.2: Point Absorbers (www.emec.org.uk, 2023).



### 3.1.3. Oscillating Wave Surge Converters (Ταλαντευόμενοι Μετατροπείς Κύματος)

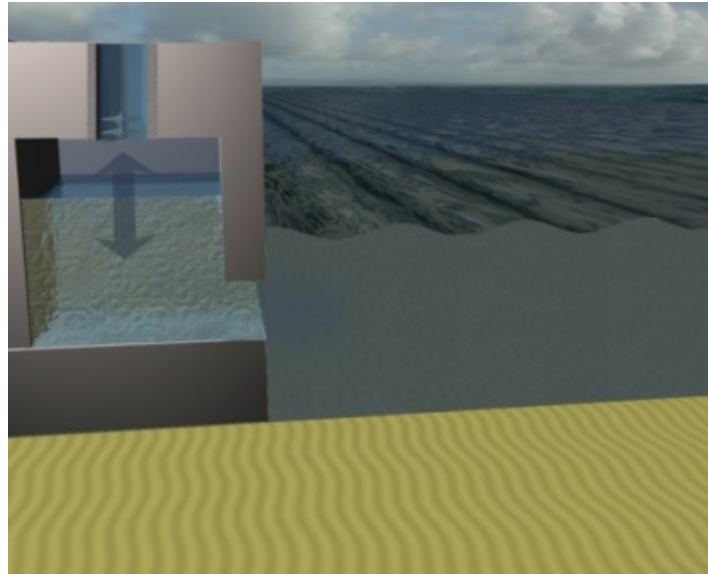
Συσκευές αυτού του τύπου, διαθέτουν ένα τμήμα συσκευής που είναι συνήθως μια επιφάνεια και εκμεταλλεύεται την περιστροφική κίνηση του κύματος καθ' όλο το ύψος του, από την κορυφή μέχρι τη βάση του που βρίσκεται σε βάθος ίσο περίπου με το  $\frac{1}{2}$  του μήκους κύματος. Ο απορροφητής κινεί για την παραγωγή ενέργειας έναν βραχίονα που περιστρέφεται στην τοποθετημένη στο πυθμένα, βάση της συσκευής. Τοποθετούνται σε ρηχές ζώνες, ίσου περίπου βάθους με το ύψος της συσκευής.



Σχήμα 3.3: Oscillating Wave Surge Converters (www.emec.org.uk, 2023).

### 3.1.4. Oscillating Water Column (Ταλαντευόμενη Στήλη Νερού)

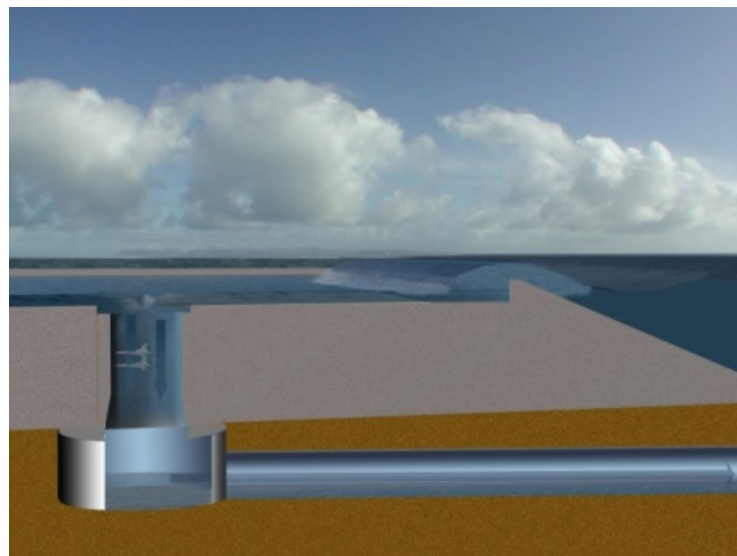
Η μονάδα αποτελείται από μια μερικώς βυθισμένη κούφια δομή με εγκλωβισμένο αέρα, ανοιχτή προς τη θάλασσα σε ένα επίπεδο κάτω από αυτό της επιφάνειας του ύδατος. Το νερό εισέρχεται εντός του κενού τμήματος της συσκευής λόγω του κυματισμού και η στάθμη του νερού ανεβαίνει, πιέζοντας και τον εγκλωβισμένο αέρα προς τα πάνω. Όταν ο κυματισμός υποχωρήσει, η στάθμη του ύδατος πέφτει πάλι. Κάθε φορά που η στάθμη του ύδατος ανεβαίνει λόγω του εισερχόμενου στη συσκευή κυματισμού, ο αέρας πιέζεται και με τη σειρά του πιέζει ένα έμβολο που παράγει ενέργεια στην κορυφή του εσωτερικού κούφιου τμήματος της συσκευής. Όταν ο κυματισμός υποχωρεί, το έμβολο επιστρέφει στην αρχική του θέση, μέχρι την επόμενη είσοδο του νερού από τον ακόλουθο κυματισμό.



Σχήμα 3.4: Oscillating Water Column (www.emec.org.uk, 2023)

### 3.1.5. Overtopping / Terminator Devices (Συσκευές Υπερπήδησης/Υπερκάλυψης)

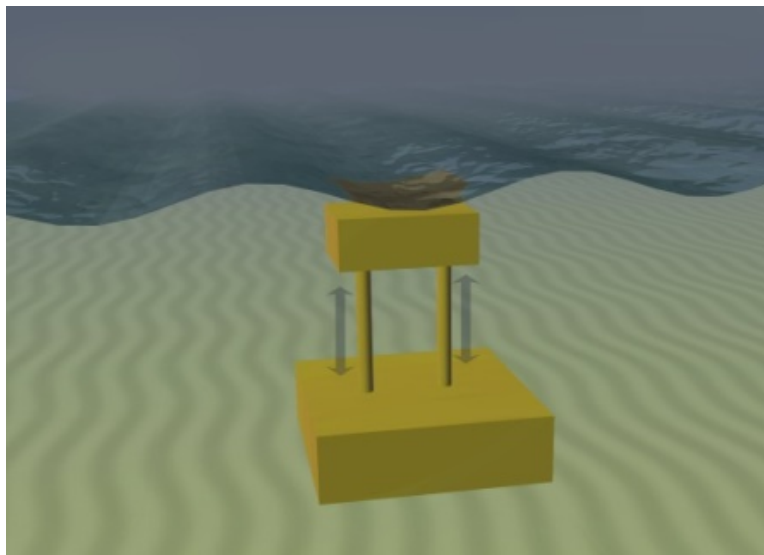
Οι συσκευές υπερπήδησης λειτουργούν με τον εγκλωβισμό νερού σε έναν ταμιευτήρα. Το ύψος του κύματος αυξάνεται συναντώντας μικρότερα βάθη στην ακτογραμμή και εισέρχεται στον ταμιευτήρα που βρίσκεται στην άκρη της. Αφού το κύμα εισέλθει στον ταμιευτήρα, περνάει από μια διατομή που φιλοξενεί μια τουρμπίνα παραγωγής ενέργειας, την οποία ενεργοποιεί με την κίνησή του διαμέσου της διατομής. Το νερό έπειτα επιστρέφει στη θάλασσα.



Σχήμα 3.5: Overtopping / Terminator Devices (www.emec.org.uk, 2023)

### 3.1.6. Submerged Pressure Differentials (Βυθισμένα Διαφορικά Πίεσης)

Οι συσκευές αυτού του τύπου είναι τοποθετημένες συνήθως σε ρηχές περιοχές και εδράζονται επί του πυθμένα της παράκτιας ζώνης. Το πλάτος του κύματος, δηλαδή η υψομετρική διαφορά μεταξύ διαδοχικής κορυφής και κοιλάδας ενός κύματος, θα δημιουργούσε αλληπάλληλες διαφορές υδροστατικής πίεσης στην επιφάνεια της κορυφής της συσκευής, καθώς περνούσε πάνω από αυτήν. Η υδροστατική πίεση εξαρτάται αποκλειστικά από το ύψος της υπερκείμενης υδάτινης στήλης. Έτσι η κίνηση αυτή των κυμάτων με διαδοχικές κορυφές και κοιλάδες, δημιουργώντας αλληπάλληλες υδροστατικές πιέσεις, κινεί μια επιφάνεια που κατεβάζει και ανεβάζει ένα έμβολο στη βάση της συσκευής. Από την κίνηση του εμβόλου έχουμε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

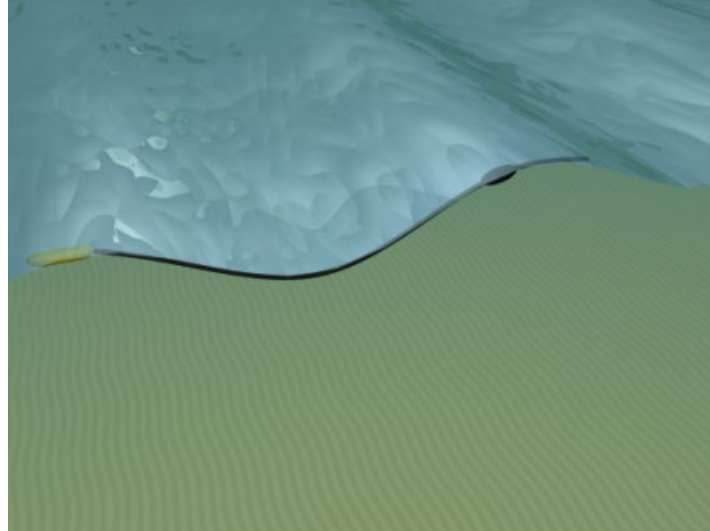


Σχήμα 3.6: Submerged Pressure Differentials (www.emec.org.uk, 2023)

### 3.1.7. Bulge Wave Devices (Συσκευές Διογκούμενου Κύματος)

Η μορφή αυτή τεχνολογίας, αποτελείται από έναν ελαστικό σωλήνα που επιπλέει και βρίσκεται αγκυροβολημένος στον πυθμένα της θάλασσας. Η φορά της συσκευής είναι παράλληλη με τη διεύθυνση διάδοσης των κυματισμών. Μια ποσότητα νερού εισέρχεται στο σωλήνα από μια είσοδο στην αρχή και μεταφέρεται σαν ένας όγκος από την αρχή έως το τέλος, μέσα στον ελαστικό σωλήνα. Με τη διέλευση του κυματισμού, ο όγκος αυτός νερού, κινείται προς το τέρμα του σωλήνα όπου βρίσκεται μια τουρμπίνα. Περνώντας μέσα

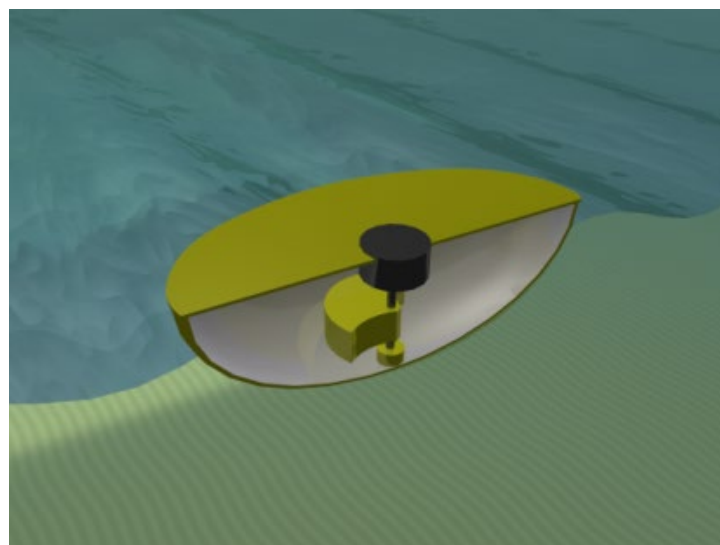
από αυτήν, παράγεται ενέργεια. Στη συνέχεια, η ποσότητα του νερού, εξέρχεται της συσκευής.



Σχήμα 3.7: Bulge Wave Devices(www.emec.org.uk, 2023)

### 3.1.8. Rotating Mass Devices (Συσκευές Περιστρεφόμενης Μάζας)

Σε αυτού του τύπου συσκευές, ένας συνήθως πλωτήρας που ανυψώνεται ή ταλαντώνεται από την κίνηση των κυμάτων προκαλεί είτε την κίνηση ενός έκκεντρου βάρους, είτε ενός γυροσκοπίου στο εσωτερικό του, με αποτέλεσμα την παραγωγή ενέργειας από κάποια ηλεκτρογεννήτρια.



Σχήμα 3.8: Rotating Mass Devices (www.emec.org.uk, 2023).

### 3.1.9. Other Types (Άλλοι Τύποι Συσκευών)

Αυτή η κατηγορία, καλύπτει εκείνες τις συσκευές που διαθέτουν έναν μοναδικό και πολύ διαφορετικό σχεδιασμό από τους υπόλοιπους καθιερωμένους μέχρι σήμερα τύπους συσκευών ή τις συσκευές των οποίων οι πληροφορίες της λειτουργίας τους δεν δύναται για διάφορους λόγους να προσδιοριστούν (www.emec.org.uk, 2023).

## 3.2 Διατάξεις εκμετάλλευσης

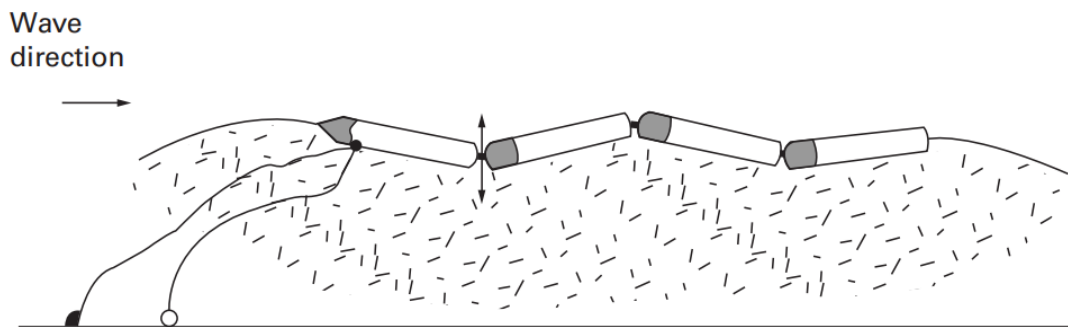
### 3.2.1. Pelamis (Attenuators - Εξασθενητές)

Οι πλωτοί εξασθενητές κυματικής ενέργειας επιπλέουν πάνω ή κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας και ανταποκρίνονται στο σχήμα των κυμάτων που προσπίπτουν σε αυτούς. Είναι αγκυροβολημένοι στο βυθό της θάλασσας, ώστε να ευθυγραμμιστούν μόνοι τους με τη μέση ροή ενέργειας των κυμάτων. Η ισχύς των επερχόμενων κυμάτων απορροφάται προοδευτικά από τη συσκευή και έτσι εξασθενεί καθώς περνάει το κύμα. Τέτοιες συσκευές έχουν μήκος συγκρίσιμο με τα μήκη κύματος της θάλασσας (δηλαδή ~150 m) και σχετικά μικρό πλάτος. Οι μηχανές Pelamis έχουν πολλές σωληνοειδείς ημι-βυθισμένες μονάδες που συνδέονται με συνδέσμους ικανούς να κινούνται με απόσβεση κάθετα και οριζόντια. Ο συντονιζόμενος δισδιάστατος σύνδεσμος επιτρέπει στην αγκυρωμένη συσκευή να έχει μεγάλο πλάτος σύλληψης. Στην πραγματικότητα, καθώς η κυματική ισχύς απορροφάται στη συσκευή, η πρόσθετη ισχύς κυμάτων αντλείται από γειτονικές περιοχές, επομένως το πλάτος λήψης είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το πλάτος της συσκευής. Η κίνηση των συνδέσμων που προκαλείται από το κύμα αντιστέκεται από ρυθμιζόμενα υδραυλικά έμβολα, τα οποία αντλούν λάδι υψηλής πίεσης μέσω υδραυλικών. Αυτοί οι υδραυλικοί κινητήρες κινούν ηλεκτρικές γεννήτριες σε κάθε ζεύξη, παράγοντας έτσι ηλεκτρική ενέργεια που μεταδίδεται από υποθαλάσσια καλώδια στην ακτή. Διάφορες συσκευές μπορούν να τοποθετηθούν σε μια συστοιχία, η καθεμία με ηλεκτρική σύνδεση σε έναν «κόμβο» από τον οποίο η ισχύς μεταδίδεται στην ακτή μέσω ενός υποθαλάσσιου καλωδίου. Ένα πρωτότυπο χωρητικότητας 750 kW, μήκους 150 μέτρων με τέσσερις μονάδες διαμέτρου 3,5 μέτρων, εγκαταστάθηκε το 2004 στην ανοικτή θάλασσα του κύριου νησιού του συμπλέγματος Orkney, στη βόρεια Σκωτία ως η πρώτη υπεράκτια γεννήτρια κυμάτων στον κόσμο συνδεδεμένη σε ένα δίκτυο κοινής ωφέλειας (Twidell και Weir, 2015).



Σχήμα 3.9: Pelamis P2, εικόνα από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Θαλάσσιας Ενέργειας (www.emec.org.uk, 2023).

Αυτό το πρωτότυπο μηχάνημα αναπτύχθηκε σε μοντέλο P2 παρόμοιου μεγέθους και χωρητικότητας. Σε χρήση σε μέτριες θαλάσσιες συνθήκες με «κανονικά» (δηλαδή ακανόνιστα) κύματα, η ηλεκτρική ισχύς εξόδου φτάνει τα 400 kW σε ριπές και κατά μέσο όρο περίπου 270 kW. Η ανάπτυξη της Pelamis προχωρά σε συστοιχίες κυματικής ενέργειας περίπου 15 μηχανημάτων P2, ισχύος ~10 MW (Twidell και Weir, 2015).



Σχήμα 3.10: Σκαρίφημα της συσκευής Pelamis σε λειτουργία (Twidell και Weir, 2015).

Πρόκειται για τον πρώτο υπεράκτιο εξασθενητή κυμάτων και τοποθετείται σε βάθη μεγαλύτερα των 50 μέτρων, δηλαδή σε 2 έως 10 km από την ακτή (Λαμκάι et al., 2018).

Τον Σεπτέμβριο του 2008 πλοηγήθηκαν τρεις συσκευές Pelamis πρώτης γενιάς 5 χιλιόμετρα από την ακτή της πόλης Povoas de Varzim της Πορτογαλίας. Με συνολική εγκατεστημένη ισχύ ίση με 2,25 MW θεωρήθηκε το πρώτο πάρκο αξιοποίησης της κυματικής ενέργειας σε εμπορική κλίμακα (Αγόρης, 2018).

Ένας πίνακας ισχύος είναι ένας πίνακας με άξονα σημαντικό ύψος κύματος, περίοδο αιχμής και αντίστοιχη τιμή που δηλώνει την παραγωγή ενέργειας των συσκευών. Αυτό συχνά



παρουσιάζεται ως η ενεργειακή απόδοση από κύμα σε καλώδιο της συσκευής. Αυτό παρέχει μια λογική ένδειξη της ενέργειας που εξάγεται από το προσπίπτον πεδίο κυμάτων. Καθώς τα WEC δεν είναι 100% αποδοτικά, αυτή η τιμή δεν αντιπροσωπεύει την πραγματική δέσμευση ενέργειας από τη θάλασσα και θα παρέχει μια υποεκτίμηση των αλληλεπιδράσεων των συσκευών κυμάτων. Ο πιο συχνά αναφερόμενος πίνακας ισχύος είναι αυτός της συσκευής Pelamis P-750 (που φαίνεται στο Πίνακα 19) όπου η εξαγωγή ισχύος είναι σε kW. Αυτός ο πίνακας δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας ένα πειραματικά επικυρωμένο μοντέλο που προέβλεπε την απόδοση της συσκευής από ένα παραμετροποιημένο φάσμα κύματος Pierson-Moskowitz κλασική συσκευή Pelamis P2 (Greenwood, 2015).

**Πίνακας 3.1:** Ισχύς από τη συσκευή Pelamis P-750 (Xanthakis et al. 2017).

		Energy period $T_e$ (s)																	
		5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	
Significant wave height $H_{m0}$ (m)	0.5	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	
	1.0	idle	22	29	34	37	38	38	37	35	32	29	26	23	21	idle	idle	idle	
	1.5	32	50	65	76	83	86	86	83	78	72	65	59	53	47	42	37	33	
	2.0	57	88	115	136	148	153	152	147	138	127	116	104	93	83	74	66	59	
	2.5	89	138	180	212	231	238	238	230	216	199	181	163	146	130	116	103	92	
	3.0	129	198	260	305	332	340	332	315	292	266	240	219	210	188	167	149	132	
	3.5	–	270	354	415	438	440	424	404	377	362	326	292	260	230	215	202	180	
	4.0	–	–	462	502	540	546	530	499	475	429	384	366	339	301	267	237	213	
	4.5	–	–	544	635	642	648	628	590	562	528	473	432	382	356	338	300	266	
	5.0	–	–	–	739	726	731	707	667	670	607	557	521	472	417	369	348	328	
	5.5	–	–	–	750	750	750	750	750	737	667	658	586	530	496	446	395	355	
	6.0	–	–	–	–	750	750	750	750	750	750	711	633	619	558	512	470	415	
	6.5	–	–	–	–	750	750	750	750	750	750	750	743	658	621	579	512	481	
	7.0	–	–	–	–	–	750	750	750	750	750	750	750	750	750	676	613	584	525
	7.5	–	–	–	–	–	–	750	750	750	750	750	750	750	750	750	686	622	593
	8.0	–	–	–	–	–	–	–	750	750	750	750	750	750	750	750	750	690	625

### 3.2.2. Power Buoy 3 (Point Absorbers - Σημειακοί Απορροφητές)

Κατηγορία συσκευών που εμφανίζουν δυνατότητα αλληλεπίδρασης με κύματα όλων των κατευθύνσεων. Ενεργή στον χώρο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι και η εταιρία Ocean Power Technology (OPT), των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (ΗΠΑ). Η τεχνολογία της, PowerBuoy, χρησιμοποιείται εσχάτως σε θαλάσσιες εκτάσεις κυρίως της Αυστραλίας, των ΗΠΑ και της Ιαπωνίας.

Τα μοντέλα της ανήκουν στην κατηγορία των πλωτών μετατροπέων και αποτελούνται από έναν πλωτήρα, μία δοκό και ένα βυθισμένο πιάτο ανύψωσης. Η δοκός και το πιάτο δεν ανταποκρίνονται στα κύματα και παραμένουν σταθερά σε αντίθεση με τον πλωτήρα ο οποίος κινείται κατακόρυφα εφόσον επιπλέει κάθε στιγμή στην επιφάνεια. Η σχετική κίνηση του πλωτήρα ως προς την δοκό οδηγεί στην παραγωγή ‘γραμμικής’ ενέργειας που μετατρέπεται σε περιστροφική μέσω ειδικών μηχανισμών στο εσωτερικό της δοκού. Αυτήν αξιοποιεί η γεννήτρια ηλεκτρισμού και ενεργοποιείται άμεσα. Το προϊόν αυτής της διαδικασίας μεταφέρεται στην ακτή μέσω υποθαλάσσιων καλωδίων αφού οι μετατροπείς αγκυροβολούνται σε μεγάλη απόσταση από την στεριά με βάθος μεγαλύτερο των 40 m.

Η διάμετρος του πλωτήρα ισούται με 2,65 m ενώ της δοκού με 1 m και το συνολικό ύψος της κατασκευής υπολογίστηκε στα 13,3 m, ενώ το βάρος της φτάνει τους 8,3 t. Συνολικά παράγει σε καθημερινή βάση περίπου 8,4 kWh ενώ η ενσωματωμένη μπαταρία του έχει χωρητικότητα 50 kWh, και μπορεί να φτάσει μέχρι τις 150 kWh (Αγόρης, 2018).



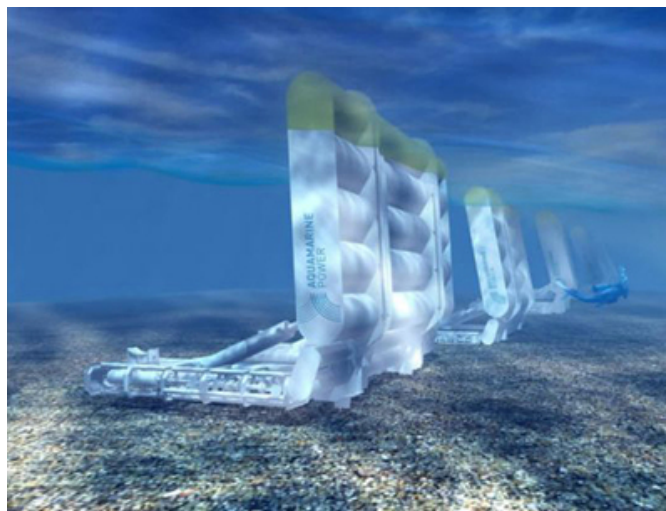
Σχήμα 3.11: Power Buoy 3 (oceanpowertechologies.com/, 2023).

### 3.2.3. Oyster (Oscillating Wave Surge Conv.-Ταλαντευόμενοι Μετατροπείς Κύματος)

Μια εναλλακτική μέθοδο εξαγωγής ενέργειας από τους κυματισμούς επιχείρησε να προωθήσει, μέσω της διάταξης Oyster, η εταιρεία Aquamarine που εδράζεται στο Εδιμβούργο. Η απόδοση της συγκεκριμένης συσκευής εξαρτάται από την παλινδρομική κίνηση ενός βυθισμένου πτερυγίου. Η ενέργεια των εισερχόμενων και εξερχόμενων κυμάτων θέτει σε κίνηση το πτερύγιο ενεργοποιώντας με τον τρόπο αυτόν τα έμβολα με τα

οποία είναι εξοπλισμένη η συσκευή. Τα έμβολα αντλούν υψηλής πίεσης νερό μέσω υποθαλάσσιων αγωγών στον υδροηλεκτρικό σταθμό στην στεριά. Σε αυτόν ολοκληρώνεται η μετατροπή της γραμμικής ενέργειας σε περιστροφική αρχικά, με την διέλευση του νερού από υδροστρόβιλους και τελικά, σε ηλεκτρισμό με την βοήθεια ηλεκτρικών γεννητριών (Αγόρης, 2018).

Η συσκευή συνήθως εγκαθίσταται σε παράκτιες περιοχές σε βάθη 10-15 μέτρων και απόσταση 0,5-1 χιλιόμετρο από την ακτή. Η πρώτη μεγάλης κλίμακας συσκευή αυτού του τύπου ήταν το Oyster 1 ονομαστικής ισχύος 315 kW το οποίο εγκαταστάθηκε το 2009 στην περιοχή του Ευρωπαϊκού Κέντρου Θαλάσσιας Ενέργειας για έρευνα και ανάπτυξη. Οι 6000 ώρες λειτουργίας του Oyster 1 έδωσαν αρκετά στοιχεία στην κατασκευάστρια εταιρεία ώστε να προχωρήσει στην ανάπτυξη του Oyster 800. Ο δεύτερης γενιάς μετατροπέας κυματικής ενέργειας Oyster 800 εγκαταστάθηκε επίσης στην περιοχή του Ευρωπαϊκού Κέντρου Θαλάσσιας Ενέργειας το 2012. Αποτελείται από ένα αρθρωτό πτερύγιο πλάτους 26m και ύψους 12m και έχει ονομαστική ισχύ 800 kW. Στο Oyster 800 η κυματική ενέργεια μετατρέπεται σε περιστροφική ενέργεια ενός υδροστροβίλου Pelton (Νταβαλης, 2016).



Σχήμα 3.12: AquaMarine Oyster (www.oleo.co.uk, 2023).

#### 3.2.4. Limpet (Oscillating Water Column - Ταλαντευόμενη Στήλη Νερού)

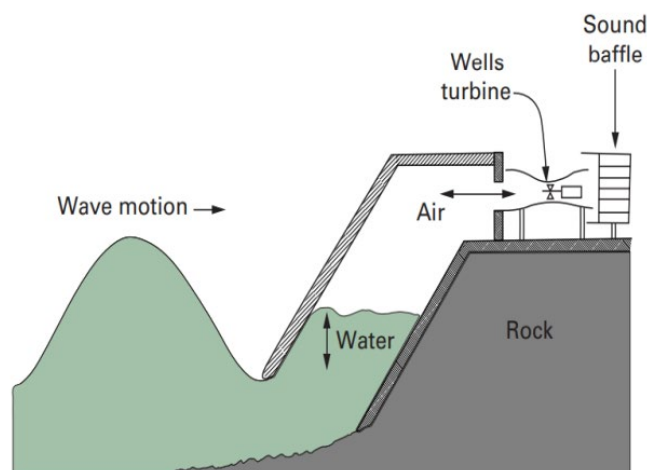
Τα κύματα περνούν σε μια μερικώς βυθισμένη κοιλότητα ανοιχτή κάτω από το νερό, έτσι ώστε μια στήλη νερού να ταλαντώνεται πάνω και κάτω στην κοιλότητα. Αυτό προκαλεί μια ταλαντωτική κίνηση στον αέρα πάνω από τη στήλη, η οποία μπορεί να συνδεθεί με την ατμόσφαιρα μέσω αεριοστρόβιλου συνδεδεμένου σε γεννήτρια ηλεκτρικής ενέργειας. Ο

στρόβιλος που χρησιμοποιείται συνήθως είναι ένας στρόβιλος Wells, ο οποίος μόλις ξεκινήσει συνεχίζει να περιστρέφεται προς την ίδια κατεύθυνση όποια και αν είναι η κατεύθυνση της ροής αέρα. Επομένως, η παραγωγή συνεχίζεται χωρίς διακοπή, αλλά με ποικίλο εύρος ισχύος. Μια αναπτυσσόμενη συσκευή αυτού του είδους που συνδέεται με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας λειτούργησε στο νησί Islay της Σκωτίας τη δεκαετία του 1990 για αρκετά χρόνια, χωρίς ζημιές αλλά με ισχύ εξόδου μικρότερη από την αναμενόμενη.

Με βάση αυτή την εμπειρία, μια μεγαλύτερη και πιο αποτελεσματική συσκευή σχεδιάστηκε και ονομάστηκε «Limpet» (Land Installed Marine Power Energy Transmitter) από τα οστρακοειδή με αυτό το όνομα που φημίζονται για τη σταθερή τους πρόσδεση σε βράχους.

Ο γενικός σχεδιασμός του Limpet επιτρέπει δύο γεννήτριες στρόβιλου Wells 250 kW τοποθετημένες παράλληλα, αλλά στο Islay η τοποθεσία ταίριαζε μόνο με ένα από αυτά τα συστήματα ισχύος 250 kW, το οποίο συνέχισε να εξάγει ενέργεια στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας από το 2000.

Ένα πλεονέκτημα της χρήσης μιας στήλης ταλαντευόμενου νερού για την εξαγωγή ισχύος είναι ότι η ταχύτητα του αέρα αυξάνεται με ομαλή μείωση της διατομής του καναλιού που οδηγεί στον στρόβιλο. Αυτό συνδυάζει την αργή κίνηση των κυμάτων με τη γρήγορη περιστροφή του στρόβιλου χωρίς μηχανικά γρανάζια. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι η ηλεκτρική γεννήτρια απέχει σημαντικά σε απόσταση από τη στήλη του αλατούχου νερού. Το δομικό σχήμα και το μέγεθος καθορίζουν τη συχνότητα απόκρισής του, με κάθε μορφή και μέγεθος κοιλότητας να ανταποκρίνεται καλύτερα σε κύματα συγκεκριμένης συχνότητας (Twidell και Weir, 2015).

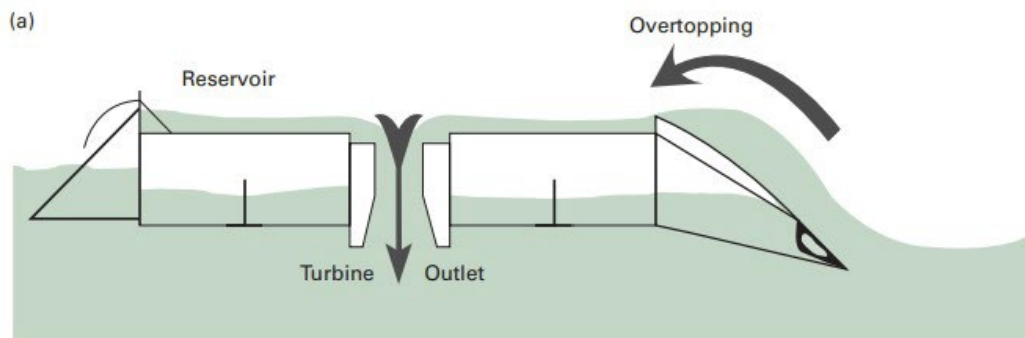


Σχήμα 3.13: Σκαρίφημα λειτουργίας της Συσκευής (Twidell και Weir, 2015).

### 3.2.5. Wave Dragon (Overtopping - Terminator Devices Συσσκευές Υπερπήδησης)

Η Wave Dragon αναπτύχθηκε στην Δανία, που έχει μια ακτογραμμή στην Βόρεια Θάλασσα που έχει μικρότερο ενεργειακό απόθεμα κυματικής ενέργειας από τον Ατλαντικό Ωκεανό. Χρησιμοποιεί τη μέθοδο της υπέρβασης με ολόκληρη τη δομή να επιπλέει στη θάλασσα. Τα κύματα υπερβαίνουν το ύψος της συσκευής και μπαίνουν σε μια δεξαμενή, εκ της οποίας εξέρχονται διαμέσου στροβιλογεννητριών. Στις πρότυπες κατασκευές χρησιμοποιήθηκαν τουρμπίνες Kaplan.

Τα κύματα αντανακλώνονται και συγκεντρώνονται στην περιοχή υπερπήδησης από κοίλα «φτερά» που αποτελούν μέρος της πλωτής δομής και επίσης δίνουν στη δομή μεγαλύτερη σταθερότητα, η οποία είναι σημαντική στις ανεπτυγμένες καταιγίδες. Μετά την επιτυχημένη ανάπτυξη του πρωτότυπου στα ανοιχτά της Δανίας, μια συσκευή χωρητικότητας 7 MW επρόκειτο να λειτουργήσει στη δυτική ακτή της Ουαλίας. Το άνοιγμα των πτερυγίων είναι 300m στην εμπορική κλίμακα της συσκευής. Το ύψος της κορυφής της δεξαμενής είναι σχεδιασμένο να πιάνει το μέσο ύψος κύματος της περιοχής ώστε να βελτιστοποιείται η παραγωγή κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου. Η εκτεταμένη δομή βελτιώνει τη σταθερότητα σε καταστάσεις θαλασσοταραχής. Το περιορισμένο βάθος της πλωτής κατασκευής και το περιορισμένο ύψος της δεξαμενής, επιτρέπουν την ενέργεια μεγάλων κυμάτων καταιγίδας να περνάνε πάνω ή κάτω από την κατασκευή (Twidell και Weir, 2015).



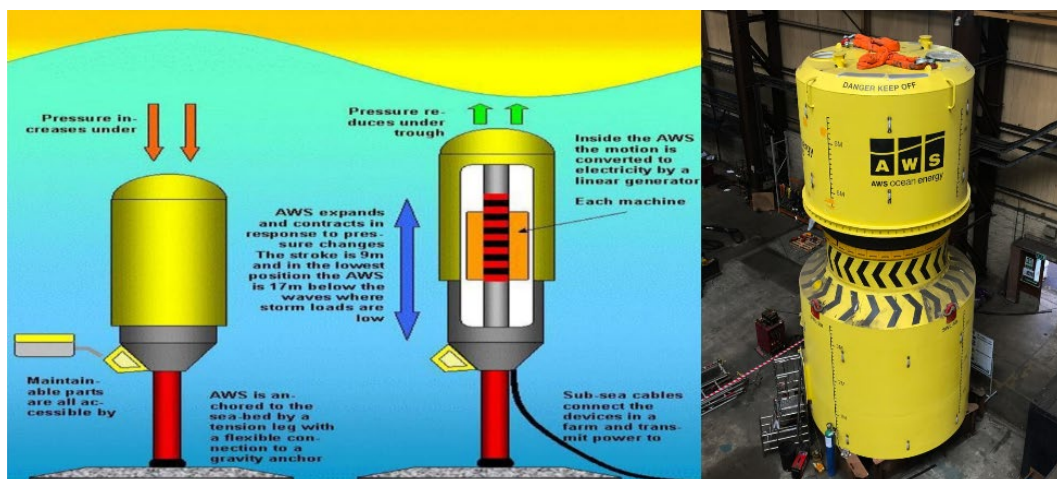
Σχήμα 3.14: Σκαρίφημα λειτουργίας και φωτογραφία του WaveDragon (Twidell και Weir, 2015).

### 3.2.6. Archimedes WaveSwing - AWS (Submerged Pressure Differentials - Βυθισμένα Διαφορικά Πίεσης)

Ένα καλό παράδειγμα υλοποίησης της σχεδίασης των βυθισμένων μετατροπέων διαφορικής υδροστατικής πίεσης, είναι η AWS (Archimedes Wave Swing). Μέθοδος που



επινοήθηκε από τον F. Gardener και αναπτύχθηκε από το 1995 από την Σκωτσέζικη εταιρεία AWS Ocean Energy Ltd. Με συνεχόμενη μέση παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έως και 1MW. Ο μετατροπέας AWS είναι ένα πλωτό σώμα κυλινδρικού σχήματος δεμένο στον πυθμένα της θάλασσας σε βάθη 40-100m. Αποτελείται από διατάξεις κατακόρυφων θαλάμων συνδεδεμένων μεταξύ τους, οι οποίοι πληρούνται με αέρα και βρίσκονται εγκατεστημένοι κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Στο άνω μέρος κάθε θαλάμου υπάρχει ένας κινούμενος πλωτήρας, υπολογισμένος ώστε να διατηρείται σε ισορροπία, πιεζόμενος από το βάρος της στήλης νερού πάνω από αυτόν. Όταν πάνω από έναν θάλαμο φθάσει η κορυφή ενός κύματος, ο πλωτήρας πιέζεται προς τα κάτω από το πρόσθετο βάρος της στήλης νερού, πιέζοντας με την σειρά του μέσω ενός εμβόλου τον αέρα του θαλάμου κάτω από αυτόν. Ο πεπιεσμένος αέρας διοχετεύεται σε άλλον θάλαμο και ο πλωτήρας κατέρχεται. Η διαδικασία αυτή αντιστρέφεται όταν πάνω από τον θάλαμο διέλθει η κοιλία του κύματος, οπότε και ο πλωτήρας ανέρχεται. Η παλινδρομική κίνηση των πλωτήρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κίνηση ηλεκτρογεννητριών. Οι συνδεδεμένοι θάλαμοι απέχουν απόσταση 40m μεταξύ τους. Ένα πρωτότυπο του συγκεκριμένου μηχανισμού κατασκευάστηκε υπό κλίμακα 1:20 και δοκιμάστηκε επιτυχημένα στο Ευρωπαϊκό Θαλάσσιο Ενεργειακό Κέντρο (EMEC) στο Orkney της Σκωτίας. Επιπλέον παρόμοιος μηχανισμός πλήρους κλίμακας έχει εγκατασταθεί από το 2004 στις ακτές της Πορτογαλίας με συνολική ισχύ 2MW (Δημομελετης, 2019).



**Σχήμα 3.15:** Αριστερά διαδικασία λειτουργίας της Archimedes WaveSwing (Δημομελετης, 2019). Δεξιά φωτογραφία μονάδας Archimedes WaveSwing (awsocan.com, 2023).



### 3.2.7. Anaconda (Bulge Wave)

Η συσκευή Anaconda αποτελεί έναν πλωτό εύκαμπτο σωλήνα, γεμάτο νερό, ο οποίος βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και είναι αγκυρωμένος στον πυθμένα της στα 2-3 km μακριά από την ακτή. Κάθε συσκευή είναι τοποθετημένη κατά μέτωπο με τα επερχόμενα κύματα, χρησιμοποιώντας την κίνηση τους για να οδηγήσει ένα στρόβιλο. Οι διακυμάνσεις της πίεσης που οφείλονται σε εξωτερικά κύματα δημιουργούν διογκώσεις σε αυτόν τον σωλήνα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Τζιβιλογλου, 2019).

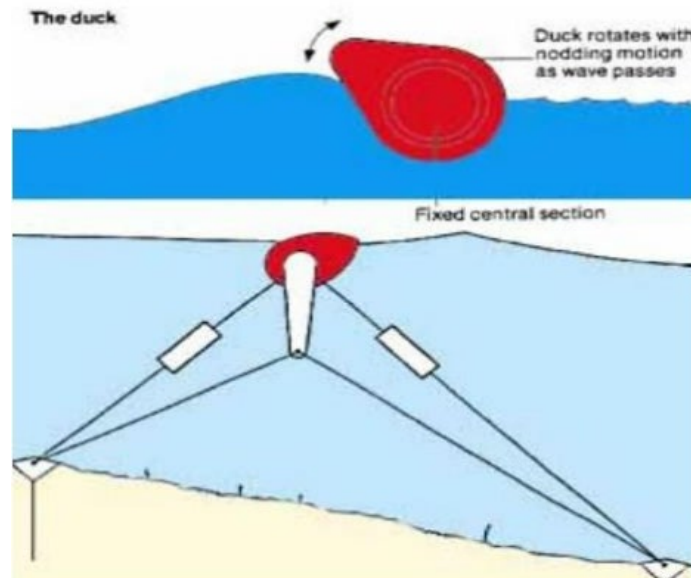
Το σύστημα Anaconda εφευρέθηκε το 2005 από την εταιρία CheckMate SeaEnergy Limited. Η τεχνολογία της συγκεκριμένης συσκευής αποτελείται από ένα μακρύ σωλήνα καουτσούκ, επενδυμένου με πολυμερές, το οποίο βοηθάει στην αντοχή του σωλήνα από διάβρωση λόγω του νερού του ωκεανού. Στο άκρο του σωλήνα υπάρχει μια τουρμπίνα, μια βαλβίδα και ένας συσσωρευτής τα οποία συμβάλλουν στο να εξομαλυνθεί η ροή του νερού και να κάνει την παραγόμενη ενέργεια πιο σταθερή περνώντας μέσα από την τουρμπίνα. Καθώς το νερό διέρχεται μέσα από το σωλήνα η κινητική ενέργεια αποθηκεύεται στην επιφάνεια του μετατροπέα και διέρχεται κατά μήκος της συσκευής. Λόγω του υλικού η συσκευή έχει λιγότερο βάρος σε σχέση με άλλες. Μέχρι στιγμής δεν έχει εγκατασταθεί καμία πλήρης διάταξη τέτοιου είδους. Η πραγματική του διάσταση αναμένεται να έχει 7 μέτρα διάμετρο και μήκος 150 μέτρα περίπου, ενώ μπορεί να τοποθετηθεί σε βάθος 40-100 μέτρων. Το συγκεκριμένο σύστημα αναμένεται να παράγει κατά μέσο όρο 1MW ισχύος με μέγιστη τιμή τα 3 MW. Το μπροστινό της μέρος αγκυροβολείται στον πυθμένα της θάλασσας με το υπόλοιπο τμήμα να επιπλέει. Η Anaconda έχει μέγιστη ισχύ σε νερό, του οποίου η μέση ετήσια προσπίπτουσα ισχύς κύματος είναι τουλάχιστον 50kW/m (Αραπογλου, 2015).



Σχήμα 3.16: Προσομοίωση διάταξης Anaconda (www.checkmateukseaenergy.com, 2023).

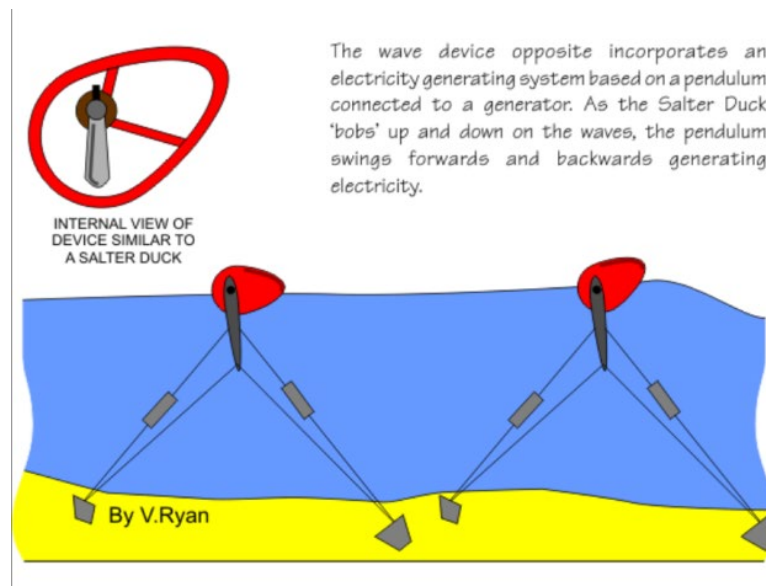
### 3.2.8. Salter's Duck (Rotating Mass - Συσκευές Περιστρεφόμενης Μάζας)

Το σημείο καμπής που ώθησε πραγματικά την έρευνα της κυματικής ενέργειας σε αρκετές χώρες ήταν η δημοσίευση, το 1974, ενός άρθρου στο ευρέως γνωστό επιστημονικό περιοδικό Nature από τον καθηγητή Stephen Salter του Πανεπιστημίου του Εδιμβούργου. Το έργο αυτό ήρθε ως απάντηση στην πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του 1970 και ο Stephen Salter έμεινε γνωστός στην ιστορία ως πατέρας της κυματικής ενέργειας. Η ιδέα του, ένα πλωτό έκκεντρο σώμα, γνωστό ως πάπια Salter (Salter's Duck), εξακολουθεί να είναι φημισμένο ως ένα από τα πιο αποτελεσματικά στην απορρόφηση ενέργειας από τα κύματα (Γκαρακλωβα και Χοτζογλου, 2019).

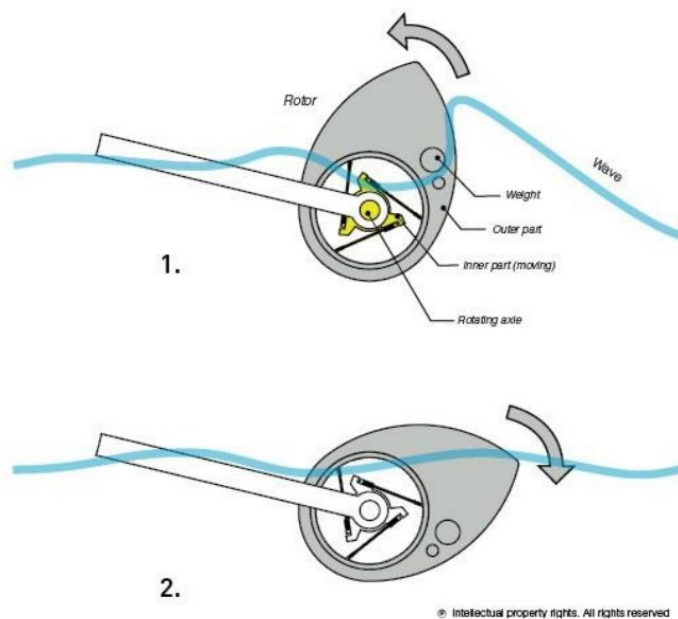


Σχήμα 3.17: Διάταξη Salter's Duck (Λαμκαί et al., 2018).

Πρόκειται για μια κυματική διάταξη όπου η δράση των κυμάτων περιστρέφει γυροσκοπία που υπάρχουν στο εσωτερικό της συσκευής (με απόδοση 90%), και στην συνέχεια μέσω της γεννήτριας γίνεται μετατροπή της περιστροφικής κινητικής ενέργειας σε ηλεκτρική (με απόδοση 90%), άρα η συνολική απόδοση είναι 81% (Λαμκαί et al., 2018).



Σχήμα 3.18: Διάταξη Salter's Duck (Λαμκαί et al., 2018).



Σχήμα 3.19: Διάταξη Salter's Duck (Λαμκαί et al., 2018).

Η συσκευή έχει κατάλληλο σχήμα για μέγιστη απόληψη ισχύος. Το πίσω μέρος είναι κυκλικό ώστε όταν ταλαντώνεται περί τον άξονα να μην προάγεται κανένας κυματισμός πίσω από τη συσκευή και έτσι επιτυγχάνεται υψηλή απόδοση. Εκτιμάται ότι η απόδοση διατηρείται υψηλή (άνω του 60%) για περιόδους από 2 έως 10 sec. Μια μακρά σειρά (40

με 50) από σημαδούρες έκκεντρου σχήματος αγκυροβολείται κάθετα στη διεύθυνση του κύματος. Η γεννήτρια του, στεγάζεται στα σταθερά αγκυροβόλια (Πολυζακης, 2020).

**Πίνακας 3.2:** Ισχύς από τη συσκευή Salter's Duck (Yazdi et al., 2023).

Significant Wave Height	Wave Period (s)												
	T=3	T=4	T=5	T=6	T=7	T=8	T=9	T=10	T=11	T=12	T=13	T=14	T=15
H=1.0m	165	171	186	125	71	48	37	29	25	23	22	24	28
H=1.5m	345	273	436	291	159	106	84	64	56	50	48	52	59
H=2.0m	557	502	767	559	279	183	141	114	96	87	82	87	97
H=2.5m	-	719	1180	876	430	278	206	174	145	133	124	128	143
H=3.0m	-	1002	1662	1193	606	391	280	237	202	186	172	177	198
H=3.5m	-	1254	2191	1510	798	518	361	311	267	244	229	235	257
H=4.0m	-	-	2748	1827	1001	657	451	395	339	285	292	297	320

## 4. Αξιοποίηση Πειραματικών Διατάξεων - Downscaling

Η μέθοδος downscaling του Froude είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται στη δυναμική των ρευστών για να αναφέρεται στη διαδικασία μείωσης του μεγέθους ενός φυσικού μοντέλου ή πρωτοτύπου διατηρώντας τον ίδιο αριθμό Froude. Ο αριθμός Froude είναι μια αδιάστατη παράμετρος που περιγράφει τον λόγο των αδρανειακών δυνάμεων προς τις δυνάμεις βαρύτητας σε μια ροή ρευστού. Χρησιμοποιείται συνήθως για τη μείωση μοντέλων σε δοκιμές πλοίων ή δεξαμενών κυμάτων, όπου ο στόχος είναι να αναπαραχθεί με ακρίβεια η συμπεριφορά ενός συστήματος πλήρους κλίμακας σε ένα μοντέλο μικρότερης κλίμακας. Κάνοντας downscaling με τη μέθοδο Froude, το μοντέλο μπορεί να αναπαραστήσει με ακρίβεια τα χαρακτηριστικά ροής και τη δυναμική του μεγαλύτερου συστήματος (Giannini et al., 2020).

Η μείωση της κλίμακας του Froude είναι απαραίτητη σε ορισμένα πειράματα ή προσομοιώσεις για διάφορους λόγους, οι σημαντικότεροι από τους οποίους αναφέρονται παρακάτω:

- Κόστος και αποδοτικότητα πόρων:  
Η κατασκευή και η δοκιμή μοντέλων πλήρους κλίμακας μπορεί να είναι δαπανηρή και χρονοβόρα. Με τη μείωση μέσω της κλίμακας του Froude, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μοντέλα μικρότερης κλίμακας, τα οποία απαιτούν λιγότερους πόρους και είναι πιο οικονομικά.
- Προσβασιμότητα:  
Οι εγκαταστάσεις δοκιμών μεγάλης κλίμακας ενδέχεται να μην είναι άμεσα διαθέσιμες ή προσβάσιμες σε ερευνητές ή μηχανικούς. Η μείωση μέσω της κλίμακας Froude επιτρέπει τη διεξαγωγή πειραμάτων σε εγκαταστάσεις μικρότερης κλίμακας που είναι πιο προσβάσιμες.
- Ασφάλεια:  
Η δοκιμή συστημάτων μεγάλης κλίμακας σε πραγματικές συνθήκες μπορεί να εγκυμονεί σημαντικούς κινδύνους για την ασφάλεια. Η μείωση μέσω της κλίμακας Froude επιτρέπει τη διενέργεια δοκιμών σε ελεγχόμενο περιβάλλον, μειώνοντας τους πιθανούς κινδύνους.
- Χρονική απόδοση:  
Η διεξαγωγή πειραμάτων σε μοντέλα μικρότερης κλίμακας επιτρέπει ταχύτερες δοκιμές και συλλογή δεδομένων. Αυτό μπορεί να επιταχύνει τη διαδικασία σχεδιασμού και βελτιστοποίησης για έργα μηχανικής.
- Επεκτασιμότητα:  
Η μείωση μέσω της κλίμακας Froude επιτρέπει την προέκταση των αποτελεσμάτων από μοντέλα μικρής κλίμακας σε συστήματα πλήρους κλίμακας. Διατηρώντας τον ίδιο αριθμό

Froude, η συμπεριφορά ροής του μοντέλου μικρότερης κλίμακας μπορεί να κλιμακωθεί με ακρίβεια για να προβλέψει τη συμπεριφορά του μεγαλύτερου συστήματος.

Συνολικά, η μείωση της κλίμακας Froude παρέχει έναν πρακτικό και αποτελεσματικό τρόπο μελέτης και κατανόησης της συμπεριφοράς των ροών ρευστού σε μειωμένα μοντέλα, τα οποία μπορούν να επεκταθούν σε μεγαλύτερα συστήματα για πρακτικές εφαρμογές (Majidi et al., 2020).

Μικρής κλίμακας μοντέλα WEC θα πρέπει να αντιπροσωπεύουν αξιόπιστα πραγματική φυσική κλίμακα. Για να επιτευχθεί αυτό, μπορεί να ακολουθηθεί μια σειρά προσεγγίσεων. Θεωρητικά, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μια προηγούμενη ανάλυση διαστάσεων για να σχεδιαστεί το κλιμακωτό μοντέλο για την εξασφάλιση ομοιοτήτων. Στην πράξη, για τη μοντελοποίηση PTO, η ανάλυση διαστάσεων μπορεί να είναι μάλλον πολύπλοκη και ακατάλληλη για εφαρμογή. Έτσι, μπορούν να εφαρμοστούν και άλλες λύσεις για το σχεδιασμό του μοντέλου, για παράδειγμα που περιλαμβάνουν την υιοθέτηση υποθέσεων και την εφαρμογή συγκεκριμένων νόμων άμεσης κλίμακας. Για να επιτευχθεί συνέπεια μεταξύ του εργαστηριακού μοντέλου και της εκδοχής του σε πραγματική κλίμακα, θα πρέπει να πληρούνται γεωμετρικές, κινηματικές και δυναμικές ομοιότητες. Εστιάζοντας στη δοκιμή υπεράκτιων δομών, μπορεί να είναι χρήσιμο να υπολογιστούν, για παράδειγμα, οι αδιάστατοι αριθμοί που αναφέρονται ως Froude (Fr), Reynolds (Re), Mach's (Mn), Weber's (Wn), Keulegan-Carpenter (KC) και Strouhall (St.), οι οποίοι αντιπροσωπεύουν λόγους δυνάμεων αδράνειας/βαρύτητας (Fr), αδράνειας/ιξώδους (Re), αδράνειας/ελαστικότητας (Mn), αδράνειας/επιφανειακής τάσης (Wn), οπισθέλκουσας/αδράνειας (KC) και τη συχνότητα απόρριψης μη διαστάσεων δίνης (St), αντίστοιχα. Οι πρώτοι δύο αδιάστατοι αριθμοί είναι οι πιο συνηθισμένοι και σχετικοί για το PTO των περιπτώσιολογικών μελετών, επομένως μόνο αυτοί καλύπτονται με ορισμένες λεπτομέρειες στη συνέχεια (Giannini et al. 2020).

Οι αριθμοί Froude και Reynolds σε σχέση με το πρωτότυπο της πραγματικής κλίμακας και την κλιμακωτή έκδοση του μοντέλου θα πρέπει να διατηρούνται όσο το δυνατόν περισσότερο σταθεροί. Η διατήρηση και των δύο αυτών αριθμών σταθερών ταυτόχρονα, δεν είναι δυνατή γιατί θα συνεπαγόταν τη χρήση ενός ρευστού που δεν υπάρχει στην πραγματικότητα, οι λύσεις μπορεί να μην είναι κατάλληλες για πρακτικές πειραματικές δοκιμές ή να είναι υπερβολικά ακριβές. Έτσι, για την πρακτική κλιμάκωση ενός WEC, θα πρέπει να δημιουργηθεί ένας συγκεκριμένος συμβιβασμός. Ο αριθμός Froude (Fr)



προκύπτει από τη Σχέση 4.1 και ο αριθμός Reynolds (Re) από τη Σχέση 4.2, που δίνονται παρακάτω:

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{gL}} \quad (4.1)$$

$$Re = \frac{\rho UL}{\mu} \quad (4.2)$$

Όπου:  $U$  = αντιπροσωπεύει τη χαρακτηριστική ταχύτητα του ρευστού,  
 $L$  = το χαρακτηριστικό μήκος της συσκευής,  
 $g$  = η επιτάχυνση της βαρύτητας,  
 $\rho$  = η πυκνότητα του ρευστού,  
 $\mu$  = ο δυναμικό ιξώδες του ρευστού

Ο αριθμός Froude (Fr) δείχνει τη σημασία των αδρανειακών δυνάμεων σε σχέση με τις δυνάμεις της βαρύτητας. Ο αριθμός Reynolds (Re), αντίθετα, παρέχει ένα μέτρο της σημασίας των αδρανειακών δυνάμεων σε σχέση με τις δυνάμεις του ιξώδους. Ανάλογα με το εύρος της πειραματικής εργασίας, είτε ο αριθμός Froude είτε ο αριθμός Reynolds διατηρείται συνήθως ανάλογος με την περίπτωση της πραγματικής κλίμακας.

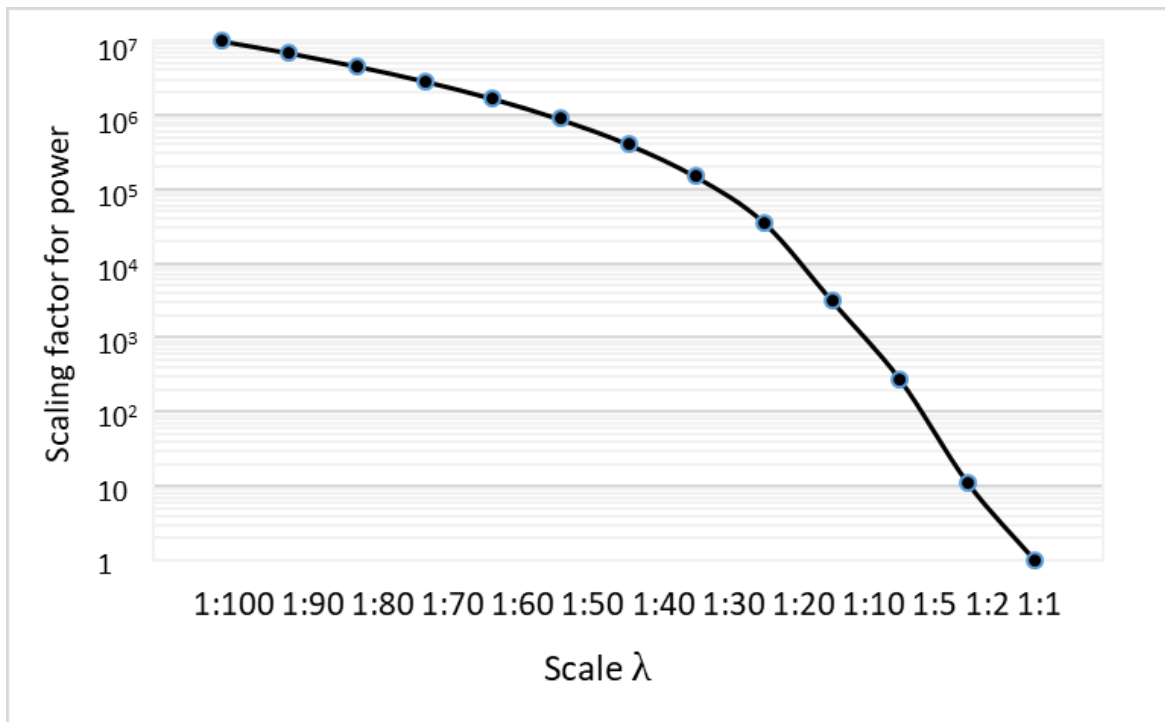
Για τη δοκιμή WEC, εάν επιλεγεί μια κατάλληλη κλίμακα, οι δυνάμεις βαρύτητας είναι συνήθως σημαντικά υψηλότερες σε σύγκριση με τις δυνάμεις ιξώδους. Ο αριθμός Reynold μπορεί να υποδεικνύει την εγκυρότητα της κλιμάκωσης Froude. Ως χονδρική ένδειξη, ένας ελάχιστος αριθμός Reynolds  $10^5$ , για την περίπτωση πραγματικής κλίμακας, υποδηλώνει καλή εφαρμογή των νόμων κλιμάκωσης Froude.

Σε τέτοιες περιπτώσεις, για πειραματικές μελέτες σε WEC, είναι κοινώς αποδεκτό να χρησιμοποιούνται κυρίως νόμοι κλιμάκωσης Froude, οι οποίοι αναφέρονται στον Πίνακα 4.1. Σε αυτόν τον πίνακα, το  $\lambda$  αντιπροσωπεύει τον γεωμετρικό παράγοντα κλιμάκωσης. Για Re χαμηλότερο από  $10^5$ , οι δυνάμεις ιξώδους μπορεί να είναι σχετικές και οι νόμοι κλιμάκωσης Froude μπορεί να μην ισχύουν άμεσα. Σε αυτή την περίπτωση, οι δυνάμεις ιξώδους μπορεί να είναι σημαντικές και πρέπει να ληφθούν με κάποιο τρόπο υπόψη, για παράδειγμα με τη βοήθεια ενός αριθμητικού μοντέλου. Να σημειωθεί ότι για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων κλίμακας μοντέλων που λαμβάνονται σε ένα εργαστήριο υδροδυναμικής με αποτελέσματα πρωτότυπων ωκεανών, απαιτείται επίσης να ληφθεί υπόψη ένας συντελεστής διόρθωσης ( $r$  = ωκεανός/δεξαμενή) που λαμβάνει υπόψη τη διαφορά πυκνότητας μεταξύ θαλασσινού νερού του ωκεανού και το γλυκό νερό της δεξαμενής κυμάτων (Giannini et al. 2020).

**Πίνακας 4.1:** Κοινοί συντελεστές μείωσης (downscaling) που χρησιμοποιούνται σε WEC (Giannini et al. 2020).

Παράμετρος	Συντελεστής Μείωσης
Γραμμική μετατόπιση	$\lambda$
Γωνιακή μετατόπιση	$\lambda^0$
Μεταφορική ταχύτητα	$\lambda^{0.5}$
Γωνιακή ταχύτητα	$\lambda^{-0.5}$
Μεταφορική επιτάχυνση	$\lambda^0$
Γωνιακή επιτάχυνση	$\lambda^{-1}$
Μάζα	$\lambda^3$
Δύναμη	$\lambda^3$
Ροπή	$\lambda^4$
Ισχύς	$\lambda^{3.5}$
Γραμμική στιβαρότητα	$\lambda^2$
Γωνιακή στιβαρότητα	$\lambda^4$
Γραμμική απόσβεση	$\lambda^{2.5}$
Γωνιακή απόσβεση	$\lambda^{4.5}$
Ύψος και μήκος κύματος	$\lambda$
Περίοδος κύματος	$\lambda^{0.5}$
Συχνότητα κύματος	$\lambda^{-0.5}$
Πυκνότητα ισχύος	$\lambda^{2.5}$

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί στον Πίνακα 4.1, οι κλίμακες ισχύος βάσει του νόμου  $\lambda^{3.5}$ , που σημαίνει ότι για μικρές κλίμακες μοντέλων ο συντελεστής πολλαπλασιασμού (που απαιτείται για τη μετατροπή τιμών εργαστηριακής κλίμακας σε ποσότητες πραγματικής κλίμακας) μπορεί να είναι πολύ μεγάλος, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1. Κατά συνέπεια, η ισχύς που παράγεται από ένα μοντέλο WEC (σε μικρή κλίμακα) είναι μια σημαντικά μικρή ποσότητα και οι αβεβαιότητες που σχετίζονται με την προσομοίωση του PTO μπορεί να στρεβλώσουν σε μεγάλο βαθμό την αναμενόμενη συμπεριφορά PTO (Giannini et al. 2020).



**Σχήμα 4.1:** Συντελεστής κλιμάκωσης Froude για ισχύ (ο κατακόρυφος άξονας έχει λογαριθμική κλίμακα) (Giannini et al. 2020).

#### 4.1 Επιλογή Πειραματικής Κλίμακας

Γενικά, πριν από την κατάληξη του τελικού σχεδιασμού ενός εμπορικού WEC, πρέπει να πραγματοποιηθεί εκτενής έρευνα με τη χρήση τόσο αριθμητικών όσο και πειραματικών δοκιμών. Τα αποτελέσματα έρευνας και ανάπτυξης πρέπει να επικυρώνονται τακτικά με δεδομένα από πειραματικές καμπάνιες που εκτελούνται σε διαφορετικές κλίμακες μοντέλων για λόγους προϋπολογισμού. Έτσι, η πειραματική εργασία είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της εγκυρότητας των υπολογισμών, των προτεινόμενων εννοιών και για την απόδειξη των λειτουργιών του συστήματος. Όπως προτείνεται από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Θαλάσσιας Ενέργειας, απαιτούνται τουλάχιστον 5 φάσεις ανάπτυξης, Πίνακας 4.2. Κατά τη διάρκεια αυτών των φάσεων, ανάλογα με το εύρος και τους διαθέσιμους οικονομικούς πόρους, μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαφορετικός τύπος συστήματος PTO (Giannini et al. 2020).

**Πίνακας 4.2:** Φάσεις ανάπτυξης WEC, προσαρμοσμένες από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Θαλάσσιας Ενέργειας (Giannini et al. 2020).

	Phase 1 Validation Model			Phase 2 Design Model	Phase 3 Process Model	Phase 4 Prototype	Phase 5 Full Size
Scale ( $\lambda$ )	1:25–100			1:10–25	1:3–10	1:2	1:1
Technology readiness level (TRL)	1–3			4–5		6–7	8–9
Testing environment	2D flume and 3D wave tanks			3D basin	Sheltered sea site (benign)	Exposed sea site	Open sea location
Duration of tests including analysis	1–3 weeks	1–3 months	1–3 months	6–12 months	6–18 months	12–36 months	1–5 years
Typical no. of tests	50–500	250–500	100–250	100–250	50–250	continuous	statistical sample
Indicative budget (€,000)	1–5	25–75	25–50	50–250	1000–2500	5000–10,000	2500–7500
Conditions to test	Regular waves Up to 5 irregular sea states tests (unidirectional)	Irregular sea states (short and long crested, multidirectional sea states)		Pilot site sea spectra Long and short crested classical seas (multidirectional sea states)	Extended test at sea to ensure all seaways are included	Full evaluation	Full evaluation
PTO system	PTO simulator			Miniaturized PTO		Real PTO	Certified PTO

Στη Φάση 1, μπορεί να υιοθετηθεί μια γεωμετρική κλίμακα ( $\lambda = 1/s$ ), π.χ. εντός της περιοχής  $\lambda = 1:25-100$ . Σε αυτό το στάδιο, ο κύριος στόχος της πειραματικής εργασίας συνήθως αφορά την απόδειξη της ιδέας, τις αρχικές προκαταρκτικές αξιολογήσεις των επιδόσεων και την επικύρωση αριθμητικών μοντέλων. Για τέτοιες κλίμακες, σπάνια, εφαρμόζεται ένα ρεαλιστικό PTO. Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιείται συνήθως ένας προσομοιωτής PTO. Αυτός ο προσομοιωτής PTO μπορεί, για παράδειγμα, να είναι ένας ηλεκτροκινητήρας που λειτουργεί ως ενεργός αποσβεστήρας με βρόχο ελέγχου ανάδρασης, μηχανικά σπασίματα ή υδραυλικούς αποσβεστήρες.

Για τις Φάσεις 2 και 3, μπορούν να χρησιμοποιηθούν κλίμακες μοντέλου ως  $\lambda = 1:3-25$ . Σε αυτή την περίπτωση, το PTO μπορεί να είναι είτε ένας προσομοιωτής είτε μια πλήρως λειτουργική γεννήτρια κλίμακας. Ωστόσο, σε αυτό το στάδιο, η καλύτερη κλίμακα για χρήση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο της προτεινόμενης τεχνολογίας και το επίπεδο τεχνολογικής ετοιμότητας (TRL). Αυξάνοντας το μέγεθος του φυσικού μοντέλου, τα αποτελέσματα κλιμάκωσης PTO είναι προοδευτικά λιγότερο σχετικά. Για κλίμακες κοντά στο (και τελικά μικρότερο από)  $\lambda = 1:25$ , ένα μικροσκοπικό PTO θα μπορούσε να είναι αντιπροσωπευτικό του αντίστοιχου της πραγματικής κλίμακας, αλλά μόνο εάν χρησιμοποιείται πειραματικός εξοπλισμός βιομηχανικής ποιότητας υψηλής ποιότητας (Giannini et al. 2020).

Στις Φάσεις 2 και 3, η ρεαλιστική συμπεριφορά του συστήματος PTO πρέπει να επικυρωθεί. Έτσι, τα ηλεκτρονικά PTO θα μπορούσαν να δοκιμαστούν, εν τέλει και με την εφαρμογή πιθανών μεθοδολογιών ελέγχου. Με αυτόν τον τρόπο, οι αναμενόμενες επιδόσεις μπορούν

να αποδειχθούν, ιδίως, χρησιμοποιώντας ακανόνιστες θαλάσσιες καταστάσεις. Σε αυτήν την περίπτωση, ίσως αξίζει επίσης να δοκιμαστεί η λειτουργία ελέγχου επιβίωσης ΡΤΟ κατά τη διάρκεια μιας σειράς ακραίων θαλάσσιων καταστάσεων. Οι Φάσεις 4 και 5 περιλαμβάνουν δοκιμές πρωτοτύπων και, ως εκ τούτου, δεν σχετίζονται πολύ με το πεδίο εφαρμογής αυτής της εργασίας.

## 4.2 Κοινές Πρακτικές – Πειραματικές Ρυθμίσεις

Ειδικότερα, σε μικρές κλίμακες, οι απώλειες τριβής εντός του συστήματος ΡΤΟ μπορεί να είναι η κύρια πηγή αβεβαιοτήτων. Οι επιδράσεις τριβής μέσα σε κινούμενα εξαρτήματα δεν είναι εύκολα κλιμακούμενες ούτε γραμμικές. Έτσι, η ανεπιθύμητη τριβή σε όλες τις περιπτώσεις πρέπει να μειωθεί στο μέγιστο. Κάθε στοιχείο της πειραματικής διάταξης πρέπει να επιλέγεται λαμβάνοντας υπόψη τη μείωση των απωλειών τριβής. Σε ολόκληρη την πειραματική εξέδρα, οι απώλειες τριβής, εάν είναι σημαντικές, μπορούν να τροποποιήσουν σημαντικά την κίνηση του WEC ακόμη περισσότερο από την αναμενόμενη απόσβεση ΡΤΟ. Για τη μείωση της τριβής μεταξύ κινούμενων εξαρτημάτων, συνιστάται η χρήση ρουλεμάν πολύ χαμηλής τριβής, όπως υδροστατικά ή κεραμικά ρουλεμάν. Επιπλέον, η επιλογή ρουλεμάν μεγαλύτερης ακτίνας θα μπορούσε να επιτρέψει περαιτέρω μείωση των απωλειών τριβής.

Υπάρχουν διαφορετικές επιλογές για την αναπαραγωγή του συστήματος ΡΤΟ σε εργαστηριακή κλίμακα. Εκτός από τη χρήση μικροσκοπικών συστημάτων ΡΤΟ, τα οποία μπορούν να είναι εφικτά σε μεγαλύτερες πειραματικές κλίμακες (μεγαλύτερη από 1:25), οι προσομοιωτές ΡΤΟ μπορεί να είναι μια εφικτή λύση. Τα τελευταία επιτρέπουν την αναπαραγωγή μιας ρεαλιστικής συμπεριφοράς ΡΤΟ, τουλάχιστον από θεωρητική άποψη, παρακάμπτοντας σφάλματα σε σχέση με απώλειες τριβής (Giannini et al. 2020).

Υπάρχουν διάφορα πλεονεκτήματα από τα φυσικά μοντέλα ΡΤΟ σε εργαστηριακή κλίμακα με τη χρήση ενεργών συστημάτων αποσβεστήρα. Η εφαρμογή τέτοιων προσομοιωτών ΡΤΟ επιτρέπει την πειραματική ευελιξία. Με τη χρήση τέτοιων επιλογών, η δύναμη ΡΤΟ μπορεί να προσαρμοστεί σε μεγάλο βαθμό σε συγκεκριμένες ανάγκες. Για παράδειγμα, ένας ενεργός προσομοιωτής ΡΤΟ μπορεί να είναι ένας ηλεκτρικός κινητήρας που λειτουργεί ως ενεργός αποσβεστήρας με βρόχο ελέγχου ανάδρασης ή ηλεκτρομαγνητικός τύπος συστήματος. Ενώ το τελευταίο είδος συστήματος απαιτεί προηγμένο ηλεκτρομηχανικό σχεδιασμό, τα συστήματα ΡΤΟ που βασίζονται στη χρήση ηλεκτρικών κινητήρων.

### 4.3 Διαδικασίες Βαθμονόμησης

Μόλις καθοριστεί μια διάταξη ΡΤΟ, απαιτείται μια ακριβής μεθοδολογία βαθμονόμησης ΡΤΟ για τη ρύθμιση και ανάλυση της δύναμης ΡΤΟ. Μέσω της βαθμονόμησης, μπορεί να ληφθεί ένα μέγεθος δύναμης κοντά στη δύναμη ΡΤΟ στόχο. Επιπλέον, η δύναμη ΡΤΟ μπορεί επίσης να χαρακτηριστεί, προσδιορίζοντας τη σχέση της με τη μετατόπιση και την ταχύτητα των κινητήριων στοιχείων ΡΤΟ. Για το σκοπό αυτό, μπορούν να εφαρμοστούν διαφορετικές μεθοδολογίες βαθμονόμησης.

Κανονικά, η βαθμονόμηση εκτελείται εκτελώντας μια σειρά ξηρών δοκιμών, οι οποίες δεν περιλαμβάνουν νερό και κύματα. Εάν είναι δυνατόν, θα ήταν καλύτερο να βαθμονομήσετε και να αξιολογήσετε τη συμπεριφορά του ΡΤΟ, πριν προσθέσετε περαιτέρω πολυπλοκότητες, που σχετίζονται με το πλήρες πρόβλημα αλληλεπίδρασης κυμάτων-δομής. Εξάλλου, σε αυτό το στάδιο, οι αισθητήρες που θα χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση του συστήματος ΡΤΟ πρέπει να είναι διαμορφωμένοι και βαθμονομημένοι με ακρίβεια. Όλες οι μονάδες ελέγχου ΡΤΟ και οι αισθητήρες θα πρέπει να ελέγχονται προκαταρκτικά, κατά προτίμηση λαμβάνοντας υπόψη τις περιστάσεις, όπως για τις πραγματικές δοκιμές, σε νερό, π.χ., συνδέσεις εξοπλισμού συλλογής δεδομένων και καταγραφικών, που θα χρησιμοποιηθούν αργότερα και ενδέχεται να καθορίσουν το θόρυβο του σήματος. Συνιστάται να εγκαθίσταται μια εξέδρα προσομοιωτή ΡΤΟ όπου είναι εγκατεστημένοι όλοι οι αισθητήρες. Η εξέδρα μπορεί να βαθμονομηθεί εκτενώς κατά τη διάρκεια των ξηρών δοκιμών και να μεταφερθεί διαδοχικά, όπως είναι, στη δεξαμενή κυμάτων για μεταγενέστερες δοκιμές, με ολόκληρο το WEC σε νερό. Ακολουθώντας αυτή την προσέγγιση, οι μεταγενέστερες τροποποιήσεις μπορούν να μειωθούν και, επομένως, η βαθμονόμηση του ΡΤΟ και των σχετικών αισθητήρων μπορεί να διατηρηθεί. Οι μεταγενέστεροι έλεγχοι βαθμονόμησης είναι πάντα ωφέλιμοι, αλλά αυτοί δεν μπορούν πάντα να γίνουν όταν το μοντέλο WEC βρίσκεται στο νερό (Giannini et al. 2020).

Τα ΡΤΟ για τα ταλαντευόμενα WEC, αρχικά, μπορούν να βαθμονομηθούν με δοκιμές βαρών πτώσης. Για παράδειγμα, εάν ο προσομοιωτής ΡΤΟ είναι ηλεκτρικός κινητήρας, μπορεί να εγκατασταθεί μια κίνηση ατέρμονα στον άξονα του κινητήρα. Τα βάρη που συνδέονται σε ένα καλώδιο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κίνηση του κινητήρα που χρησιμοποιείται ως αποσβεστήρας. Δεδομένης μιας συγκεκριμένης τιμής βάρους και της ταχύτητας πτώσης, μπορεί να συναχθεί η σταθερά απόσβεσης ΡΤΟ σε σχέση με μια συγκεκριμένη ρύθμιση (ρεύμα και τάση). Η δύναμη ΡΤΟ με αυτόν τον τρόπο μπορεί να



συντονιστεί για πολλές τιμές εντός του επιθυμητού εύρους. Ωστόσο, χρησιμοποιώντας μόνο δοκιμές πτώσης, το αποτέλεσμα της μεταβαλλόμενης φοράς περιστροφής του κινητήρα και η επιτάχυνσή του μπορεί να μην είναι επαρκείς. Για το λόγο αυτό, μπορεί να είναι σκόπιμο να πραγματοποιηθεί περαιτέρω συντονισμός ΡΤΟ με δοκιμές τύπου ταλαντώσεων. Για το σκοπό αυτό, μπορούν να προστεθούν προσωρινά στοιχεία ελατηρίου στη διάταξη της εξέδρας ΡΤΟ.

Οι ταλαντώσεις στις στοχευόμενες συχνότητες μπορούν να επιτευχθούν επιλέγοντας έναν συνδυασμό σωστών βαρών και ελατηρίων με κατάλληλη ακαμψία. Επιπλέον, για να κατανοήσουμε καλύτερα τις αβεβαιότητες που σχετίζονται με το ΡΤΟ, είναι θεμελιώδους σημασίας να εκτελούνται δοκιμές βαθμονόμησης πολλές φορές. Όσο περισσότερες επαναλήψεις γίνονται, τόσο καλύτερο επίπεδο εμπιστοσύνης μπορεί να θεωρηθεί για μεταγενέστερους υπολογισμούς της τιμής διευρυμένης αβεβαιότητας. Γενικά, για τη βαθμονόμηση συστημάτων ΡΤΟ, μπορεί να συνιστάται:

- Εξερεύνηση των τιμών στόχων της δύναμης ΡΤΟ και τα εύρη ταχυτήτων.
- Εκτός από τη γραμμική ταχύτητα, θα πρέπει να αξιολογηθεί η κίνηση ταλάντωσης του ΡΤΟ.
- Εκτέλεση όσες είναι εφικτές επαναλήψεις.
- Δοκιμή, αποσυναρμολόγηση, επανασυναρμολόγηση και δοκιμή.
- Διατήρηση της εξέδρα ΡΤΟ αμετάβλητη όταν χρειάζεται να μεταφερθεί από μια εγκατάσταση ξηρής δοκιμής στη δεξαμενή κυμάτων.
- Ενδεχομένως, καθημερινός εκ νέου έλεγχος της βαθμονόμησης των αισθητήρων (κατά τη διάρκεια πραγματικών δοκιμών στο νερό).

### 4.3 Αξιολόγηση Πειραματικών Σφαλμάτων

Οι πειραματικές πρακτικές αξιολόγησης σφαλμάτων μπορούν να χωριστούν σε άτυπες και επίσημες. Σε ανεπίσημες προσεγγίσεις, η αξιολόγηση της ακρίβειας των πειραματικών δοκιμών μπορεί να περιοριστεί στην περιγραφή των πειραμάτων, κυρίως όσον αφορά την ποιοτική σύγκριση των αποτελεσμάτων. Σε αυτήν την περίπτωση, τα πειραματικά σφάλματα μπορούν να εκτιμηθούν χονδρικά με την κρίση των ειδικών χωρίς να ακολουθηθεί μια συγκεκριμένη τυπική μέθοδος (Giannini et al. 2020).

Μια γνώμη/αξιολόγηση εμπειρογνομώνων μπορεί να βασίζεται σε προηγούμενη εμπειρία ή παρατηρήσεις. Τέτοιες ανεπίσημες προσεγγίσεις μπορούν να αναφέρονται με περιγραφή της μεθοδολογίας που εφαρμόζεται και μπορεί να ισχύουν μόνο για συγκεκριμένα πειράματα για τα οποία δεν εφαρμόζονται τυπικές διαδικασίες εκτίμησης σφαλμάτων ή δεν μπορούν να εντοπιστούν (π.χ. νέες έννοιες ΡΤΟ). Αυτό το είδος προσέγγισης μπορεί να υιοθετηθεί για τα αρχικά στάδια της έρευνας, για παράδειγμα, όταν διερευνάται η απόδειξη της ιδέας και γίνονται μόνο χονδροειδείς υπολογισμοί.

Καθώς οι άτυπες προσεγγίσεις για την εκτίμηση των σφαλμάτων θα μπορούσαν να εξαρτώνται πολύ από την ατομική επίγνωση, αυτές μπορεί να μην είναι πάντα καλά αποδεκτές σε πιο προχωρημένα στάδια ανάπτυξης. Οι επίσημες μέθοδοι ανάλυσης αβεβαιότητας θα πρέπει να προτιμώνται από τις ανεπίσημες προσεγγίσεις. Θα μπορούσε να είναι καλή πρακτική να συμπεριληφθεί μια ενότητα πλήρους ανάλυσης αβεβαιότητας σε μια αναφορά ή δημοσίευση για την υποστήριξη των πειραματικών αποτελεσμάτων. Τα διαστήματα εμπιστοσύνης σε σχέση με άμεσες και έμμεσες, εμπειρικές μετρήσεις μπορούν να αναφέρονται σε ανεξάρτητους πίνακες ή/και ως ράβδους σφάλματος μέσα σε γραφήματα πειραματικών αποτελεσμάτων.

## 5. Πειραματική Διάταξη

### 5.1 Εισαγωγή

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας έλαβε χώρα, πείραμα σε διάταξη παραγωγής κυμάτων. Η διάταξη έχει τη δυνατότητα να παράγει κύματα, να καταγράφει το ύψος και την περίοδο τους σε πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή με βάση προκαθορισμένο χρονικό βήμα. Η διάταξη έχει τη δυνατότητα να μπορεί να δεχτεί πειραματικά ομοιώματα τα οποία προσομοιάζουν τους πλέον γνωστούς τρόπους παραγωγής κυματικής ενέργειας. Επιπλέον, η διάταξη διαθέτει αισθητήρες με τη βοήθεια των οποίων μπορεί να εκτιμηθεί η παραγόμενη ενέργεια.

Ειδικότερα, η διάταξη διαθέτει ομοιώματα για τις εξής μεθόδους:

- i. Μέθοδο πλωτής σημαδούρας (Σχήμα 5.1)
- ii. Μέθοδο ταλαντευόμενης στήλης νερού (Σχήμα 5.2)
- iii. Μέθοδο Pelamis.
- iv. Μέθοδο κωνικού καναλιού.
- v. Μέθοδο Salter's Duck.

Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας επιλέχθηκε να γίνουν πειράματα με τις μεθόδους Pelamis και Salter's Duck.



Σχήμα 5.1: Ομοίωμα μεθόδου Pelamis.



Σχήμα 5.2: Ομοίωμα μεθόδου Salter's Duck.

## 5.2 Περιγραφή της Μονάδας

Η διάταξη αποτελείται από ένα κανάλι και μια γεννήτρια κυμάτων, με σκοπό τη μελέτη της παραγόμενης ενέργειας των κυμάτων. Τα βασικά μέρη της εργαστηριακής διάταξης είναι:

- FC-1: Κανάλι Ροής
- WG-1: Γεννήτρια Κυμάτων
- STO-1: Δεξαμενή Αποθήκευσης
- AB-1: Αντλία Ώθησης Ελεγχόμενη από Υπολογιστή
- IT-1: Δεξαμενή Εισόδου
- IT-2: Βαλβίδα Αποστράγγισης Δεξαμενής Εισόδου
- SI-1: Έξοδος Νερού
- OT-1: Δεξαμενή Εξόδου
- FV-1: Βαλβίδα Ρύθμισης Ροής
- OTDV-1: Βαλβίδα Αποστράγγισης Δεξαμενής Εξόδου
- RE-1: Δεξαμενές
- VE-1: Σωλήνα Venturi
- MT-1: Μανομετρικοί Σωλήνες

Πέραν των βασικών, η διάταξη διαθέτει τα παρακάτω:

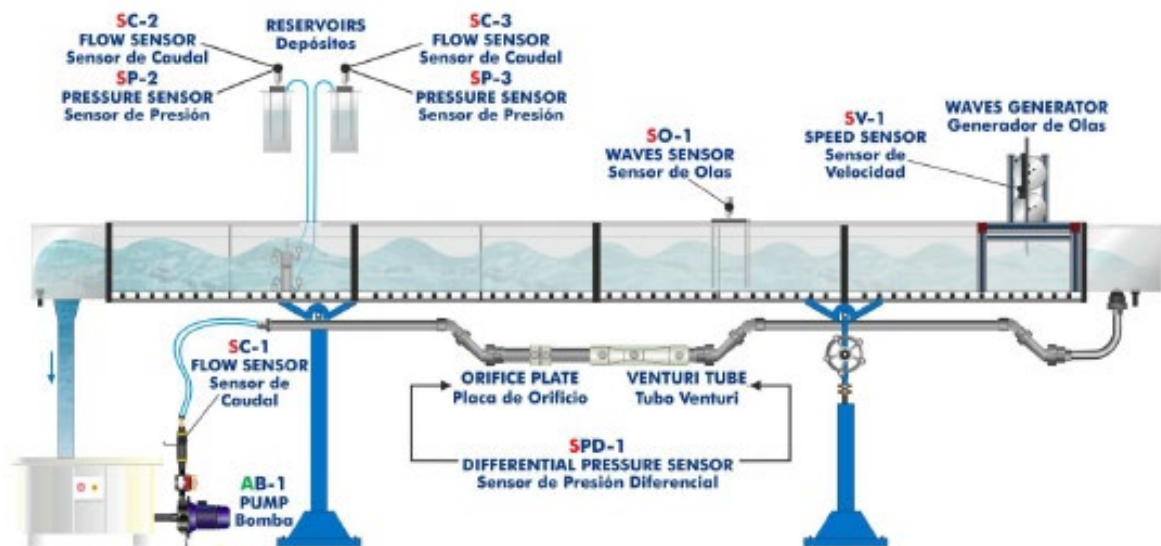
- CS-1: Υποστήριξη Καναλιών
- CS-2: Υποστήριξη για το Ανυψωτικό Σύστημα του Καναλιού
- CW-1: Τροχό Ελέγχου Κλίσης
- FF-1: Στοιχείο Στερέωσης Δαπέδου
- OP-1: Πλάκα Στομίου

- DP-1: Σωλήνα Αποστράγγισης
- SO-1: Αισθητήρας Κυμάτων με Πέντε Θέσεις (βρύσες πίεσης) κάτω από το Κανάλι.
- AP-1: Αντλία Αέρος
- AM-1 (%): Ποσοστό Επιλεγμένης Ισχύος Γεννήτριας Κυμάτων επί του Συνολικού Ποσού της Διαθέσιμης Ισχύος της
- SV-1: Αισθητήρας Ταχύτητας Γεννήτριας Κυμάτων
- SC-1: Αισθητήρα ροής
- SC-2: Αισθητήρας Ροής Δοχείου 1
- SC-3: Αισθητήρας Ροής Δοχείου 2
- SP-2: Αισθητήρας Πίεσης Δοχείου 1
- SP-3: Αισθητήρας Πίεσης Δοχείου 2
- SPD-1: Αισθητήρας Διαφορικής Πίεσης

Τα κύρια ομοιώματα συσκευών εκμετάλλευσης κυματικής ενέργειας είναι τα:

- EOMC-1: Floating Buoy Module
- EOMC-2: Oscillating Water Column Module
- EOMC-3: Pelamis Module
- EOMC-4: Tapered Channel Module
- EOMC-5: Salter's Duck Module

Ένα σκαρίφημα της πειραματικής διάταξης φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα (Σχήμα 5.3) ενώ στο Σχήμα 5.4 παρουσιάζεται μια φωτογραφία από την πειραματική διαδικασία.



Σχήμα 5.3: Σκαρίφημα πειραματικής διάταξης.





Σχήμα 5.4: Η Πειραματική διάταξη κατά την πειραματική διαδικασία.

## 5.3 Πειραματική διαδικασία

### 5.3.1 Πειραματική Διάταξη Pelamis

Το πειραματικό ομοίωμα της μεθόδου Pelamis αποτελείται από δύο παραλληλόγραμμα επίπεδα τα οποία κατά την κίνηση των παραγόμενων κυμάτων ταλαντεύονται σε σταθερό άξονα. Η κίνηση αυτή ωθεί το νερό σε υδραυλικό κύκλωμα μέσα στο οποίο μετράται η ποσότητα και το ύψος του νερού που εξήχθη. Με αυτό τον τρόπο προκύπτει έμμεσα η ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας. Το πειραματικό ομοίωμα διαθέτει:

- Μια αντλία νερού διπλής δράσης στερεωμένη σε πλαίσιο από ανοξείδωτο χάλυβα.
- Δύο δοχεία συλλογής του νερού που εξέρχεται από την αντλία διαμέτρου 68 mm.
- Μηχανισμό προσομοίωσης της συσκευής Pelamis.
- Σετ βαρών: τρία βάρους 100g και ένα βάρους 50g.

Το πείραμα σχεδιάστηκε ώστε να παραχθεί ενέργεια σε τέσσερις (4) βαθμίδες ισχύος κυμάτων, διάρκειας έξι (6) λεπτών (περίπου) η κάθε μια. Τα κύματα προέκυψαν από τη γεννήτρια κυμάτων με βάση τις στροφές που πραγματοποιεί ανά λεπτό. Για να ισορροπήσουν οι διατάξεις προστέθηκαν τα παρακάτω βάρη. Ειδικότερα:

- Η πρώτη βαθμίδα εκτελέστηκε με 44 στροφές ανά λεπτό και βάρος 50 g.
- Η δεύτερη βαθμίδα εκτελέστηκε με 48 στροφές ανά λεπτό και βάρος 50 g.
- Η τρίτη βαθμίδα εκτελέστηκε με 52 στροφές ανά λεπτό και βάρος 50 g.
- Η τέταρτη βαθμίδα εκτελέστηκε με 58 στροφές ανά λεπτό και βάρος 250 g.

Με τη βοήθεια του λογισμικού της συσκευής έγινε καταγραφή

- i. Του ύψους των κυμάτων ανά χρονική στιγμή.
- ii. Των στροφών ανά λεπτό της γεννήτριας κυμάτων.
- iii. Του ύψους της στήλης νερού σε δυο δοχεία εκατέρωθεν του καναλιού που κινούνται τα κύματα.



### 5.3.2 Πειραματική Διάταξη Salter's Duck

Το ομοίωμα συλλαμβάνει την ενέργεια του κύματος χρησιμοποιώντας μια πλωτή συσκευή η οποία στηρίζεται σε έναν άξονα πάνω στον οποίο ταλαντώνεται. Με την κίνηση του πλωτήρα ενεργοποιείται ένας αντλητικός μηχανισμός που αντλεί νερό προς δύο δοχεία εκατέρωθεν του καναλιού την πειραματικής διάταξης. Οι πλωτήρες έχουν στήριγμα στο οποίο μπορούν να προστεθούν βάρη.

Το πείραμα σχεδιάστηκε ώστε να παραχθεί ενέργεια σε τέσσερις (4) βαθμίδες ισχύος κυμάτων, διάρκειας έξι (6) λεπτών (περίπου) η κάθε μια. Τα κύματα προέκυψαν από τη γεννήτρια κυμάτων με βάση τις στροφές που πραγματοποιεί ανά λεπτό. Για να ισορροπήσουν οι διατάξεις προστέθηκαν τα παρακάτω βάρη. Ειδικότερα:

- Η πρώτη βαθμίδα εκτελέστηκε με 42 στροφές ανά λεπτό και βάρος 75 g.
- Η δεύτερη βαθμίδα εκτελέστηκε με 46 στροφές ανά λεπτό και βάρος 75 g.
- Η τρίτη βαθμίδα εκτελέστηκε με 50 στροφές ανά λεπτό και βάρος 75 g.
- Η τέταρτη βαθμίδα εκτελέστηκε με 54 στροφές ανά λεπτό και βάρος 200 g.

Με τη βοήθεια του λογισμικού της συσκευής έγινε καταγραφή

- i. Του ύψους των κυμάτων ανά χρονική στιγμή
- ii. Των στροφών ανά λεπτό της γεννήτριας κυμάτων
- iii. Του ύψους της στήλης νερού σε δυο δοχεία εκατέρωθεν του καναλιού που κινούνται τα κύματα.

### 5.3.3 Περιγραφή Πειραματικής Διαδικασίας και Βαθμίδων Ισχύος

Τα πειραματικά ομοιώματα των συσκευών Pelamis και Salter's Duck, περιλαμβάνουν εκτός των άλλων, μεγάλα κομμάτια από χαμηλής πυκνότητας συνθετικό υλικό, σταθερής γεωμετρίας που λειτουργούν ως πλωτήρες και προσομοιώνουν τα κύρια επιπλέοντα μέρη των αντίστοιχων συσκευών. Τα ελαφριά αυτά μέρη, επηρεαζόμενα από τους υποκείμενους κυματισμούς μέσα στο κανάλι ροής, πραγματοποιούν ταλαντώσεις γύρω από κάποιες θέσεις περιστροφής, (2 ακραίες και μια ενδιάμεση άρθρωση για την Pelamis, 1 ακραία άρθρωση για το ομοίωμα Salter's Duck) κινώντας έτσι κάποιο έμβολο που εκτοπίζει ποσότητα νερού και την ωθεί σε υδραυλικό κύκλωμα και στη συνέχεια σε δύο δοχεία συλλογής του νερού, διαμέτρου  $D=68$  mm. Τα δοχεία αυτά είναι τοποθετημένα

αντιδιαμετρικά του καναλιού ροής και περίπου στο μέσο του μήκους αυτού, πλησίον του σημείου τοποθέτησης των ομοιωμάτων (Σχήμα 5.5). Δεδομένης της απόδοσης της συσκευής στους εκάστοτε κυματισμούς, η ποσότητα νερού που εκτοπίζεται διαφέρει. Η εκτοπισμένη ποσότητα νερού οδηγείται σε υδραυλικό κύκλωμα και έπειτα σε δοχεία συλλογής. Μετρώντας το ύψος του νερού στα δοχεία συλλογής, προκύπτει έμμεσα η ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας και στη συνέχεια, η απόδοση του ομοιώματος στους κυματισμούς που δημιουργούνται στο κανάλι ροής, κατά την κάθε πειραματική διαδικασία.



Σχήμα 5.5: Τα δύο κυλινδρικά δοχεία συλλογής νερού διαμέτρου  $D=68$  mm.

Δεδομένης της καθ' ύψος θέσης των πλωτών τμημάτων του κάθε ομοιώματος μέσα στο κανάλι ροής, επιλέγεται κάθε φορά και προσαρμόζεται το ύψος της στάθμης του ύδατος, έτσι ώστε να βρίσκεται περίπου στο κέντρο βάρους του πλωτού αυτού τμήματος της συσκευής. Σκοπός είναι η όσο το δυνατόν, περισσότερο αποδοτική λειτουργία του ομοιώματος, η οποία επηρεάζεται, από το ύψος της στάθμης του νερού και το ύψος αλλά και την περίοδο των κυματισμών σε σχέση με το κέντρο βάρους του πλωτήρα.

Σημαντικό ρόλο παίζει σε όλη τη διαδικασία, το ρυθμιζόμενο πρόσθετο βάρος που τοποθετείται με αποκλειστικό σκοπό την επαναφορά του πλωτού μέρους της της συσκευής στη θέση ισορροπίας του, μετά την ανύψωσή του από τους υποκείμενα διερχόμενους κυματισμούς.

Ο πιο σημαντικός περιοριστικός παράγοντας που επηρεάζει αρνητικά την απόδοση των συγκεκριμένων μοντέλων, είναι το γεγονός ότι οι πλωτήρες των ομοιωμάτων, και ταλαντώνονται γύρω από αρθρώσεις, σταθερά τοποθετημένες καθ' ύψος του καναλιού ροής, με συνέπεια να μην αποδίδουν το ίδιο όπως θα πράτανε σε ελεύθερες συνθήκες σαν τις πραγματικές, κατά τις οποίες, οι δύο συσκευές Pelamis και Salter's Duck, επιπλέον ελεύθερα στην επιφάνεια της θάλασσας. Σε περίπτωση που τα μοντέλα αυτά πραγματοποιούσαν ελεύθερη πλεύση στην επιφάνεια του ύδατος, θα συμπαρασύρονταν από την άνοδο και την κάθοδο της στάθμης του ύδατος και ο πλήρης κύκλος ταλάντωσης λειτουργίας τους, θα ήταν περισσότερο αρμονικός με συνέπεια την περισσότερο αποδοτική λειτουργία τους.

Κατά την Πειραματική Διαδικασία, μέσω του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή, ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει την ισχύ της Γεννήτριας Παραγωγής Κυμάτων, επιλέγοντας κάθε φορά τη βαθμίδα-στάθμη ισχύος της συσκευής από το 0-100% (AM-1%). Διαφορετικές επιλογές στην (%) ισχύ, προσδίδουν διαφορετική τιμή στροφών το λεπτό (rpm) στη γεννήτρια παραγωγής κυμάτων. Οι διαφορετικές στροφές (rpm) με τη σειρά τους, δημιουργούν κυματισμούς διαφορετικής Περιόδου και Ύψους Κύματος.

Έτσι σε κάθε μια από τις δύο (2) πειραματικές διαδικασίες, προσπαθούμε να επιλέξουμε κατάλληλο συνδυασμό πρόσθετου βάρους, ύψους στάθμης νερού στο κανάλι ροής αλλά και ισχύος γεννήτριας κυμάτων, με σκοπό την όσο το δυνατόν καλύτερη απόδοση των επιλεγμένων ομοιωμάτων.

Αποφασίσαμε να λειτουργήσουμε το πείραμα για κάθε ομοίωμα σε 4 διαφορετικές βαθμίδες-στάθμες ισχύος. Η επιλογή των βαθμίδων έγινε εμπειρικά, με γνώμονα την αποδοτικότερη λειτουργία της συσκευής, αφού τα ομοιώματα δεν λειτουργούν εξίσου σε όλους τους συνδυασμούς στάθμης ύδατος, βάρους επαναφοράς, βαθμίδας-στάθμης ισχύος γεννήτριας και συνεπώς χαρακτηριστικών κύματος (Ύψος - Περίοδος). Σε κάθε βαθμίδα, το πρόσθετο βάρος προσαρμοζόταν ώστε να επιτευχθεί καλύτερη επαναφορά του πλωτήρα του κάθε ομοιώματος.

Στον ακόλουθο Πίνακα 5.1, διακρίνονται οι βαθμίδες ισχύος που επιλέξαμε για κάθε μια από τις δύο πειραματικές διαδικασίες, με τα ομοιώματα Pelamis και Salter's Duck. Στον Πίνακα παρουσιάζονται για κάθε βαθμίδα ισχύος των 2 διαφορετικών Πειραματικών Διαδικασιών Pelamis και Salter's Duck, το ποσοστό (%) ισχύος της γεννήτριας παραγωγής

κυμάτων AM-1(%) με σταθερό βήμα ανά 5% ισχύος και οι περιστροφές ανά λεπτό της SV-1 (rpm) που αντιστοιχούν σε αυτό.

**Πίνακας 5.1:** Συγκεντρωτικός Πίνακας βαθμίδων ισχύος που εφαρμόστηκαν κατά την Πειραματική Διαδικασία.

Βαθμίδες Ισχύος	Pelamis		Salter's Duck	
	AM-1(%)	SV-1 (rpm)	AM-1(%)	SV-1 (rpm)
1 <sup>η</sup> Βαθμίδα Ισχύος	15	44	12	42
2 <sup>η</sup> Βαθμίδα Ισχύος	20	48	17	46
3 <sup>η</sup> Βαθμίδα Ισχύος	25	52	22	50
4 <sup>η</sup> Βαθμίδα Ισχύος	30	56	27	54

## 6. Αποτελέσματα - Αξιολόγηση

### 6.1 Αναφορά Σχέσεων και Υπολογιστικής Διαδικασίας

Εφόσον τα δοχεία έχουν διάμετρο  $D = 68 \text{ mm}$ , προκύπτει εμβαδό βάσης  $E_B$  από τη Σχέση 6.1.

$$E_B = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,068^2}{4} \text{ m}^2 = 3,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (6.1)$$

Όπου:  $E_B$  = το Εμβαδό της βάσης του κυλινδρικού δοχείου σε τετραγωνικά μέτρα ( $\text{m}^2$ ),  
 $\pi$  = η παγκόσμια σταθερά,  
 $D$  = η διάμετρος του κύκλου σε μέτρα (m).

Σε όλες τις 4 βαθμίδες ισχύος που επιλέχθηκαν για κάθε συσκευή, υπολογίζεται η ισχύς που παρήγαγε η διάταξη. Το άθροισμα των επιμέρους τιμών ενέργειας για κάθε βαθμίδα από τις 4 βαθμίδες σε κάθε μια από τις μεθόδους Pelamis και Salter's Duck, προσδίδει τη συνολική ισχύ της εκάστοτε διάταξης. Χρησιμοποιούμε τη Σχέση 6.2:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \quad (6.2)$$

Όπου:  $P$  = η ισχύς που παράγει η διάταξη (W),  
 $\rho$  = η πυκνότητα του νερού ( $1000 \text{ kg/m}^3$ ),  
 $g$  = η επιτάχυνση της βαρύτητας ( $9,81 \text{ m/sec}^2$ ),  
 $Q$  = η παροχή με την οποία αντλεί νερό η διάταξη σε  $\text{m}^3/\text{sec}$ ,  
 $h$  = το ύψος του ύδατος στο δοχείο σε mm.

Με βάση την περίοδο του κύματος και του ύψους του, μπορεί να προσδιοριστεί η ενέργεια που φέρει από τη Σχέση 6.3 (Twidell και Weir, 2015):

$$P = \frac{\rho \cdot g^2 \cdot H^2 \cdot T}{64 \cdot \pi} \quad (6.3)$$

Όπου:  $P$  = η ισχύς που παράγει η διάταξη (W),  
 $\rho$  = η πυκνότητα του νερού ( $1000 \text{ kg/m}^3$ ),  
 $g$  = η επιτάχυνση της βαρύτητας ( $9,81 \text{ m/sec}^2$ ),  
 $H$  = το ύψος κύματος (mm),  
 $T$  = η περίοδος κύματος (sec),  
 $\pi$  = η παγκόσμια σταθερά.

Στο σύνολό της, η Υπολογιστική Διαδικασία περιλαμβάνει τις εξής επιμέρους διαδικασίες:

- Αρχικά υπολογίζεται η Ισχύς (W) των πειραματικών διατάξεων-ομοιωμάτων Pelamis και Salter's Duck σε όλες τις βαθμίδες, με τη χρήση και της Σχέσης 6.2.

- Έπειτα υπολογίζεται η συνολική κυματική ισχύς ( $W$ ) του συνόλου των κυμάτων που παράχθηκαν εντός του καναλιού ροής από τη γεννήτρια παραγωγής κυμάτων, τόσο κατά την πειραματική διαδικασία με τη χρήση του ομοιώματος Pelamis όσο και με τη χρήση του ομοιώματος Salter's Duck και για τις τέσσερις (4) βαθμίδες ισχύος της εκάστοτε Πειραματικής Διαδικασίας. Για τον υπολογισμό της συνολικής κυματικής ισχύος ( $W$ ) του συνόλου των κυμάτων που παράχθηκαν εντός του καναλιού ροής, σημαντικός είναι ο υπολογισμός του Ύψους Κύματος  $H$  (m) και της Περιόδου ( $T$ ) του συνόλου αυτών. Ο υπολογισμός της Κυματικής Ισχύος ( $W$ ) των επιμέρους τιμών όλων των κυμάτων, γίνεται με τη χρήση της Σχέσης 6.3 ( $W/m$ ) επί το πλάτος  $d$  του καναλιού ροής (m).
- Τέλος, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της Ισχύος ( $W$ ) των πειραματικών διατάξεων-ομοιωμάτων με τη συνολική Κυματική Ισχύ ( $W$ ) του συνόλου των κυμάτων που παράχθηκαν για την κάθε Πειραματική Διαδικασία με τη χρήση των δύο διαφορετικών διατάξεων (Pelamis και Salter's Duck), προκύπτει η (%) απόδοση της εκάστοτε διάταξης για την πειραματική διαδικασία.

## 6.2 Υπολογισμοί Ισχύος Ομοιωμάτων Pelamis και Salter's Duck

Σε αυτή την ενότητα υπολογίζεται η παραγόμενη ισχύς των διατάξεων Pelamis και Salter's Duck για όλες τις βαθμίδες ισχύος. Στον παρακάτω Πίνακα 6.1. διακρίνονται τα ύψη του νερού (mm) που μετρήθηκαν για κάθε βαθμίδα μέσα στα Δοχεία 1 και 2.

**Πίνακας 6.1:** Ύψη νερού (mm) στα Δοχεία 1 και 2 για τις δύο πειραματικές διαδικασίες σε όλες τις βαθμίδες ισχύος

Βαθμίδες Ισχύος	Pelamis		Salter's Duck	
	Δοχείο 1 (mm)	Δοχείο 2 (mm)	Δοχείο 1 (mm)	Δοχείο 2 (mm)
1η Βαθμίδα Ισχύος	175	198	94	96
2η Βαθμίδα Ισχύος	142	174	108	120
3η Βαθμίδα Ισχύος	175	195	191	214
4η Βαθμίδα Ισχύος	200	216	245	252

Στον παρακάτω Πίνακα 6.2. διακρίνονται οι χρόνοι λειτουργίας των συσκευών Pelamis και Salter's Duck σε κάθε βαθμίδα ισχύος.



**Πίνακας 6.2:** Χρόνοι λειτουργίας συσκευών Pelamis και Salter's Duck για όλες τις βαθμίδες ισχύος.

Βαθμίδες Ισχύος	Pelamis	Salter's Duck
	Χρόνος βαθμίδας	Χρόνος βαθμίδας
1η Βαθμίδα Ισχύος	6 min και 10 sec	6 min και 10 sec
2η Βαθμίδα Ισχύος	6 min και 23 sec	6 min και 46 sec
3η Βαθμίδα Ισχύος	5 min και 49 sec	5 min και 52 sec
4η Βαθμίδα Ισχύος	6 min και 24 sec	5 min και 28 sec

### 6.2.1 Παραγόμενη Ισχύς από το Ομοίωμα Pelamis

Στο Παράρτημα 1 της παρούσας εργασίας, βρίσκονται συγκεντρωμένες οι καταγραφές των δεδομένων της πειραματικής διαδικασίας που αφορούν το πειραματικό ομοίωμα της συσκευής Pelamis.

Το ύψος της στήλης νερού στα δοχεία 1 και 2, που αναφέρονται στην Ενότητα 5.3.3 της παρούσας εργασίας, στις αντίστοιχες βαθμίδες ισχύος έχει ως εξής:

#### Βαθμίδα Ισχύος 1

- Ύψος νερού στο δοχείο 1: 175 mm,
- Ύψος νερού στο δοχείο 2: 198 mm,
- Χρόνος βαθμίδας 6 min και 10 sec ή 370 sec.

Το εμβαδό της βάσης  $E_B$  που προέκυψε από τη Σχέση 6.1, επί το ύψος του νερού μας δίνει τον όγκο νερού ανά δοχείο.

- Όγκος νερού στο δοχείο 1:  $0,175 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 6,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
- Όγκος νερού στο δοχείο 2:  $0,198 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 7,19 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

Άρα το σύνολο του όγκου νερού στα δύο δοχεία είναι  $1,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

Για να υπολογίσω την παροχή με την οποία το ομοίωμα αντλεί το νερό γνωρίζω ότι:

- Σε 370 sec αντλούνται  $1,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  νερού.

Επομένως:

- Σε 1 sec αντλούνται  $3,66 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  νερού.

Η ισχύς που παρήγαγε η διάταξη στην πρώτη βαθμίδα προκύπτει από τη Σχέση 6.2.

Θέτω:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,

$g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ ,

$Q = 3,66 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}$ ,

$h = 373 \text{ mm}$  (το ύψος που ανεβάζει η διάταξη το νερό στη διάρκεια της βαθμίδας).

Άρα:

$$P_{1ης\ Βαθμίδας} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3,66 \cdot 10^{-6} \cdot 373 \cdot 10^{-3} = \mathbf{0,013\ W}$$

### Βαθμίδα Ισχύος 2

- Ύψος νερού στο δοχείο 1: 142 mm,
- Ύψος νερού στο δοχείο 2: 174 mm,
- Χρόνος βαθμίδας 6 min και 23 sec ή 383 sec.

Το εμβαδό της βάσης  $E_B$  που προέκυψε από τη Σχέση 6.1, επί το ύψος του νερού μας δίνει τον όγκο νερού ανά δοχείο.

- Όγκος νερού στο δοχείο 1:  $0,142 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 5,15 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
- Όγκος νερού στο δοχείο 2:  $0,174 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 6,31 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

Άρα το σύνολο του όγκου νερού στα δύο δοχεία είναι  $1,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

Για να υπολογίσω την παροχή με την οποία το ομοίωμα αντλεί το νερό γνωρίζω ότι:

- Σε 383 sec αντλούνται  $1,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  νερού.

Επομένως:

- Σε 1 sec αντλούνται  $3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  νερού.

Η ισχύς που παρήγαγε η διάταξη στην πρώτη βαθμίδα προκύπτει από τη σχέση 6.2.

Θέτω:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  
 $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ ,  
 $Q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}$ ,  
 $h = 316 \text{ mm}$  (το ύψος που ανεβάζει η διάταξη το νερό στη διάρκεια της βαθμίδας).

Άρα:

$$P_{2ης\ Βαθμίδας} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 316 \cdot 10^{-3} = \mathbf{0,0093\ W}$$

### Βαθμίδα Ισχύος 3

- Ύψος νερού στο δοχείο 1: 175 mm,
- Ύψος νερού στο δοχείο 2: 195 mm,
- Χρόνος βαθμίδας 5 min και 49 sec ή 349 sec.

Το εμβαδό της βάσης  $E_B$  που προέκυψε από τη Σχέση 6.1, επί το ύψος του νερού μας δίνει τον όγκο νερού ανά δοχείο.

- Όγκος νερού στο δοχείο 1:  $0,175 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 6,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

- Όγκος νερού στο δοχείο 2:  $0,195 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 7,07 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

Άρα το σύνολο του όγκου νερού στα δύο δοχεία είναι  $1,34 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

Για να υπολογίσω την παροχή με την οποία το ομοίωμα αντλεί το νερό γνωρίζω ότι:

- Σε 349 sec αντλούνται  $1,34 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  νερού.

Επομένως:

- Σε 1 sec αντλούνται  $3,84 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  νερού.

Η ισχύς που παρήγαγε η διάταξη στην πρώτη βαθμίδα προκύπτει από τη Σχέση 6.2.

Θέτω:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  
 $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ ,  
 $Q = 3,84 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}$ ,  
 $h = 370 \text{ mm}$  (το ύψος που ανεβάζει η διάταξη το νερό στη διάρκεια της βαθμίδας).

Άρα:

$$P_{3ης \text{ Βαθμίδας}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3,84 \cdot 10^{-6} \cdot 370 \cdot 10^{-3} = \mathbf{0,014 \text{ W}}$$

#### **Βαθμίδα Ισχύος 4**

- Ύψος νερού στο δοχείο 1: 200 mm,
- Ύψος νερού στο δοχείο 2: 216 mm,
- Χρόνος βαθμίδας 6 min και 24 sec ή 384 sec.

Το εμβαδό της βάσης  $E_B$  που προέκυψε από τη Σχέση 6.1, επί το ύψος του νερού μας δίνει τον όγκο νερού ανά δοχείο.

- Όγκος νερού στο δοχείο 1:  $0,2 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 7,26 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
- Όγκος νερού στο δοχείο 2:  $0,216 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 7,84 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

Άρα το σύνολο του όγκου νερού στα δύο δοχεία είναι  $1,51 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

Για να υπολογίσω την παροχή με την οποία το ομοίωμα αντλεί το νερό γνωρίζω ότι:

- Σε 384 sec αντλούνται  $1,51 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  νερού.

Επομένως:

- Σε 1 sec αντλούνται  $3,93 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  νερού.

Η ισχύς που παρήγαγε η διάταξη στην πρώτη βαθμίδα προκύπτει από τη Σχέση 6.2.

Θέτω:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  
 $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ ,  
 $Q = 3,93 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}$ ,  
 $h = 416 \text{ mm}$  (το ύψος που ανεβάζει η διάταξη το νερό στη διάρκεια της βαθμίδας).

Άρα:

$$P_{4ης\ Βαθμίδας} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3,93 \cdot 10^{-6} \cdot 416 \cdot 10^{-3} = \mathbf{0,016\ W}$$

### Συνολική ισχύς διάταξης Pelamis

Η συνολική ισχύς που παρήγαγε η διάταξη κατά την πραγματοποίηση των 4ων βαθμίδων ισούται με το άθροισμα της ισχύος των επιμέρους βαθμίδων.

Επομένως:

$$P_{ολικό} = P_{1ης\ Βαθμίδας} + P_{2ης\ Βαθμίδας} + P_{3ης\ Βαθμίδας} + P_{4ης\ Βαθμίδας} = \mathbf{0,0523\ W}$$

Στον ακόλουθο συγκεντρωτικό Πίνακα 6.3 παρουσιάζονται οι τιμές ισχύος (W) της διάταξης Pelamis κατά την πειραματική διαδικασία, στις 4 βαθμίδες ισχύος.

**Πίνακας 6.3:** Συγκεντρωτικός Πίνακας Ισχύος (W) διάταξης Pelamis κατά την Πειραματική Διαδικασία.

Συνολική Ισχύς Διάταξης	
Ισχύς ανά Βαθμίδα	Pelamis (W)
P1 (1η Βαθμίδα)	0,013
P2 (2η Βαθμίδα)	0,0093
P3 (3η Βαθμίδα)	0,014
P4 (4η Βαθμίδα)	0,016
<b>P<sub>ολικό</sub></b>	<b>0,0523</b>

### 5.2.2 Παραγόμενη Ισχύς από το Ομοίωμα Salter's Duck

Στο Παράρτημα 2 της παρούσας εργασίας, βρίσκονται συγκεντρωμένες οι καταγραφές των δεδομένων της πειραματικής διαδικασίας που αφορούν το πειραματικό ομοίωμα της συσκευής Salter's Duck.

Από την επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων προκύπτουν τα εξής.

Το ύψος της στήλης νερού στα δοχεία 1 και 2 για τις αντίστοιχες βαθμίδες ισχύος έχει ως εξής:

### **Βαθμίδα Ισχύος 1**

- Ύψος νερού στο δοχείο 1: 94 mm,
- Ύψος νερού στο δοχείο 2: 96 mm,
- Χρόνος βαθμίδας 6 min και 10 sec ή 370 sec.

Το εμβαδό της βάσης  $E_B$  που προέκυψε από τη Σχέση 6.1, επί το ύψος του νερού μας δίνει τον όγκο νερού ανά δοχείο.

- Όγκος νερού στο δοχείο 1:  $0,094 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 3,31 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
- Όγκος νερού στο δοχείο 2:  $0,096 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 3,48 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

Άρα το σύνολο του όγκου νερού στα δύο δοχεία είναι  $6,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

Για να υπολογίσω την παροχή με την οποία το ομοίωμα αντλεί το νερό γνωρίζω ότι

- Σε 370 sec αντλούνται  $6,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$  νερού.

Επομένως:

- Σε 1 sec αντλούνται  $1,83 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  νερού.

Η ισχύς που παρήγαγε η διάταξη στην πρώτη βαθμίδα προκύπτει από τη Σχέση 6.2.

Θέτω:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,

$g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ ,

$Q = 1,83 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}$ ,

$h = 190 \text{ mm}$  (το ύψος που ανεβάζει η διάταξη το νερό στη διάρκεια της βαθμίδας).

Άρα:

$$P_{1ης \text{ Βαθμίδας}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,83 \cdot 10^{-6} \cdot 190 \cdot 10^{-3} = 3,41 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

### **Βαθμίδα Ισχύος 2**

- Ύψος νερού στο δοχείο 1: 108 mm,
- Ύψος νερού στο δοχείο 2: 120 mm,
- Χρόνος βαθμίδας 6 min και 46 sec ή 406 sec.

Το εμβαδό της βάσης  $E_B$  που προέκυψε από τη Σχέση 6.1, επί το ύψος του νερού μας δίνει τον όγκο νερού ανά δοχείο.

- Όγκος νερού στο δοχείο 1:  $0,108 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 3,92 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
- Όγκος νερού στο δοχείο 2:  $0,120 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 4,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

Άρα το σύνολο του όγκου νερού στα δύο δοχεία είναι  $8,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

Για να υπολογίσω την παροχή με την οποία το ομοίωμα αντλεί το νερό γνωρίζω ότι

- Σε 406 sec αντλούνται  $8,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$  νερού.

Επομένως:

- Σε 1 sec αντλούνται  $2,04 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  νερού.

Η ισχύς που παρήγαγε η διάταξη στην πρώτη βαθμίδα προκύπτει από τη Σχέση 6.2.

Θέτω:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,

$g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ ,

$Q = 2,04 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}$ ,

$h = 328 \text{ mm}$  (το ύψος που ανεβάζει η διάταξη το νερό στη διάρκεια της βαθμίδας).

Άρα:

$$P_{2\text{ης Βαθμίδας}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,04 \cdot 10^{-6} \cdot 328 \cdot 10^{-3} = 6,56 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

### Βαθμίδα Ισχύος 3

- Ύψος νερού στο δοχείο 1: 191 mm,
- Ύψος νερού στο δοχείο 2: 214 mm,
- Χρόνος βαθμίδας 5 min και 52 sec ή 352 sec.

Το εμβαδό της βάσης  $E_B$  που προέκυψε από τη Σχέση 6.1, επί το ύψος του νερού μας δίνει τον όγκο νερού ανά δοχείο.

- Όγκος νερού στο δοχείο 1:  $0,191 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 6,93 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
- Όγκος νερού στο δοχείο 2:  $0,214 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 7,76 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

Άρα το σύνολο του όγκου νερού στα δύο δοχεία είναι  $1,46 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

Για να υπολογίσω την παροχή με την οποία το ομοίωμα αντλεί το νερό γνωρίζω ότι

- Σε 352 sec αντλούνται  $1,46 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  νερού.

Επομένως:

- Σε 1 sec αντλούνται  $4,15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  νερού.

Η ισχύς που παρήγαγε η διάταξη στην πρώτη βαθμίδα προκύπτει από τη Σχέση 6.2.

Θέτω:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,

$g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ ,

$Q = 4,15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}$ ,

$h = 405 \text{ mm}$  (το ύψος που ανεβάζει η διάταξη το νερό στη διάρκεια της βαθμίδας).

Άρα:

$$P_{3\text{ης Βαθμίδας}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 4,15 \cdot 10^{-6} \cdot 405 \cdot 10^{-3} = 0,016 \text{ W}$$



#### **Βαθμίδα Ισχύος 4**

- Ύψος νερού στο δοχείο 1: 245 mm,
- Ύψος νερού στο δοχείο 2: 252 mm,
- Χρόνος βαθμίδας 5 min και 28 sec ή 328 sec.

Το εμβαδό της βάσης  $E_B$  που προέκυψε από τη Σχέση 6.1, επί το ύψος του νερού μας δίνει τον όγκο νερού ανά δοχείο.

- Όγκος νερού στο δοχείο 1:  $0,245 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 8,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
- Όγκος νερού στο δοχείο 2:  $0,252 \cdot 3,63 \cdot 10^{-3} = 9,15 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

Άρα το σύνολο του όγκου νερού στα δύο δοχεία είναι  $1,81 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

Για να υπολογίσω την παροχή με την οποία το ομοίωμα αντλεί το νερό γνωρίζω ότι

- Σε 328 sec αντλούνται  $1,81 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  νερού.

Επομένως:

- Σε 1 sec αντλούνται  $5,52 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  νερού.

Η ισχύς που παρήγαγε η διάταξη στην πρώτη βαθμίδα προκύπτει από τη σχέση 6.2.

Θέτω:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  
 $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ ,  
 $Q = 5,52 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}$ ,  
 $h = 494 \text{ mm}$  (το ύψος που ανεβάζει η διάταξη το νερό στη διάρκεια της βαθμίδας).

Άρα:

$$P_{4\text{ης Βαθμίδας}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 5,52 \cdot 10^{-6} \cdot 494 \cdot 10^{-3} = \mathbf{0,027 \text{ W}}$$

#### **Συνολική Ισχύς Διάταξης Salter's Duck**

Η συνολική ισχύς που παρήγαγε η διάταξη κατά την πραγματοποίηση των 4ων βαθμίδων ισούται με το άθροισμα της ισχύος των επιμέρους βαθμίδων.

Επομένως:

$$P_{\text{ολικό}} = P_{1\text{ης Βαθμίδας}} + P_{2\text{ης Βαθμίδας}} + P_{3\text{ης Βαθμίδας}} + P_{4\text{ης Βαθμίδας}} = \mathbf{0,053 \text{ W}}$$

Στον ακόλουθο συγκεντρωτικό Πίνακα 6.4 παρουσιάζονται οι τιμές ισχύος (W) της διάταξης Salter's Duck κατά την πειραματική διαδικασία, στις 4 βαθμίδες ισχύος.

**Πίνακας 6.4:** Συγκεντρωτικός Πίνακας Ισχύος (W) διάταξης Salter's Duck κατά την Πειραματική Διαδικασία.

Συνολική Ισχύς Διάταξης	
Ισχύς ανά Βαθμίδα	Salter's Duck (W)
P1 (1η Βαθμίδα)	0,0034
P2 (2η Βαθμίδα)	0,0066
P3 (3η Βαθμίδα)	0,016
P4 (4η Βαθμίδα)	0,027
<b>P<sub>ολικό</sub></b>	<b>0,053</b>

## 6.3 Διαδικασία Υπολογισμού Παραγόμενης Κυματικής Ισχύος

### 6.3.1 Υπολογισμός Μέσου Ύψους Κύματος H (mm) και Περιόδου Κύματος T (sec)

Η συσκευή υπολογίζει (κάθε δευτερόλεπτο λειτουργίας της) και εξάγει σε excel, ένα πλήθος μετρήσεων, όπως φαίνονται στα ακόλουθα Σχήματα 6.1 και 6.2. Κατά την Πειραματική Διαδικασία, τόσο με τη χρήση του ομοιώματος της συσκευής Pelamis όσο και με τη χρήση του ομοιώματος της συσκευής Salter's Duck, η συσκευή εξήγαγε με τον ίδιο τρόπο που φαίνεται στα παρακάτω Σχήματα 6.1 και 6.2 αντίστοιχα, δεδομένα μετρήσεων και για τις τέσσερις (4) βαθμίδες ισχύος που εφαρμόστηκαν για κάθε μία από τις δύο διαδικασίες. Για την επεξεργασία των δεδομένων των πειραματικών διαδικασιών, τόσο για τη διαδικασία με τη χρήση του ομοιώματος της συσκευής Pelamis, όσο και για τη διαδικασία με τη χρήση του ομοιώματος Salter's Duck, διατηρήσαμε τις στήλες με το χρόνο (Time), τις βαθμίδες ισχύος (SV-1), το ύψος κύματος (SO-1), το ύψος νερού στο Δοχείο 1 (SP-2), το ύψος νερού (SP-3) όπως φαίνονται και στα Παραρτήματα 1 και 2 της παρούσας εργασίας.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Time(s)	SPD-1(mmwc)	SO-1(mmwc)	SC-1(l/min)	SV-1(rpm)	SP-2(mmwc)	SP-3(mmwc)	SC-2(l/min)	SC-3(l/min)	AB-1(%)	AM-1(%)
2	680,6	83	126	0	44	160	137	0	0	0	15
3	681,6	83	121	0	44	160	138	0	0	0	15
4	682,6	83	114	0	44	160	139	0	0	0	15
5	683,6	83	126	0	44	161	139	0	0	0	15
6	684,6	83	123	0	44	162	139	0	0	0	15
7	685,6	83	113	0	44	162	140	0	0	0	15
8	686,6	84	124	0	44	163	140	0	0	0	15
9	687,6	83	124	0	44	163	141	0	0	0	15
10	688,6	83	113	0	44	164	142	0	0	0	15
11	689,6	83	123	0	44	164	142	0	0	0	15
12	690,6	83	126	0	44	165	142	0	0	0	15

**Σχήμα 6.1:** Απόκομμα πρωτογενών δεδομένων της πειραματικής διαδικασίας με τη χρήση του ομοιώματος της μεθόδου Pelamis για την 1<sup>η</sup> βαθμίδα ισχύος των 44rpm.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Time(s)	SPD-1(mmwc)	SO-1(mmwc)	SC-1(l/min)	SV-1(rpm)	SP-2(mmwc)	SP-3(mmwc)	SC-2(l/min)	SC-3(l/min)	AB-1(%)	AM-1(%)
2	2129,1	60	139	0	42	40	38	0	0	0	12
3	2130,1	60	127	0	42	40	38	0	0	0	12
4	2131,1	60	142	0	42	41	38	0	0	0	12
5	2132,1	60	133	0	42	41	38	0	0	0	12
6	2133,1	60	129	0	42	41	39	0	0	0	12
7	2134,1	60	145	0	42	42	39	0	0	0	12
8	2135,1	60	129	0	42	42	39	0	0	0	12
9	2136,1	60	134	0	42	42	40	0	0	0	12
10	2137,1	60	146	0	42	42	40	0	0	0	12
11	2138,1	60	127	0	42	43	40	0	0	0	12
12	2139,1	60	137	0	42	43	40	0	0	0	12

**Σχήμα 6.2:** Απόκομμα πρωτογενών δεδομένων της πειραματικής διαδικασίας με τη χρήση του ομοιώματος της μεθόδου Salter's Duck για την 1<sup>η</sup> βαθμίδα ισχύος των 42rpm.

Συγκεκριμένα για το ομοίωμα Pelamis, η συσκευή κατά τη διάρκεια λειτουργίας της και για τις 4 βαθμίδες ισχύος που επιλέξαμε, όπως αυτές αναφέρονται στον Πίνακα 5.1 της παρούσας εργασίας, λειτούργησε συνολικά για 1480 δευτερόλεπτα, κατά τα οποία εξήγαγε μετρήσεις για κάθε ένα από αυτά. Αντίστοιχα, η συσκευή με το ομοίωμα Salter's Duck λειτούργησε στη διάρκεια και των 4 βαθμίδων ισχύος, όπως αυτές επίσης αναφέρονται στον Πίνακα 5.1, για συνολικά εξίσου 1480 δευτερόλεπτα.

Η διαδικασία υπολογισμού της Περιόδου και του Μέσου Ύψους Κύματος φαίνεται στο ακόλουθο Σχήμα 6.3. Με μπλε χρώμα στη στήλη του Ύψους Κύματος, επισημαίνονται οι διαδοχικές κορυφές των κυμάτων όπως περιεγράφηκε, ενώ με κόκκινο η ενδιάμεση κοιλία. Η ίδια διαδικασία εφαρμόστηκε τόσο για τη μέθοδο Pelamis, όσο και για τη μέθοδο Salter's Duck, σε όλες τις βαθμίδες ισχύος που λειτούργησε η συσκευή, για κάθε μέθοδο.

	A	B	C	D	E
1	Χρόνοι Καταγραφής	Ύψος κύματος mm	Στροφές/min	Περίοδος (sec)	Μέσο Ύψος Κύματος (mm)
2	11:00:00	135	44		
3	11:00:01	127	44		
4	11:00:02	126	44		
5	11:00:03	134	44	0:00:03	8,5
6	11:00:04	128	44		
7	11:00:05	125	44		
8	11:00:06	134	44	0:00:03	9
9	11:00:07	129	44		
10	11:00:08	125	44		
11	11:00:09	133	44	0:00:03	8,5

**Σχήμα 6.3:** Παράδειγμα επεξεργασίας δεδομένων για υπολογισμό Περιόδου και Μέσης τιμής Ύψους Κύματος.

Το Σχήμα 6.4 που ακολουθεί, λειτουργεί ως παράδειγμα και αποτελεί ως διάγραμμα τη γενικευμένη μορφή μεμονωμένων κυματισμών που παράχθηκαν κατά την Πειραματική

Διαδικασία με τη χρήση του ομοιώματος Pelamis κατά την πρώτη βαθμίδα των 44rpm και οι τιμές των οποίων παρουσιάστηκαν επίσης ως παράδειγμα στο προηγούμενο Σχήμα 6.3. Στο διάγραμμα διακρίνεται η αλληλουχία κορυφών και κοιλών που σχηματίζεται από τις ανώτερες και τις κατώτερες τιμές Ύψους Κύματος των πρωτογενών δεδομένων του προηγούμενου Σχήματος 6.3. Στην κατακόρυφη διάσταση διακρίνονται οι τιμές του Ύψους Κύματος  $H$  (mm), ενώ στην οριζόντια διάσταση, διακρίνονται οι χρόνοι καταγραφής της κάθε μέτρησης από τη συσκευή.



**Σχήμα 6.4:** Παράδειγμα διαγράμματος γενικευμένης μορφής κύματος που διακρίνονται οι διαδοχικές κορυφές και κοιλίες.

Στη συνέχεια, μεταξύ των κάθε δύο διαδοχικών κορυφών, όπως διακρίνονται στο Σχήμα 6.5, υπολογίστηκε η περίοδος του κύματος. Η περίοδος αποτελεί το χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη διέλευση δύο διαδοχικών κορυφών ή κοιλιών από το ίδιο σταθερό σημείο μέτρησης. Έτσι υπολογίζοντας τη χρονική διαφορά μεταξύ των αλληπάληλων κορυφών, υπολογίζεται η περίοδος για κάθε κύμα που μετρήθηκε από τη συσκευή. Στο ακόλουθο Σχήμα 6.5 με κόκκινο διακρίνεται η διαδικασία επιλογής των τιμών  $t_2$  και  $t_1$  για τον υπολογισμό της Περιόδου. Η ίδια διαδικασία εφαρμόστηκε τόσο για τη μέθοδο Pelamis, όσο και για τη μέθοδο Salter's Duck, σε όλες τις βαθμίδες ισχύος. Ο υπολογισμός της Περιόδου γίνεται με τη χρήση της ακόλουθης Σχέσης 6.4 που δίνεται παρακάτω.

$$T = t_1 - t_2 \quad (6.4)$$

Όπου:  $T$  = η περίοδος των διαδοχικών κυμάτων (sec),  
 $t_1$  = ο χρόνος μέτρησης του πρώτου κύματος (sec),  
 $t_2$  = ο χρόνος μέτρησης του δεύτερου κύματος (sec).

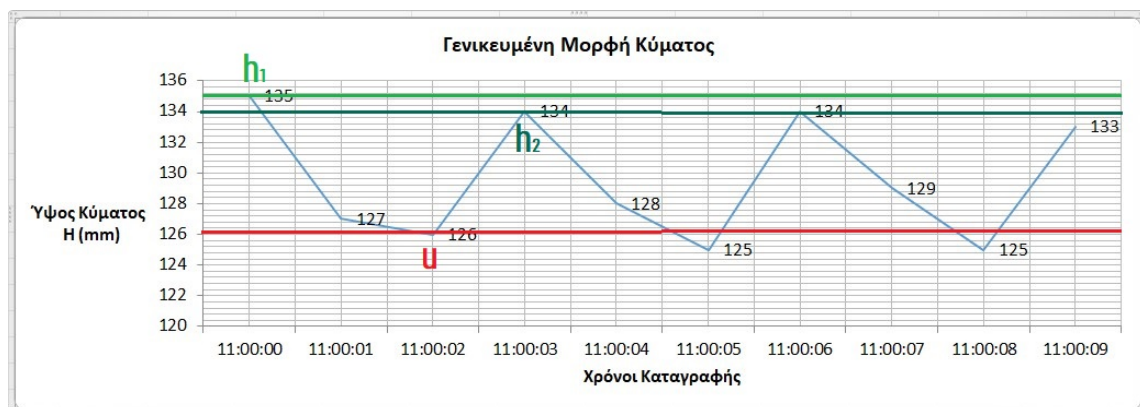


Σχήμα 6.5: Παράδειγμα διαγράμματος γενικευμένης μορφής κύματος.

Έπειτα, όπως διακρίνονται στο ακόλουθο Σχήμα 6.6, υπολογίστηκε το μέσο ύψος όλων των μετρημένων από τη συσκευή κυμάτων, λαμβάνοντας τη μέση διαφορά μεταξύ των δύο αλληπάλληλων ανωτάτων υψών (κορυφών) με την ενδιάμεση των δύο κατώτατη τιμή ύψους κύματος (κοιλιά). Ως ύψος κύματος, ορίζεται η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ μιας διαδοχικής κορυφής και μιας κοιλιάς, δηλαδή της ανώτερης και της κατώτερης θέσης ενός μεμονωμένου κύματος. Στο ακόλουθο Σχήμα 6.6 διακρίνεται η αλληλουχία επιλογής των τιμών των  $h_1$ ,  $h_2$  και  $u$  για τον υπολογισμό του Μέσου Ύψους Κύματος. Η ίδια διαδικασία εφαρμόστηκε τόσο για τη μέθοδο Pelamis, όσο και για τη μέθοδο Salter's Duck, σε όλες τις βαθμίδες ισχύος. Ο υπολογισμός του μέσου ύψους γίνεται με τη χρήση της ακόλουθης Σχέσης 5.5 που δίνεται παρακάτω:

$$H = \frac{1}{2} \cdot [(h_1 - u) + (h_2 - u)] \quad (6.5)$$

Όπου:  $H$  = το μέσο ύψος κύματος (mm),  
 $h_1$  = το ύψος της πρώτης κορυφής (mm),  
 $h_2$  = το ύψος της δεύτερης κορυφής (mm),  
 $u$  = το ύψος της ενδιάμεσης κοιλιάς (mm).



Σχήμα 6.6: Παράδειγμα διαγράμματος γενικευμένης μορφής κύματος.

### 6.3.2 Πίνακες Διασποράς δευτερολέπτων ανά Μέσο Ύψος Κύματος

Αφού υπολογίστηκαν με αυτόν τον τρόπο, το Ύψος και την Περίοδο για τις 1480 καταγραφές-μετρήσεις της κάθε πειραματικής διαδικασίας, με τα ομοιώματα Relamis και Salter's Duck, σε όλες τις βαθμίδες, δημιουργούνται οι Πίνακες Διασποράς 6.5 και 6.6.

**Πίνακας 6.5:** Διασπορά δευτερολέπτων ανά Μέσο Ύψος Κύματος - Ομοίωμα Relamis

Μέσο Ύψος Κύματος H (mm)	Περίοδος κύματος T (sec)							Tot sec
	3	4	5	6	7	8	9	
12	1	0	0	0	0	0	0	3
11,5	2	0	0	0	0	0	0	6
11	15	0	0	0	0	0	0	45
10,5	18	0	0	0	0	0	0	54
10	17	1	0	0	0	0	0	55
9,5	26	4	0	0	0	0	0	94
9	21	1	0	0	0	0	0	67
8,5	7	4	0	0	0	0	0	37
8	2	1	0	0	0	0	0	10
7,5	0	0	1	1	0	0	1	20
7	0	0	5	1	0	1	6	93
6,5	0	0	6	0	0	1	8	110
6	0	0	4	4	0	3	6	122
5,5	0	0	11	6	0	1	6	153
5	0	10	8	8	0	1	4	172
4,5	0	12	3	5	0	1	1	110
4	3	40	4	0	0	2	0	205
3,5	2	16	2	1	0	0	0	86
3	0	5	2	0	0	0	0	30
2,5	0	2	0	0	0	0	0	8
<b>Σύνολο (sec)</b>								<b>1480</b>



**Πίνακας 6.6:** Διασπορά δευτερολέπτων ανά Μέσο Ύψος Κύματος - Ομοίωμα Salter's Duck.

Μέσο Ύψος Κύματος H (mm)	Περίοδος κύματος T (sec)						Tot sec
	2	3	4	5	6	7	
17,5	0	4	0	0	0	0	12
17	0	10	0	0	0	0	30
16,5	0	11	0	0	0	0	33
16	2	7	0	0	0	0	25
15,5	5	8	0	0	0	0	34
15	5	9	0	0	0	0	37
14,5	7	15	0	0	0	0	59
14	4	20	0	0	0	0	68
13,5	4	8	0	0	0	0	32
13	0	6	0	0	0	0	18
12,5	1	5	0	0	0	0	17
12	0	1	0	0	0	0	3
11,5	0	0	0	0	0	0	0
11	0	6	0	0	0	0	18
10,5	0	4	1	0	0	0	16
10	0	14	0	0	0	0	42
9,5	0	9	1	0	0	0	31
9	0	13	1	0	0	0	43
8,5	0	7	5	0	0	0	41
8	0	9	8	0	0	1	66
7,5	0	3	19	0	0	0	85
7	0	0	8	0	0	5	67
6,5	0	0	10	3	2	1	74
6	0	0	13	7	5	4	145
5,5	0	1	13	6	4	4	137
5	1	2	11	9	0	6	139
4,5	0	2	5	4	2	2	72
4	0	2	2	3	3	1	54
3,5	0	0	1	4	2	1	43
3	3	2	0	0	0	0	12
2,5	3	2	0	0	0	0	12
2	1	0	1	0	0	0	6
1,5	2	1	0	0	0	0	7
1	1	0	0	0	0	0	2
<b>Σύνολο (sec)</b>							<b>1480</b>

Με χρήση των τιμών του Μέσου Ύψους Κύματος και της Περιόδου που υπολογίσαμε για όλες τις καταγραφές της συσκευής εκμετάλλευσης κυματικής ενέργειας, προχωρήσαμε στη σύνθεση των Πινάκων 6.5 και 6.6.

Αφού συγκεντρώσαμε όλα τα ζεύγη Περιόδου (T) και Μέσου Ύψους Κύματος (H) που προέκυψαν (όπως εξηγήθηκε στο Σχήμα 6.3) για τις δύο Πειραματικές Διαδικασίες (Pelamis και Salter's Duck), σε όλες τις βαθμίδες, τα ταξινομήσαμε ανά Μέσο Ύψους Κύματος. Καταγράψαμε δηλαδή, πόσες φορές η κάθε τιμή ύψους κύματος, εμφανίζεται για αντίστοιχα κάθε τιμή Περιόδου. Κάτω δηλαδή από κάθε τιμή Περιόδου (T) (στήλη), αναγράφεται ο αριθμός των φόρων που το κάθε Μέσο Ύψους Κύματος (H) (γραμμή) εμφανίστηκε με την αντίστοιχη τιμή Περιόδου (T).

Το εύρος των τιμών Περιόδου (T) και Ύψους Κύματος (H) του Πίνακα, προκύπτει από το σύνολο των τιμών Περιόδου (T) και Μέσων Ύψων Κύματος (H) που προέκυψαν από τους υπολογισμούς πάνω στα δεδομένα των καταγραφών της συσκευής της εκάστοτε Πειραματικής Διαδικασίας (Pelamis και Salter's Duck, σε όλες τις αντίστοιχες βαθμίδες).

Για παράδειγμα, το Μέσο Ύψους Κύματος (H) των 10mm, για τη μέθοδο Pelamis, εμφανίστηκε σε όλους τους υπολογισμούς Περιόδου (T) - Ύψους Κύματος (H), 17 φορές με Περίοδο (T) 3 sec, 1 φορά με Περίοδο (T) 4 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 5 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 6 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 7 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 8 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 9 sec.

Επίσης για παράδειγμα με τη μέθοδο Pelamis, το Μέσο Ύψους Κύματος (H) των 5.5mm, εμφανίστηκε 0 φορές με Περίοδο (T) 3 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 4 sec, 11 φορές με Περίοδο (T) 5 sec, 6 φορές με Περίοδο (T) 6 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 7 sec, 1 φορά με Περίοδο (T) 8 sec και 6 φορές με Περίοδο (T) 9 sec.

Για παράδειγμα, με τη μέθοδο Salter's Duck, το Μέσο Ύψους Κύματος (H) των 6mm, εμφανίστηκε σε όλους τους υπολογισμούς Περιόδου (T) - Ύψους Κύματος (H), 0 φορές με Περίοδο (T) 2 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 3 sec, 13 φορές με Περίοδο (T) 4 sec, 7 φορές με Περίοδο (T) 5 sec, 5 φορές με Περίοδο (T) 6 sec, 4 φορές με Περίοδο (T) 7 sec.

Επίσης για παράδειγμα με τη μέθοδο Salter's Duck, το Μέσο Ύψους Κύματος (H) των 14mm, εμφανίστηκε σε όλους τους υπολογισμούς Περιόδου (T) - Ύψους Κύματος (H), 4 φορές με Περίοδο (T) 2 sec, 20 φορές με Περίοδο (T) 3 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 4 sec, 0 φορές

με Περίοδο (T) 4 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 5 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 6 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 7 sec.

Στην τελευταία δεξιά στήλη των Πινάκων 6.5 και 6.6, η κάθε τιμή αποτελεί το άθροισμα των γινομένων των φορών εμφάνισης της κάθε τιμής Μέσου Ύψους Κύματος (H) για κάθε Περίοδο (T), με την αντίστοιχη τιμή Περιόδου (T). Δηλαδή αποτελεί το σύνολο των δευτερολέπτων που μετρήθηκε το κάθε Μέσο Ύψος Κύματος (H) από τη συσκευή. Για κάθε Ύψος Κύματος (H), πολλαπλασιάζεται ο αριθμός των φορών που εμφανίστηκε σε κάθε Περίοδο (T), με τον αριθμό των δευτερολέπτων της κάθε αντίστοιχης Περιόδου (T). Όλα τα γινόμενα αριθμού φορών εμφάνισης και δευτερολέπτων περιόδου ανα γραμμή προστίθενται και προκύπτει το άθροισμα των γινομένων στο τέλος της γραμμής.

Για παράδειγμα, το Μέσο Ύψος Κύματος (H) των 8.5 mm για τη μέθοδο Pelamis, εμφανίστηκε 7 φορές με Περίοδο (T) 3 sec, 4 φορές με Περίοδο (T) 4 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 5 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 6 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 7 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 8 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 9 sec..

Συνεπώς:

- $7 \cdot 3 \text{ sec} + 4 \cdot 4 \text{ sec} + 0 \cdot 5 \text{ sec} + 0 \cdot 6 \text{ sec} + 0 \cdot 7 \text{ sec} + 0 \cdot 8 \text{ sec} + 0 \cdot 9 \text{ sec} = 37 \text{ sec}$

Αντίστοιχα, το Μέσο Ύψος Κύματος (H) των 5mm, για τη μέθοδο Salter's Duck, εμφανίστηκε 1 φορά με Περίοδο (T) 2 sec, 2 φορές με Περίοδο (T) 3 sec, 11 φορές με Περίοδο (T) 4 sec, 9 φορές με Περίοδο (T) 5 sec, 0 φορές με Περίοδο (T) 6 sec, 6 φορές με Περίοδο (T) 7 sec.

Συνεπώς:

- $1 \cdot 2 \text{ sec} + 2 \cdot 3 \text{ sec} + 11 \cdot 4 \text{ sec} + 9 \cdot 5 \text{ sec} + 0 \cdot 6 \text{ sec} + 6 \cdot 7 \text{ sec} = 139 \text{ sec}$

Η τελική τιμή του πίνακα (κάτω, δεξιά) ισούται με το άθροισμα των επιμέρους συνόλων των δευτερολέπτων (Περίοδου) που εμφανίστηκαν-μετρήθηκαν όλες οι τιμές Μέσου Ύψους Κύματος (H). Αποτελεί δηλαδή το άθροισμα των τιμών της τελευταίας δεξιά στήλης των συνολικών δευτερολέπτων.

### 6.3.3 Παραγόμενη Κυματική Ισχύς

Στην προηγούμενη παράγραφο προσδιορίστηκε η ενέργεια που παράγουν τα εργαστηριακά ομοιώματα των διάταξεων Pelamis και Salter's Duck. Εδώ θα προσδιοριστεί η συνολική

Ισχύς (W) που έχουν τα κύματα που παρήχθησαν κατά τις πειραματικές διαδικασίες με τη χρήση των διάταξεων Pelamis και Salter's Duck για όλες τις βαθμίδες της εκάστοτε διαδικασίας.

- Για την Πειραματική Διαδικασία με τη χρήση του ομοιώματος Pelamis, με βάση την Περίοδο (T) του κύματος και του Μέσου Ύψους (H) του (Πίνακας 6.5), μπορεί να προσδιοριστεί η ενέργειά που αυτό φέρει. Η συνολική Ισχύς (W) που φέρουν τα παραγόμενα κύματα υπολογίζεται με βάση την Σχέση 6.3 (Twidell και Weir, 2015) και τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 6.7.
- Για την Πειραματική Διαδικασία με τη χρήση του ομοιώματος Salter's Duck, με βάση την Περίοδο (T) του κύματος και του Μέσου Ύψους (H) του (Πίνακας 6.6), μπορεί να προσδιοριστεί η ενέργειά που αυτό φέρει. Η συνολική Ισχύς (W) που φέρουν τα παραγόμενα κύματα υπολογίζεται με βάση την Σχέση 6.3 (Twidell και Weir, 2015) και τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 6.8.

Η Σχέση 6.3 (Twidell και Weir, 2015), υπολογίζει την Κυματική Ισχύ (W) ανά μέτρο (m) μετώπου του κύματος, δηλαδή σε μονάδες W/m. Για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε την τιμή της Ισχύος του συνόλου των κυματισμών που παρήχθησαν κατά την εκάστοτε Πειραματική Διαδικασία (Pelamis και Salter's Duck), με την αντίστοιχη τιμή της Ισχύος (W) που παρήγαγε η εκάστοτε κάθε διάταξη (Pelamis και Salter's Duck), για όλες τις βαθμίδες της κάθε διαδικασίας και να υπολογίσουμε το ποσοστό Απόδοσης (%) αυτών, θα χρειαστεί να διατηρήσουμε την τιμή σε (W). Έτσι κάθε τιμή Ισχύος (W) που θα υπολογιστεί, πριν τοποθετηθεί στους Πίνακες 6.7 και 6.8 αντίστοιχα, θα πολλαπλασιαστεί επιπλέον με το πλάτος d του καναλιού ροής, εντός του οποίου διαδίδονται οι κυματισμοί κατά την Πειραματική Διαδικασία. Το πλάτος  $d = 0,08$  m του καναλιού ροής είναι σταθερό καθ' όλο το μήκος του. Έτσι για  $d = 0,08$  m έχουμε:

- Παραγόμενη κυματική ισχύς για τη διάταξη Pelamis 5,05 W.
- Παραγόμενη κυματική ισχύς για τη διάταξη Salter's Duck 10,01 W.

**Πίνακας 6.7:** Συνολική ενέργεια που φέρουν τα παραγόμενα κύματα - Ομοίωμα Pelamis.

Μέσο Ύψος Κύματος H (mm)	Περίοδος κύματος T (Sec)							Συνολική Ισχύς (W)
	3	4	5	6	7	8	9	
12	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
11,5	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
11	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42
10,5	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46
10	0,39	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42
9,5	0,54	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65
9	0,39	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42
8,5	0,12	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
8	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
7,5	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,04	0,09
7	0,00	0,00	0,09	0,02	0,00	0,03	0,20	0,35
6,5	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,03	0,23	0,36
6	0,00	0,00	0,06	0,07	0,00	0,07	0,15	0,34
5,5	0,00	0,00	0,13	0,08	0,00	0,02	0,13	0,35
5	0,00	0,08	0,08	0,09	0,00	0,02	0,07	0,33
4,5	0,00	0,07	0,02	0,05	0,00	0,01	0,01	0,17
4	0,01	0,20	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,25
3,5	0,01	0,06	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,08
3	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
2,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Συνολική Ισχύς (W)</b>	<b>2,45</b>	<b>0,70</b>	<b>0,54</b>	<b>0,34</b>	<b>0,00</b>	<b>0,19</b>	<b>0,83</b>	<b>5,05</b>

**Πίνακας 6.8:** Συνολική ενέργεια που φέρουν τα παραγόμενα κύματα - Ομοίωμα Salter's Duck.

Μέσο Ύψος Κύματος H (mm)	Περίοδος Κύματος T (sec)						Συνολική Ισχύς (W)
	2	3	4	5	6	7	
17,5	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
17	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66
16,5	0,00	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69
16	0,08	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49
15,5	0,18	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63
15	0,17	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64
14,5	0,23	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95
14	0,12	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02
13,5	0,11	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45
13	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
12,5	0,02	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
12	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
11,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
10,5	0,00	0,10	0,03	0,00	0,00	0,00	0,14
10	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32
9,5	0,00	0,19	0,03	0,00	0,00	0,00	0,21
9	0,00	0,24	0,02	0,00	0,00	0,00	0,27
5	0,00	0,12	0,11	0,00	0,00	0,00	0,23
8	0,00	0,13	0,16	0,00	0,00	0,03	0,32
7,5	0,00	0,04	0,33	0,00	0,00	0,00	0,37
7	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,13	0,25
6,5	0,00	0,00	0,13	0,05	0,04	0,02	0,24
6	0,00	0,00	0,14	0,10	0,08	0,08	0,40
5,5	0,00	0,01	0,12	0,07	0,06	0,06	0,32
5	0,00	0,01	0,08	0,09	0,00	0,08	0,27
4,5	0,00	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,11
4	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,07
3,5	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,04
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
2,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Συνολική Ισχύς (W)</b>	<b>0,93</b>	<b>6,71</b>	<b>1,33</b>	<b>0,37</b>	<b>0,23</b>	<b>0,45</b>	<b>10,01</b>



Οι Πίνακες 6.7 και 6.8 αποτελούν συνέχεια των αντίστοιχων Πινάκων 6.5 και 6.6 αντίστοιχα για κάθε διαδικασία (Pelamis και Salter's Duck). Το εύρος των τιμών Περιόδου (T) και Ύψους Κύματος (H) των αξόνων των Πινάκων 5.7 και 5.8, προκύπτει από το σύνολο των τιμών Περιόδου και Μέσων Ύψων Κύματος (H) που εμφανίζεται, εξαρτάται και είναι το ίδιο με τη διασπορά των τιμών στους προηγούμενους αντίστοιχους αυτών Πίνακες 6.5 και 6.6 (για Pelamis και Salter's Duck).

Για τη σύνθεση των τιμών των Πινάκων 6.7 και 6.8, δεδομένης της Περιόδου (T) και του Μέσου Ύψους Κύματος (H) των προηγούμενων αντίστοιχων Πινάκων 6.5 και 6.6 για την κάθε διαδικασία, υπολογίζεται σε κάθε κελί η Ισχύς (W) του συνόλου των συνδυασμών Ύψων (H) – Περιόδων (T) μέσα από τη χρήση της Σχέσης 6.3 για την Ισχύ (W) των κυμάτων.

Για παράδειγμα στον Πίνακα 6.5, το Μέσο Ύψος Κύματος (H) των 9.5mm, εμφανίζεται 26 φορές για την Περίοδο (T) των 3sec. Έτσι, στην Σχέση 6.3, για τον υπολογισμό της Ισχύος (W) του συνδυασμού αυτού, στην τιμή του Ύψους Κύματος H(m), τοποθετούμε την τιμή του Μέσου Ύψους Κύματος (H) και στη συγκεκριμένη περίπτωση τα 9.5mm ή 0,0095m. Στην τιμή της Περιόδου (T) τοποθετούμε τον αριθμό των φορών που εμφανίστηκε το κύμα των 9.5mm για Περίοδο (T) 3 sec, δηλαδή 26 φορές (Πίνακας 6.5), επί την τιμή της Περιόδου (T), δηλαδή 3 sec. Από τη Σχέση 6.3 έχουμε:

$$P = \frac{\rho \cdot g^2 \cdot H^2 \cdot T}{32 \cdot \pi} \Rightarrow P = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}\right)^2 \cdot (0,0095 \text{ m})^2 \cdot (26 \cdot 3 \text{ sec})}{32 \cdot \pi} \Rightarrow P = \mathbf{6,742 \text{ W/m}}$$

Η τιμή όπως αναφέρθηκε, θα πολλαπλασιαστεί με το πλάτος του καναλιού ροής, d=0.08m.

$$P = 6,742 \frac{\text{W}}{\text{m}} \cdot 0,08 \text{ m} = \mathbf{0,54 \text{ W}}$$

Αντίστοιχα για παράδειγμα, στον Πίνακα 6.6 το Μέσο Ύψος Κύματος (H) των 7.5mm, εμφανίζεται 19 φορές για την Περίοδο (T) των 4sec. Έτσι, στην Σχέση 6.3, για τον υπολογισμό της Ισχύος (W) του συνδυασμού αυτού, στην τιμή του Ύψους Κύματος H(m), τοποθετούμε την τιμή του Μέσου Ύψους Κύματος (H) και στη συγκεκριμένη περίπτωση τα 7.5mm ή 0,0075m. Στην τιμή της Περιόδου T(sec) τοποθετούμε τον αριθμό των φορών που εμφανίστηκε το κύμα των 7.5mm για Περίοδο (T) 4 sec, δηλαδή 19 φορές (Πίνακας 6.6), επί την τιμή της Περιόδου (T), δηλαδή 4 sec. Από τη Σχέση 6.3 έχουμε:

$$P = \frac{\rho \cdot g^2 \cdot H^2 \cdot T}{32 \cdot \pi} \Rightarrow P = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}\right)^2 \cdot (0,0075 \text{ m})^2 \cdot (19,4 \text{ sec})}{32 \cdot 3,14} \Rightarrow P = 4,094 \text{ W/m}$$

Η τιμή όπως αναφέρθηκε, θα πολλαπλασιαστεί με το πλάτος του καναλιού ροής,  $d=0,08\text{m}$ .

$$P = 4,094 \frac{\text{W}}{\text{m}} \cdot 0,08 \text{ m} = 0,33 \text{ W}$$

Έτσι στον Πίνακα 6.8 προκύπτει η τιμή  $P = 0,33 \text{ W}$  για κύματα Μέσου Ύψους Κύματος (H)=7.5 mm και Περιόδου (T) = 4 sec.

Στην τελευταία δεξιά στήλη του Πίνακα 6.7 και του Πίνακα 6.8, βρίσκεται το άθροισμα των επιμέρους υπολογισμών Ισχύος (W) για κάθε τιμή Ύψους (H), δηλαδή το άθροισμα των τιμών ανά γραμμή πίνακα, ενώ στην τελευταία κάτω γραμμή των Πινάκων 6.7 και 6.8, βρίσκεται το άθροισμα των επιμέρους υπολογισμών ισχύος (W) για κάθε τιμή Περιόδου (T), δηλαδή το άθροισμα των τιμών ανά στήλη πίνακα.

Στο τελευταίο κάτω δεξιά κελί, των Πινάκων 6.7 και 6.8, βρίσκεται το άθροισμα όλων των επιμέρους κανονικών τιμών ισχύος του Πίνακα, η Συνολική Κυματική Ισχύς (W) δηλαδή της Πειραματικής Διαδικασίας για τις μεθόδους Pelamis και Salter's Duck στις 4 βαθμίδες και στο σύνολο του χρόνου λειτουργίας της συσκευής για κάθε μια μέθοδο.

Το άθροισμα των τιμών τόσο της τελευταίας στήλης των Πινάκων 6.7 και 6.8, όσο και της τελευταίας γραμμής στις οποίες αθροίζονται οι κανονικές τιμές ισχύος των γραμμών και των στηλών των Πινάκων αντίστοιχα, ισούται εξίσου με τη συνολική ισχύ των κανονικών τιμών του Πίνακα.

### 6.3.4 Απόδοση Ισχύς Ομοιωμάτων

Σε αυτή την ενότητα θα γίνει μια προσεγγιστική σε πινακοποιημένη μορφή η απόδοση των ομοιωμάτων, αφού γνωρίζουμε τη μέγιστη ικανότητα παραγωγής της συσκευής. Ο Πίνακας 6.9 και ο Πίνακας 6.10 παρουσιάζουν το ποσοστό από την ισχύ που θα μπορεί να παράγει το ομοίωμα Pelamis και Salter's Duck, αντίστοιχα, συνάρτηση του  $H_s$  και  $T_e$ . Οι Πίνακες αυτοί δημιουργήθηκαν με τη βοήθεια της Σχέσης 6.3.

**Πίνακας 6.9:** Ισχύς σε ποσοστά ομοιώματος Relamis ως συνάρτηση του  $H_s$  και του  $T_s$ .

	Περίοδος $T_e$ (s)						
	3	4	5	6	7	8	9
0.0005	-	-	-	-	-	-	-
0.0010	-	-	-	-	-	-	-
0.0015	-	-	2%	2%	3%	3%	3%
0.0020	2%	3%	3%	4%	4%	5%	6%
0.0025	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%
0.0030	4%	6%	7%	9%	10%	11%	13%
0.0035	6%	8%	10%	12%	14%	16%	18%
0.0040	8%	10%	13%	15%	18%	20%	23%
0.0045	10%	13%	16%	19%	23%	26%	29%
0.0050	12%	16%	20%	24%	28%	32%	36%
0.0055	14%	19%	24%	29%	34%	39%	43%
0.0060	17%	23%	29%	34%	40%	46%	52%
0.0065	20%	27%	34%	40%	47%	54%	61%
0.0070	23%	31%	39%	47%	55%	63%	70%
0.0075	27%	36%	45%	54%	63%	72%	81%
0.0080	31%	41%	51%	61%	71%	82%	92%
0.0085	35%	46%	58%	69%	81%	92%	100%
0.0090	39%	52%	65%	78%	90%	100%	100%
0.0095	43%	58%	72%	86%	100%	100%	100%
0.0100	48%	64%	80%	96%	100%	100%	-
0.0105	53%	70%	88%	100%	100%	-	-
0.0110	58%	77%	97%	100%	-	-	-
0.0115	63%	84%	100%	100%	-	-	-
0.0120	69%	92%	100%	-	-	-	-

**Πίνακας 6.10:** Ισχύς σε ποσοστά ομοιώματος Salter's Duck συνάρτηση του  $H_s$  και του  $T_s$  .

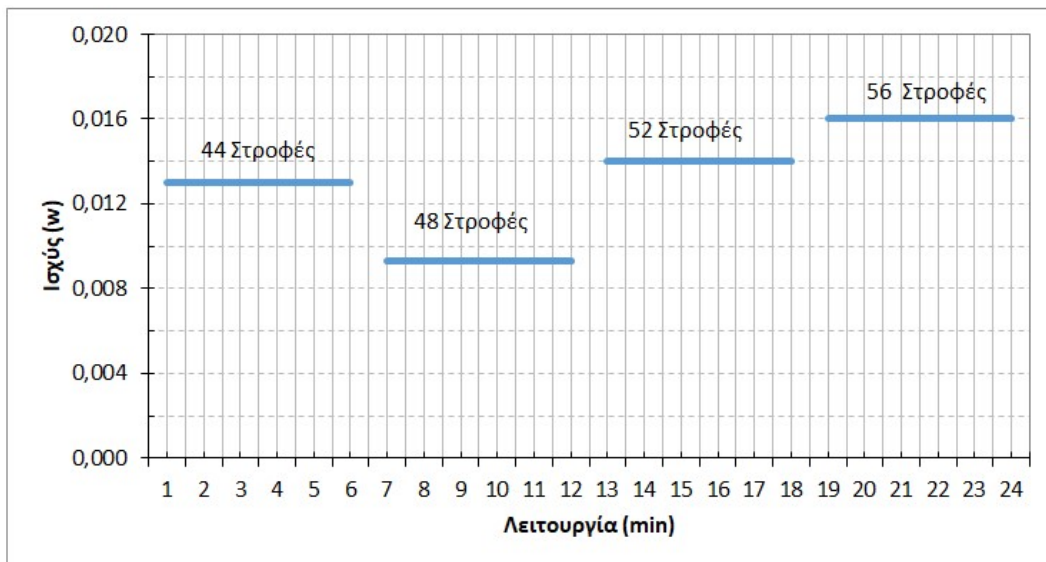
	Περίοδος $T_e$ (s)				
	3	4	5	6	7
0.0005	-	-	-	-	-
0.0010	-	-	-	-	-
0.0015	-	-	-	-	2%
0.0020	-	2%	2%	2%	3%
0.0025	2%	2%	3%	4%	4%
0.0030	3%	3%	4%	5%	6%
0.0035	4%	5%	6%	7%	8%
0.0040	5%	6%	8%	9%	11%
0.0045	6%	8%	10%	12%	14%
0.0050	7%	10%	12%	14%	17%
0.0055	9%	12%	14%	17%	20%
0.0060	10%	14%	17%	21%	24%
0.0065	12%	16%	20%	24%	28%
0.0070	14%	19%	23%	28%	33%
0.0075	16%	22%	27%	32%	38%
0.0080	18%	25%	31%	37%	43%
0.0085	21%	28%	35%	41%	48%
0.0090	23%	31%	39%	47%	54%
0.0095	26%	35%	43%	52%	60%
0.0100	29%	38%	48%	57%	67%
0.0105	32%	42%	53%	63%	74%
0.0110	35%	46%	58%	69%	81%
0.0115	38%	51%	63%	76%	89%
0.0120	41%	55%	69%	83%	96%
0.0125	45%	60%	75%	90%	100%
0.0130	49%	65%	81%	97%	100%
0.0135	52%	70%	87%	100%	100%
0.0140	56%	75%	94%	100%	-
0.0145	60%	81%	100%	100%	-
0.0150	65%	86%	100%	-	-
0.0155	69%	92%	100%	-	-
0.0160	74%	98%	100%	-	-
0.0165	78%	100%	-	-	-
0.0170	83%	100%	-	-	-
0.0175	88%	100%	-	-	-
0.0180	93%	-	-	-	-

## 6.4 Συμπεράσματα Πειραματικής Διαδικασίας

### 6.4.1 Συμπεράσματα Πειραματικής Διαδικασίας Pelamis

Η πειραματική διαδικασία με τη διάταξη Pelamis, απέδωσε ενέργεια της τάξης των 0,0523 W. Η ενέργεια των κυμάτων που παρήχθησαν, ανήλθε στα 5,05 W. Η σύγκριση των 2 μεγεθών, μας δείχνει ότι η συνολική απόδοση της διάταξης, το τι ποσοστό της παρεχόμενης από τους κυματισμούς ισχύος μπορούσε δηλαδή η διάταξη να εκμεταλλευτεί, για το σύνολο της διαδικασίας των 4 βαθμίδων, ανήλθε περίπου στο 1,04 %.

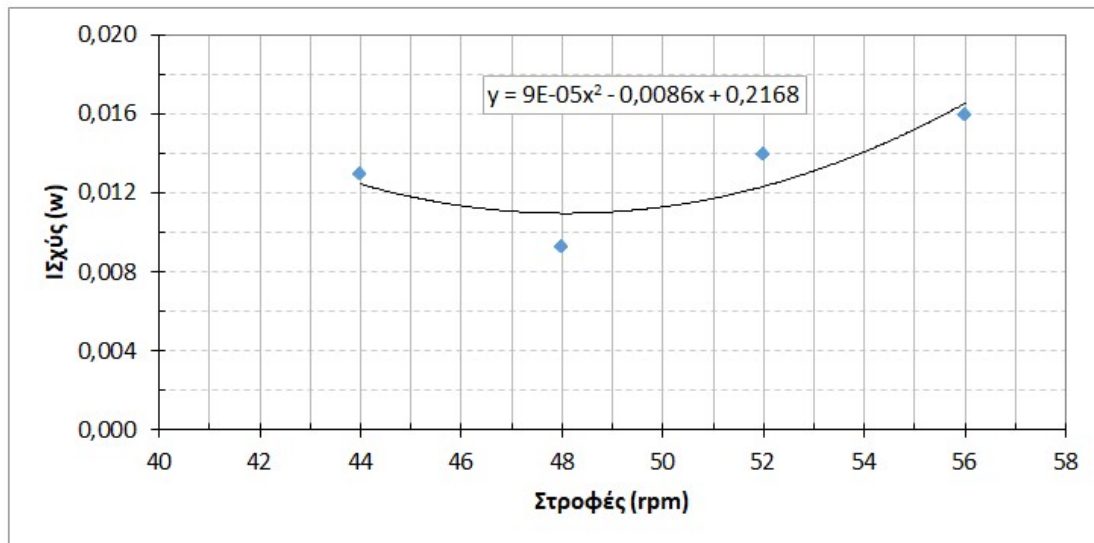
Αν παραστήσουμε σε διάγραμμα την αποδιδόμενη ενέργεια σε συνάρτηση με τις βαθμίδες προκύπτει η ακόλουθη γραφική παράσταση (Σχήμα 6.7).



Σχήμα 6.7: Διάγραμμα αποδιδόμενης ισχύος συναρτήσει των rpm με τη διάταξη Pelamis.

Αν ερμηνεύσουμε το διάγραμμα, παρατηρούμε ότι από τις 44 έως τις 58 στροφές ανά λεπτό, η ισχύς που αποδίδεται είναι σχεδόν σταθερή με μία ελαφρά μείωση στις 48 στροφές ανά λεπτό, χωρίς όμως αυτό να αλλάζει τη γενική τάση.

Στο ακόλουθο γράφημα (Σχήμα 6.8), δημιουργείται μια παράσταση των στροφών, συναρτήσει της Ισχύος (W), για την Πειραματική Διαδικασία με τη διάταξη Salter's Duck, σε όλες τις βαθμίδες ισχύος.



**Σχήμα 6.8:** Εξίσωση αποδιδόμενης ισχύος συναρτήσει των στροφών ανά λεπτό με τη διάταξη Pelamis.

Παρατηρείται πως στη 2<sup>η</sup> βαθμίδα, εμφανίζεται μια μείωση της ισχύος (W), παρά την αύξηση των στροφών της συσκευής. Στην συνέχεια, στην 3<sup>η</sup> αλλά και στην 4<sup>η</sup> βαθμίδα, παρατηρείται πως με την αύξηση των στροφών, η Ισχύς (W) αυξάνεται ελαφρώς. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να αποτελεί πιθανό σφάλμα.

Δύο πιθανά σενάρια λόγω των οποίων μπορεί να προκύπτει το παραπάνω είναι τα εξής:

- Φαίνεται σε αυτούς τους κυματισμούς να μην αποδίδει η διάταξη αυτή, όμως η καμπύλη της Γραμμής Τάσης δείχνει να μπορεί να ισχύει κάτι τέτοιο.
- Τη 2<sup>η</sup> Βαθμίδα την εκτελέσαμε στο τέλος, μετά την ολοκλήρωση των τριών άλλων Βαθμίδων και συγκεκριμένα, αμέσως μετά την 4<sup>η</sup> Βαθμίδα. Έτσι λοιπόν μέσα από αυτή τη σειρά, ρίξαμε της στροφές και δεν εκτελέσαμε όλη τη διαδικασία αυξητικά. Αυτό σημαίνει ότι ίσως τα μέρη του νερού να ήταν φορτισμένα αρκετά, γεγονός που μπορεί να επηρέασε τον κυματισμό.

Θα ήταν δόκιμο να επαναλάβουμε την ίδια ακριβώς Πειραματική Διαδικασία, τηρώντας αυστηρά την ακολουθία των βαθμίδων ανά αύξουσα τιμή Ποσοστού (%) Ισχύος (AM-1%), μεθοδικά, ώστε να αποκλείσουμε το παραπάνω σφάλμα ή να διακριβώσουμε τα αίτιά του.

Η Πολυωνυμική Συνάρτηση δευτέρου βαθμού που προκύπτει από τη Γραμμή Τάσης του Υπολογιστικού Φύλλου για την διάταξη Pelamis στο Σχήμα 6.8, είναι η εξής:

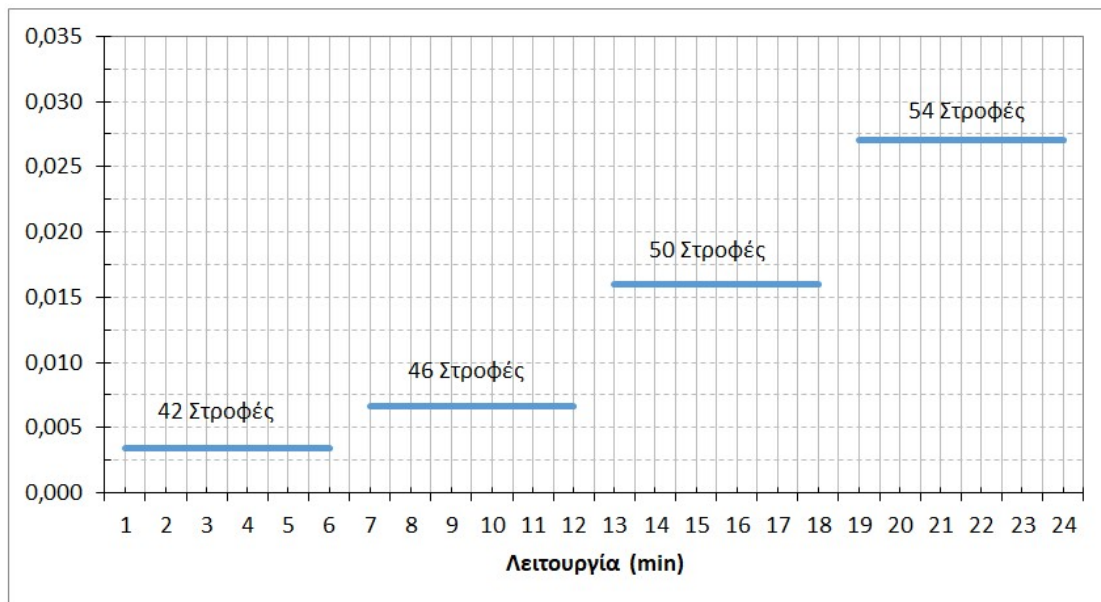
$$y = 9 \cdot 10^{-5}x^2 - 0,0086x + 0,2168 \quad (6.6)$$



#### 6.4.2 Συμπεράσματα Πειραματικής Διαδικασίας Salter's Duck

Η πειραματική διαδικασία με τη διάταξη Salter's Duck, απέδωσε ενέργεια της τάξης των 0,053 W. Η ενέργεια των κυμάτων που παρήχθησαν, ανήλθε στα 10,04 W. Η σύγκριση των 2 μεγεθών, μας δείχνει ότι η συνολική απόδοση της διάταξης, το τι ποσοστό της παρεχόμενης από τους κυματισμούς ισχύος μπορούσε δηλαδή η διάταξη να εκμεταλλευτεί, για το σύνολο της διαδικασίας των 4 βαθμίδων, ανήλθε περίπου στο 0,53 %.

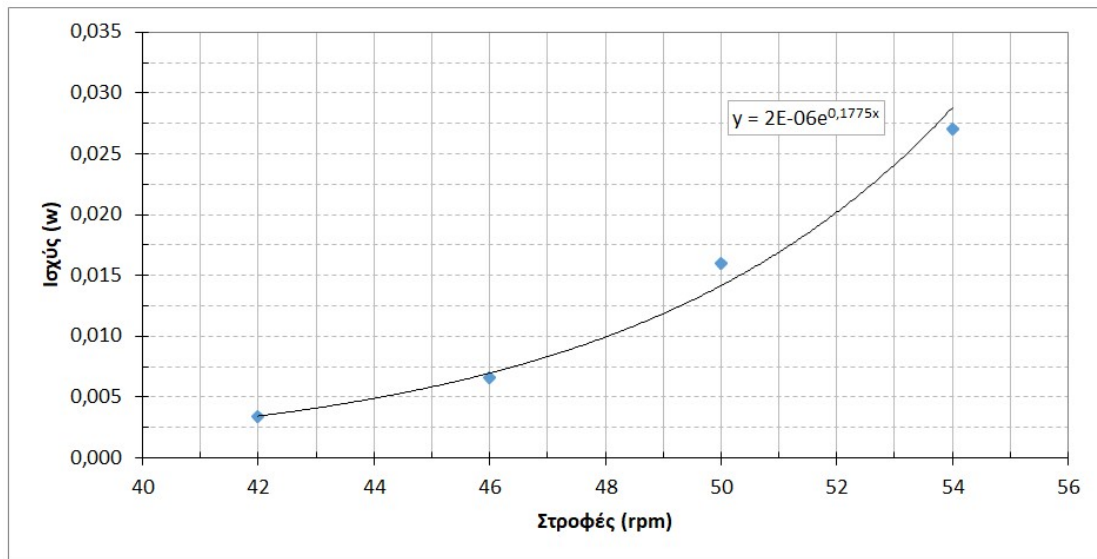
Αν παραστήσουμε σε διάγραμμα την αποδιδόμενη ενέργεια σε συνάρτηση με τις βαθμίδες προκύπτει η ακόλουθη γραφική παράσταση (Σχήμα 6.9).



**Σχήμα 6.9:** Διάγραμμα αποδιδόμενης ισχύος συναρτήσει των rpm με τη διάταξη Salter's Duck.

Αν ερμηνεύσουμε το διάγραμμα, παρατηρούμε ότι από τις 42 έως τις 54 στροφές ανά λεπτό, η ισχύς που αποδίδεται αυξάνεται με την αύξηση των στροφών. Όταν η διάταξη λειτούργησε με 58 στροφές ανά λεπτό, η αποδιδόμενη ισχύς ήταν σαφώς μεγαλύτερη.

Στο ακόλουθο γράφημα (Σχήμα 6.10), δημιουργείται μια παράσταση των στροφών, συναρτήσει της Ισχύος (W), για την Πειραματική Διαδικασία με τη διάταξη Pelamis σε όλες τις βαθμίδες ισχύος.



**Σχήμα 6.10:** Εξίσωση αποδιδόμενης ισχύος συναρτήσει των rpm με τη διάταξη Salter's Duck.

Στο Σχήμα 6.10, παρατηρείται εκθετική αύξηση της ισχύος με την αύξηση του αριθμού των στροφών.

Η Εκθετική Συνάρτηση που προκύπτει από τη Γραμμή Τάσης του Υπολογιστικού Φύλλου για την διάταξη Salter's Duck στο Σχήμα 6.10, είναι η εξής:

$$y = 2 \cdot 10^{-6} \cdot e^{0,1775x} \quad (6.7)$$

## 7. Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, μικρής ή μεσαίας κλίμακας επάκτια μοντέλα εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας, θα μπορούσαν να εγκατασταθούν παντού, αφού στο μεγαλύτερο μέρος της ελληνικής ακτογραμμής υπάρχουν παράκτιες δομές και εγκαταστάσεις (κρηπιδότοιχοι σε μικρά και μεγάλα λιμενικά έργα, μαρίνες, κλπ). Θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν χρήματα τόσο κατά την κατασκευή, με τις ήδη υφιστάμενες δομές να προσφέρουν τη βάση της εγκατάστασης νέων συσκευών, όσο και κατά τη λειτουργία των συσκευών, ενώ θα μπορούσαν επίσης οι συσκευές, να παρέχουν ενέργεια στις ίδιες τις δομές που τις φιλοξενούν αλλά και σε άλλες παραπλήσιες.

Είναι σημαντικό να επιλεγούν και να γίνουν δοκιμές με χαμηλού κόστους επάκτιες συσκευές που θα λειτουργούν αποδοτικά σε χαμηλό εύρος ισχύος (10 – 40 Kw/m) ώστε να ταιριάζουν στο ευρύτερο κυματικό δυναμικό των κλειστών κόλπων των περιοχών της Ελλάδας.

Σε περιπτώσεις ευρείας εκμετάλλευσης, πιθανώς στα ανοιχτά κάποιας θαλάσσιας περιοχής, οι μέθοδοι Pelamis και Salter's Duck που εξετάσαμε στο εργαστήριο κατά τη διάρκεια της Πειραματικής Δοκιμής, αποτελούν αξιόπιστες λύσεις που έχουν μέχρι σήμερα ξεχωρίσει.

Κατά την Πειραματική Διαδικασία, οι δυο μέθοδοι έτρεξαν για παρόμοιο χρονικό διάστημα και περίπου ίδιο εύρος στροφών.

Συγκρίνοντας τις δύο μεθόδους προκύπτει ότι:

- Η μέθοδος Pelamis έχει απόδοση 0,08%, ενώ η Salter's duck παρουσιάζει απόδοση 0,04%.
- Η μέθοδος Pelamis παρουσιάζει σχεδόν σταθερή απόδοση σε όλα τα εύρη στροφών.
- Η μέθοδος Salter's Duck παρουσιάζει καλύτερη απόδοση τάσης σε μέσες έως υψηλές στροφές.

Συνάγονται λοιπόν τα εξής συμπεράσματα:

- Σε περιοχές με ομοιόμορφη κατανομή κυματισμού, η μέθοδος Pelamis πρέπει να προτιμηθεί λόγω καλύτερης απόδοσης.
- Σε περιοχές που επικρατούν χαμηλά έως μέσα ύψη κυματισμών, η Pelamis πρέπει επίσης να προτιμηθεί γιατί δίνει σταθερή απόδοση.

- Σε περιοχές που επικρατούν μέσα έως μεγάλα ύψη κυματισμών, πρέπει να προτιμηθεί η Salter's Duck λόγω της υψηλής απόδοσης ισχύος στα συγκεκριμένα ύψη.

Όσο αφορά το downscaling και τη μέθοδο Froude, συμπεραίνεται ότι στις πειραματικές διατάξεις της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας δεν μπορούν να λειτουργήσουν σωστά. Αυτό συμβαίνει διότι είναι ξεπερνάει την αναλογία  $1:10^7$  πραγματικής με πειραματικής διάταξης και η σχετική βιβλιογραφία θεωρεί απαγορευτική την τόσο μεγάλη διαφορά. Για να επιτευχθεί συνέπεια μεταξύ του εργαστηριακού μοντέλου και της εκδοχής του σε πραγματική κλίμακα, θα πρέπει να πληρούνται γεωμετρικές, κινηματικές και δυναμικές ομοιότητες. Γενικά, πριν από την κατάληξη του τελικού σχεδιασμού ενός εμπορικού WEC, πρέπει να πραγματοποιηθεί εκτενής έρευνα με τη χρήση τόσο αριθμητικών όσο και πειραματικών δοκιμών και θα πρέπει να πραγματοποιούνται οι 5 φάσεις ανάπτυξης που προτείνεται από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Θαλάσσιας Ενέργειας.

Τέλος, καταλήγουμε στην εκτίμηση πως οι παραπάνω συσκευές, θα μπορούσαν να συνεισφέρουν επικουρικά, είτε συνδυασμένες με άλλες ανανεώσιμες πηγές όπως η αιολική ή η ηλιακή και όλες μαζί, να συνεισφέρουν στην παροχή ενέργειας σε κύριες κοινοτικές δομές ή συμπληρωματικά με το κυρίως δίκτυο ηλεκτροπαραγωγής.

## Βιβλιογραφία

- Αγόρης Θ., (2018), «Τεχνολογίες αξιοποίησης της κυματικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή», Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π., Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Αθήνα.
- Αλμπανάκης Κ., (1999), «Μαθήματα Ωκεανογραφίας», University Studio Press, Ανατύπωση 2008, Θεσσαλονίκη.
- Αράπογλου Ε., (2015), «Ανάλυση και Κατηγοριοποίηση Μηχανών Μετατροπής της Κυματικής Ενέργειας σε Ηλεκτρισμό», Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολογίας, Σέρρες.
- Γκαρρακλόβα Σ., Χοτζόγλου Π., (2019), «Σύστημα Συνεκμετάλλευσης Υπεράκτιας Αιολικής και Κυματικής Ενέργειας», Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.
- Δημομελέτης Ι., (2019), «Μελέτη Οικονομικής Εφικτότητας Εγκατάστασης Θαλάσσιου Μηχανισμού Μετατροπής Κυματικής Ενέργειας στον Λιμένα Λινοπεράματος (Ηράκλειο Κρήτης) με Σκοπό την Ηλεκτρική Τροφοδότηση της Ενδοχώρας, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Ναυτική & Θαλάσσια Τεχνολογία & Επιστήμη, Αθήνα.
- Ιωάννου Ρ., (2020), «Βέλτιστες Διατάξεις Συστοιχίας Μετατροπών Κυματικής Ενέργειας Μπροστά από Κατακόρυφο Τοίχο», Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.
- Καρύμπαλης Ευθ., (2010), «Παράκτια Γεωμορφολογία», εκδόσεις Ίων, Αθήνα.
- Κασιμάτης Β., (2006), «Αιολική Ενέργεια και Κυματική Ενέργεια. Διερεύνηση Εφαρμογής σε Θαλάσσια Περιοχή της Λέσβου», Πτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη.
- Καστρίτη Δ., (2013), «Εμφανίσεις Γιγαντιαίων Κυματισμών στις Ελληνικές Θάλασσες, Πτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Αθήνα.
- Λαμκάι Ερ., Λάμπρου Ι. Ν., Μούστρουφα Υπ. Β., (2018), «Παραγωγή Ενέργειας από Θαλάσσια Κύματα: Ανάπτυξη ενός Μοντέλου», Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΤΕ, Πάτρα.

Μουτσάτσος Χ., Προσκεφαλάς Δ., (2019), «Κυματική Ενέργεια και Τεχνολογίες Εκμετάλλευσης - Μετατροπής Θαλασσιών Κυμάτων», Πτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πάτρα.

Ντάβαλης Γ., (2016), «Κυματική Ενέργεια: Τεχνολογίες Εκμετάλλευσης και Ελληνικό Κυματικό Δυναμικό», Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Θεσσαλονίκη.

Πολυζάκης Απ., (2020), «Ενέργεια, Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη», Ιδιωτική Έκδοση

Σουκισσιάν Τακβόρ, (2020), «Οι προοπτικές ανάπτυξης των θαλάσσιων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα», ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

Τζιβίλογλου Μ., (2019), «Στατιστική Μελέτη Σκοπιμότητας Εγκατάστασης Επάκτιων Κυματικών Συσκευών σε Λιμάνια του Αιγαίου Πελάγους», Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά.

Ψύχα Αικ., Μηνόγιαννης Μ., (2020), «Ναυτική Μετεωρολογία», γ' έκδοση, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα.

Coe R. G., Neary V. S., (2014), “Review of methods for modeling wave energy converter survival in extreme sea states”, Proceedings of the 2nd Marine Energy Technology Symposium METS2014 April 15-18, Seattle, WA.

Giannini G., Temiz I., Rosa-Santos P., Shahroozi Z., Ramos V., Götteman M., Engström J., Day S., Taveira-Pinto F., (2020), “Wave Energy Converter Power Take-O System Scaling and Physical Modelling”, Journal of Marine Science and Engineering, MDPI, vol. 8, 632, 1-21.

Greenwood C.E., (2015), “The Impact of Large Scale Wave Energy Converter Farms on the Regional Wave Climate”, PhD Thesis, Lews Castle College, UHI University of the Highlands and Islands

Lavidas G., (2019), “Energy and socio-economic benefits from the development of wave energy in Greece”, TU Delft University of Technology.

Kaldellis J.K., Chrysikos Th., (2018), “Wave Energy Exploitation in the Ionian Sea Hellenic Coasts: Spatial Planning of Potential Wave Power Stations”, International Journal of Sustainable Energy, 38:4, 312-332.



Kaldelis J.K., Efstratiou Chr., Nomikos G., Kondili E., (2017), “Wave Energy Exploitation in the North Aegean Sea: Spatial Planning of Potential Wave Power Stations”, 15th International Conference on Environmental Science and Technology, Rhodes, Greece.

Koker K. L., Crevecoeur G., Meersman B., Vantorreb M., Vandeveldel L., (2017), “A wave emulator for ocean wave energy, a Froude-scaled dry power take-off test setup”, *Renewable Energy*, vol. 105, 1-31.

Majidi A., Bingolbali B., Akpınar A., Iglesias G., Jafali H., (2021), “Downscaling wave energy converters for optimum performance in low-energy seas”, Elsevier, *Renewable Energy*, vol. 168, 705-722.

Masters G., (2016), «Συστήματα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Εκδόσεις Πεδίο.

Miechel W.H., (1968), “Sea spectra simplified”, *Marine Technology*.

Norgaard J. H., Andersen T. L., (2012), “Investigation of Wave Transmission from a Floating Wave Dragon Wave Energy Converter”, Proceedings of the Twenty-second International Offshore and Polar Engineering Conference Rhodes, Greece, June 17-22.

The Queen’s University of Belfast, (2002), “Islay Limpet Wave Power Plant”, Publishable Report, Contract JOR3-CT98-0312.

O’Connor M., Lewis T., Dalton G., (2013), “Techno-economic performance of the Pelamis P1 and Wavestar at different ratings and various locations in Europe”, Elsevier, *Renewable Energy*, vol. 50, 889-900.

Trikalitis S., Lavidas G., Kaldellis J., (2020), “Energy analysis of a Hybrid Wind-Wave Solution for Remote Islands”, World Renewable Energy Conference, Lisbon.

Trujillo P. A., Thurman V. H., (2014), « ESSENTIALS OF OCEANOGRAPHY », Pearson Education, 11th edition.

Soukissian T., Karathanasi Fl., Belibassakis K., Kontoyiannis H., (2020), “Marine Renewable Energy in the Greek Seas”, In *The Handbook of Environmental Chemistry*, Springer Berlin Heidelberg.

Schmitt P., Elsäßer B., (2017), “The application of Froude scaling to model tests of Oscillating Wave Surge Converters”, Elsevier, *Ocean Engineering*, vol. 141, 108-115.

Twidell J., Weir T., (2015), “Renewable Energy Resources”, Routledge Publications, 3d edition.

Xanthaki F., Giannaraki Chr., Zafeiraki E.F., Kaldellis J.K., (2017), “Exploitation of Wave Energy Potential in Aegean Sea: Greece”, Springer International Publishing Switzerland, “Mediterranean Green Buildings & Renewable Energy, Chapter 38.

Yazdi H., Ghafari H.R., Ghassemi H., He G., Karimirad M., (2023), “Wave power extraction by Multi-Salter’s duck WECs arrayed on the floating offshore wind turbine platform”, Energy, 127930 vol 278 Part A.

Zanuttigh B., Angelelli E., Kortenhuis A., Koca K., Krontira Y., Koundouri P., (2016), “A methodology for multi-criteria design of multi-use offshore platforms for marine renewable energy harvesting”, Elsevier, Renewable Energy, vol. 85, 1271-1289.

[http://www.emy.gr/emyl/el/navigation/naftilia\\_beaufor](http://www.emy.gr/emyl/el/navigation/naftilia_beaufor), [Πρόσβαση 7 Μαρτίου 2023]

<https://iho.int/>, [Πρόσβαση 25 Απριλίου 2023]

<https://www.hnhs.gr/el/2015-05-16-18-25-40/2015-05-16-18-28-59>, [Πρόσβαση 10 Μαρτίου 2023]

<https://www.emec.org.uk/marine-energy/wave-devices/>, [Πρόσβαση 5 Απριλίου 2023]

[http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge768e/E\\_OCEAN\\_ALBANAKIS/oceanografia/OCEAN\\_ALBANAKIS.htm](http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge768e/E_OCEAN_ALBANAKIS/oceanografia/OCEAN_ALBANAKIS.htm), [Πρόσβαση 15 Απριλίου 2023]

<https://www.emec.org.uk/>, [Πρόσβαση 3 Μαΐου 2023]

<https://oceanpowertechnologies.com/>, [Πρόσβαση 5 Απριλίου 2023]

<https://www.emec.org.uk/about-us/wave-clients/pelamis-wave-power/>, [Πρόσβαση 15 Απριλίου 2023]

<https://awsocan.com/>, [Πρόσβαση 23 Μαρτίου 2023]

<https://www.oleo.co.uk/case-studies/view/2022/09/oyster-wave-energy-converter>, [Πρόσβαση 12 Φεβρουαρίου 2023]

<https://www.checkmateukseaenergy.com/>, [Πρόσβαση 10 Μαρτίου 2023]

<https://www.aquaret.com/images/stories/aquaret/pdf/cswavewavedragon.pdf>,

[Πρόσβαση 3 Μαρτίου 2023]

<https://www.hnhs.gr/el/2015-05-28-16-58-20/2015-05-28-16-59-17/2015-05-16-18-43-48>, [Πρόσβαση 5 Απριλίου 2023]

<https://poseidon.hcmr.gr>, [Πρόσβαση 22 Απριλίου 2023]

## **Παράρτημα Α: Πειραματικά Δεδομένα Διαδικασίας Pelamis**

Χρόνος Time(s)	Ύψος κόματος SO-1 (mm)	Βαθμίδες SV-1 (rpm)	Ύψος νερού 1 SP-2 (mm)	Ύψος νερού 2 SP-3 (mm)
11:00:00	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	89	93
11:00:01	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	89	93
11:00:02	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	89	94
11:00:03	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	90	95
11:00:04	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	90	95
11:00:05	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	91	96
11:00:06	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	92	96
11:00:07	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	92	97
11:00:08	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	93	98
11:00:09	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	93	98
11:00:10	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	94	99
11:00:11	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	94	100
11:00:12	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	95	100
11:00:13	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	95	101
11:00:14	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	96	101
11:00:15	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	96	102
11:00:16	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	97	102
11:00:17	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	97	103
11:00:18	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	98	104
11:00:19	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	98	104
11:00:20	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	99	105
11:00:21	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	99	106
11:00:22	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	100	106
11:00:23	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	100	107
11:00:24	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	101	107
11:00:25	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	101	108
11:00:26	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	102	108
11:00:27	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	102	109
11:00:28	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	103	110
11:00:29	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	103	110
11:00:30	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	104	111
11:00:31	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	104	111
11:00:32	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	105	112
11:00:33	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	105	112
11:00:34	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	106	113
11:00:35	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	106	113
11:00:36	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	107	114
11:00:37	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	107	115
11:00:38	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	108	115
11:00:39	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	108	116
11:00:40	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	109	116

11:00:41	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	109	117
11:00:42	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	109	118
11:00:43	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	110	118
11:00:44	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	111	119
11:00:45	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	111	119
11:00:46	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	112	120
11:00:47	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	112	120
11:00:48	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	112	121
11:00:49	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	113	122
11:00:50	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	113	122
11:00:51	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	114	123
11:00:52	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	115	123
11:00:53	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	115	124
11:00:54	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	116	125
11:00:55	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	116	125
11:00:56	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	117	126
11:00:57	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	117	126
11:00:58	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	118	127
11:00:59	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	118	127
11:01:00	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	119	128
11:01:01	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	119	129
11:01:02	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	120	129
11:01:03	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	120	130
11:01:04	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	121	130
11:01:05	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	121	131
11:01:06	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	122	131
11:01:07	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	122	132
11:01:08	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	123	133
11:01:09	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	123	133
11:01:10	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	123	134
11:01:11	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	124	134
11:01:12	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	124	135
11:01:13	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	125	136
11:01:14	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	125	136
11:01:15	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	126	137
11:01:16	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	126	137
11:01:17	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	127	138
11:01:18	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	127	138
11:01:19	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	128	139
11:01:20	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	128	140
11:01:21	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	128	140
11:01:22	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	129	141
11:01:23	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	130	141



11:01:24	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	130	142
11:01:25	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	130	142
11:01:26	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	131	143
11:01:27	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	131	143
11:01:28	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	132	144
11:01:29	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	132	145
11:01:30	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	133	146
11:01:31	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	133	146
11:01:32	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	134	147
11:01:33	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	134	147
11:01:34	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	135	148
11:01:35	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	135	149
11:01:36	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	136	149
11:01:37	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	136	150
11:01:38	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	137	150
11:01:39	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	137	151
11:01:40	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	137	151
11:01:41	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	138	152
11:01:42	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	139	153
11:01:43	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	139	153
11:01:44	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	140	154
11:01:45	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	140	154
11:01:46	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	141	155
11:01:47	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	141	156
11:01:48	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	142	156
11:01:49	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	142	157
11:01:50	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	143	157
11:01:51	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	143	158
11:01:52	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	144	158
11:01:53	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	144	159
11:01:54	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	145	160
11:01:55	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	145	160
11:01:56	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	145	161
11:01:57	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	146	161
11:01:58	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	146	162
11:01:59	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	147	162
11:02:00	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	148	163
11:02:01	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	148	163
11:02:02	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	148	164
11:02:03	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	149	165
11:02:04	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	149	165
11:02:05	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	150	166
11:02:06	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	150	167

11:02:07	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	151	167
11:02:08	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	151	168
11:02:09	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	152	168
11:02:10	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	152	169
11:02:11	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	153	169
11:02:12	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	153	170
11:02:13	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	154	170
11:02:14	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	154	171
11:02:15	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	155	172
11:02:16	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	155	172
11:02:17	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	156	173
11:02:18	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	156	173
11:02:19	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	157	174
11:02:20	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	157	175
11:02:21	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	158	175
11:02:22	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	158	176
11:02:23	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	159	176
11:02:24	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	159	177
11:02:25	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	160	177
11:02:26	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	160	178
11:02:27	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	161	179
11:02:28	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	161	179
11:02:29	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	162	180
11:02:30	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	162	180
11:02:31	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	163	181
11:02:32	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	163	181
11:02:33	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	164	182
11:02:34	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	164	182
11:02:35	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	165	183
11:02:36	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	165	184
11:02:37	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	166	184
11:02:38	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	166	185
11:02:39	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	166	185
11:02:40	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	167	186
11:02:41	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	167	186
11:02:42	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	168	187
11:02:43	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	168	187
11:02:44	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	169	188
11:02:45	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	169	189
11:02:46	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	170	189
11:02:47	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	170	189
11:02:48	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	171	190
11:02:49	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	171	191

11:02:50	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	172	191
11:02:51	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	172	192
11:02:52	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	173	192
11:02:53	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	173	193
11:02:54	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	174	194
11:02:55	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	174	194
11:02:56	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	175	195
11:02:57	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	175	195
11:02:58	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	175	196
11:02:59	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	176	196
11:03:00	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	176	197
11:03:01	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	177	198
11:03:02	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	178	198
11:03:03	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	178	199
11:03:04	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	178	199
11:03:05	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	179	200
11:03:06	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	179	200
11:03:07	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	180	201
11:03:08	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	180	201
11:03:09	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	181	202
11:03:10	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	181	203
11:03:11	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	182	203
11:03:12	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	182	203
11:03:13	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	182	204
11:03:14	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	183	205
11:03:15	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	183	205
11:03:16	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	184	206
11:03:17	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	184	206
11:03:18	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	185	207
11:03:19	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	185	208
11:03:20	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	186	208
11:03:21	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	186	208
11:03:22	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	187	209
11:03:23	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	187	210
11:03:24	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	188	210
11:03:25	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	188	211
11:03:26	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	189	211
11:03:27	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	189	212
11:03:28	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	190	212
11:03:29	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	190	213
11:03:30	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	191	214
11:03:31	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	191	214
11:03:32	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	191	215

11:03:33	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	192	215
11:03:34	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	192	216
11:03:35	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	193	217
11:03:36	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	194	217
11:03:37	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	194	218
11:03:38	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	194	218
11:03:39	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	195	219
11:03:40	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	195	219
11:03:41	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	196	220
11:03:42	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	196	221
11:03:43	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	197	221
11:03:44	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	197	222
11:03:45	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	198	222
11:03:46	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	198	223
11:03:47	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	199	223
11:03:48	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	199	224
11:03:49	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	200	224
11:03:50	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	200	225
11:03:51	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	201	225
11:03:52	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	201	226
11:03:53	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	202	226
11:03:54	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	202	227
11:03:55	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	203	228
11:03:56	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	203	228
11:03:57	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	203	229
11:03:58	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	204	229
11:03:59	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	204	230
11:04:00	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	205	230
11:04:01	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	206	231
11:04:02	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	206	231
11:04:03	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	206	232
11:04:04	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	207	232
11:04:05	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	207	233
11:04:06	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	208	233
11:04:07	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	208	234
11:04:08	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	209	234
11:04:09	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	209	235
11:04:10	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	210	235
11:04:11	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	210	236
11:04:12	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	210	237
11:04:13	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	211	237
11:04:14	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	211	236
11:04:15	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	212	238

11:04:16	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	212	238
11:04:17	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	213	238
11:04:18	123	1η βαθμίδα – 44 rpm	213	239
11:04:19	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	214	239
11:04:20	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	214	240
11:04:21	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	214	240
11:04:22	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	215	241
11:04:23	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	215	241
11:04:24	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	216	242
11:04:25	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	216	242
11:04:26	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	217	242
11:04:27	123	1η βαθμίδα – 44 rpm	217	243
11:04:28	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	218	243
11:04:29	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	218	244
11:04:30	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	219	244
11:04:31	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	219	245
11:04:32	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	220	245
11:04:33	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	220	245
11:04:34	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	220	246
11:04:35	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	221	246
11:04:36	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	221	247
11:04:37	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	222	247
11:04:38	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	222	248
11:04:39	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	223	248
11:04:40	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	223	249
11:04:41	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	224	249
11:04:42	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	224	249
11:04:43	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	224	250
11:04:44	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	225	250
11:04:45	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	225	251
11:04:46	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	226	251
11:04:47	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	226	252
11:04:48	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	227	252
11:04:49	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	227	253
11:04:50	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	228	253
11:04:51	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	228	253
11:04:52	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	228	254
11:04:53	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	229	254
11:04:54	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	229	255
11:04:55	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	230	255
11:04:56	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	230	256
11:04:57	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	231	256
11:04:58	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	231	257

11:04:59	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	232	257
11:05:00	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	232	258
11:05:01	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	232	258
11:05:02	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	233	259
11:05:03	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	234	259
11:05:04	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	234	260
11:05:05	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	235	260
11:05:06	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	235	260
11:05:07	123	1η βαθμίδα – 44 rpm	236	261
11:05:08	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	236	262
11:05:09	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	237	262
11:05:10	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	237	262
11:05:11	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	237	263
11:05:12	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	238	263
11:05:13	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	238	264
11:05:14	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	239	264
11:05:15	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	239	265
11:05:16	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	239	265
11:05:17	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	240	266
11:05:18	136	1η βαθμίδα – 44 rpm	240	266
11:05:19	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	241	267
11:05:20	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	241	267
11:05:21	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	242	268
11:05:22	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	242	268
11:05:23	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	243	269
11:05:24	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	243	269
11:05:25	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	244	269
11:05:26	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	244	270
11:05:27	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	245	271
11:05:28	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	245	271
11:05:29	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	245	272
11:05:30	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	246	272
11:05:31	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	246	272
11:05:32	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	247	273
11:05:33	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	247	273
11:05:34	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	248	274
11:05:35	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	248	274
11:05:36	132	1η βαθμίδα – 44 rpm	249	275
11:05:37	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	249	275
11:05:38	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	249	276
11:05:39	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	250	276
11:05:40	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	250	277
11:05:41	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	251	277



11:05:42	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	251	278
11:05:43	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	252	278
11:05:44	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	252	279
11:05:45	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	253	279
11:05:46	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	253	280
11:05:47	127	1η βαθμίδα – 44 rpm	254	280
11:05:48	126	1η βαθμίδα – 44 rpm	254	281
11:05:49	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	255	281
11:05:50	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	255	281
11:05:51	125	1η βαθμίδα – 44 rpm	255	282
11:05:52	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	256	282
11:05:53	130	1η βαθμίδα – 44 rpm	256	283
11:05:54	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	257	283
11:05:55	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	257	284
11:05:56	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	258	284
11:05:57	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	258	285
11:05:58	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	259	285
11:05:59	133	1η βαθμίδα – 44 rpm	259	285
11:06:00	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	259	286
11:06:01	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	260	286
11:06:02	134	1η βαθμίδα – 44 rpm	260	287
11:06:03	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	261	287
11:06:04	131	1η βαθμίδα – 44 rpm	261	288
11:06:05	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	262	288
11:06:06	123	1η βαθμίδα – 44 rpm	262	288
11:06:07	129	1η βαθμίδα – 44 rpm	262	289
11:06:08	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	263	289
11:06:09	124	1η βαθμίδα – 44 rpm	263	290
11:06:10	128	1η βαθμίδα – 44 rpm	264	290
11:06:11	135	1η βαθμίδα – 44 rpm	264	291
11:06:12	135	2η βαθμίδα – 48 rpm	64	54
11:06:13	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	64	54
11:06:14	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	65	55
11:06:15	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	65	55
11:06:16	135	2η βαθμίδα – 48 rpm	66	56
11:06:17	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	66	56
11:06:18	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	66	57
11:06:19	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	67	57
11:06:20	135	2η βαθμίδα – 48 rpm	67	58
11:06:21	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	68	58
11:06:22	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	68	59
11:06:23	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	69	59
11:06:24	136	2η βαθμίδα – 48 rpm	69	60

11:06:25	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	69	60
11:06:26	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	70	61
11:06:27	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	70	61
11:06:28	136	2η βαθμίδα – 48 rpm	70	62
11:06:29	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	71	62
11:06:30	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	71	63
11:06:31	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	72	63
11:06:32	135	2η βαθμίδα – 48 rpm	72	63
11:06:33	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	72	64
11:06:34	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	73	65
11:06:35	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	73	65
11:06:36	135	2η βαθμίδα – 48 rpm	73	65
11:06:37	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	74	66
11:06:38	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	74	67
11:06:39	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	75	67
11:06:40	136	2η βαθμίδα – 48 rpm	75	67
11:06:41	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	75	68
11:06:42	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	75	68
11:06:43	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	76	69
11:06:44	136	2η βαθμίδα – 48 rpm	76	69
11:06:45	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	77	70
11:06:46	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	77	70
11:06:47	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	77	71
11:06:48	135	2η βαθμίδα – 48 rpm	78	71
11:06:49	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	78	72
11:06:50	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	78	72
11:06:51	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	79	73
11:06:52	135	2η βαθμίδα – 48 rpm	79	73
11:06:53	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	80	74
11:06:54	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	80	74
11:06:55	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	80	75
11:06:56	135	2η βαθμίδα – 48 rpm	81	75
11:06:57	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	81	76
11:06:58	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	81	76
11:06:59	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	82	77
11:07:00	135	2η βαθμίδα – 48 rpm	82	77
11:07:01	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	83	78
11:07:02	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	83	78
11:07:03	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	83	79
11:07:04	135	2η βαθμίδα – 48 rpm	84	79
11:07:05	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	84	79
11:07:06	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	84	80
11:07:07	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	85	80

11:07:08	135	2η βαθμίδα – 48 rpm	85	81
11:07:09	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	86	81
11:07:10	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	86	82
11:07:11	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	87	82
11:07:12	135	2η βαθμίδα – 48 rpm	87	83
11:07:13	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	87	83
11:07:14	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	88	84
11:07:15	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	88	84
11:07:16	135	2η βαθμίδα – 48 rpm	88	85
11:07:17	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	89	85
11:07:18	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	89	86
11:07:19	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	90	86
11:07:20	135	2η βαθμίδα – 48 rpm	90	86
11:07:21	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	90	87
11:07:22	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	91	88
11:07:23	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	91	88
11:07:24	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	92	88
11:07:25	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	92	89
11:07:26	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	92	90
11:07:27	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	93	90
11:07:28	135	2η βαθμίδα – 48 rpm	93	90
11:07:29	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	94	91
11:07:30	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	94	91
11:07:31	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	95	92
11:07:32	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	95	92
11:07:33	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	95	93
11:07:34	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	96	93
11:07:35	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	96	94
11:07:36	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	96	94
11:07:37	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	97	95
11:07:38	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	97	95
11:07:39	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	98	96
11:07:40	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	98	96
11:07:41	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	98	97
11:07:42	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	99	97
11:07:43	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	99	98
11:07:44	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	100	98
11:07:45	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	100	99
11:07:46	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	100	99
11:07:47	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	101	100
11:07:48	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	101	100
11:07:49	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	102	101
11:07:50	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	102	101

11:07:51	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	102	102
11:07:52	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	103	102
11:07:53	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	103	103
11:07:54	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	103	103
11:07:55	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	104	104
11:07:56	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	104	104
11:07:57	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	105	104
11:07:58	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	105	105
11:07:59	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	105	105
11:08:00	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	106	106
11:08:01	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	106	106
11:08:02	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	107	107
11:08:03	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	107	107
11:08:04	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	107	108
11:08:05	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	108	108
11:08:06	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	108	109
11:08:07	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	109	109
11:08:08	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	109	110
11:08:09	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	109	110
11:08:10	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	110	111
11:08:11	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	110	111
11:08:12	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	111	112
11:08:13	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	111	112
11:08:14	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	111	112
11:08:15	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	112	113
11:08:16	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	112	113
11:08:17	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	113	114
11:08:18	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	113	114
11:08:19	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	113	115
11:08:20	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	114	115
11:08:21	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	114	116
11:08:22	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	114	116
11:08:23	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	115	117
11:08:24	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	115	117
11:08:25	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	116	118
11:08:26	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	116	118
11:08:27	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	116	119
11:08:28	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	117	119
11:08:29	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	117	119
11:08:30	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	117	120
11:08:31	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	118	120
11:08:32	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	118	121
11:08:33	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	119	121

11:08:34	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	119	122
11:08:35	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	119	122
11:08:36	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	120	123
11:08:37	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	120	123
11:08:38	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	121	124
11:08:39	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	121	124
11:08:40	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	121	125
11:08:41	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	122	125
11:08:42	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	122	125
11:08:43	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	123	126
11:08:44	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	123	126
11:08:45	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	123	127
11:08:46	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	124	127
11:08:47	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	124	128
11:08:48	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	124	128
11:08:49	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	125	129
11:08:50	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	125	129
11:08:51	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	125	130
11:08:52	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	126	130
11:08:53	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	126	131
11:08:54	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	127	131
11:08:55	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	127	132
11:08:56	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	128	132
11:08:57	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	128	133
11:08:58	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	128	133
11:08:59	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	129	134
11:09:00	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	129	134
11:09:01	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	129	135
11:09:02	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	130	135
11:09:03	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	130	136
11:09:04	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	131	136
11:09:05	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	131	137
11:09:06	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	131	137
11:09:07	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	132	138
11:09:08	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	132	138
11:09:09	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	132	139
11:09:10	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	133	139
11:09:11	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	133	140
11:09:12	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	133	140
11:09:13	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	134	140
11:09:14	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	134	141
11:09:15	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	134	141
11:09:16	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	135	142

11:09:17	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	135	142
11:09:18	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	136	143
11:09:19	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	136	143
11:09:20	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	136	144
11:09:21	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	137	144
11:09:22	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	137	145
11:09:23	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	137	145
11:09:24	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	138	146
11:09:25	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	138	146
11:09:26	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	139	147
11:09:27	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	139	147
11:09:28	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	139	148
11:09:29	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	140	148
11:09:30	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	140	148
11:09:31	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	141	149
11:09:32	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	141	149
11:09:33	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	141	150
11:09:34	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	142	150
11:09:35	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	142	151
11:09:36	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	142	151
11:09:37	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	143	152
11:09:38	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	143	152
11:09:39	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	144	153
11:09:40	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	144	153
11:09:41	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	144	154
11:09:42	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	145	154
11:09:43	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	145	155
11:09:44	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	146	155
11:09:45	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	146	155
11:09:46	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	146	156
11:09:47	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	146	156
11:09:48	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	147	157
11:09:49	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	147	157
11:09:50	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	148	158
11:09:51	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	148	158
11:09:52	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	149	159
11:09:53	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	149	159
11:09:54	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	149	160
11:09:55	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	150	160
11:09:56	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	150	161
11:09:57	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	150	161
11:09:58	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	151	162
11:09:59	128	2η βαθμίδα – 48 rpm	151	162

11:10:00	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	151	163
11:10:01	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	152	163
11:10:02	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	152	163
11:10:03	128	2η βαθμίδα – 48 rpm	153	164
11:10:04	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	153	164
11:10:05	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	153	165
11:10:06	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	154	165
11:10:07	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	154	166
11:10:08	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	154	166
11:10:09	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	155	167
11:10:10	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	155	167
11:10:11	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	155	168
11:10:12	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	156	168
11:10:13	134	2η βαθμίδα – 48 rpm	156	168
11:10:14	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	156	169
11:10:15	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	157	169
11:10:16	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	157	170
11:10:17	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	158	170
11:10:18	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	158	171
11:10:19	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	158	171
11:10:20	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	159	172
11:10:21	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	159	172
11:10:22	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	159	172
11:10:23	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	160	173
11:10:24	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	160	173
11:10:25	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	161	174
11:10:26	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	161	174
11:10:27	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	161	175
11:10:28	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	162	175
11:10:29	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	162	175
11:10:30	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	162	176
11:10:31	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	163	176
11:10:32	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	163	177
11:10:33	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	164	177
11:10:34	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	164	178
11:10:35	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	164	178
11:10:36	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	165	179
11:10:37	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	165	179
11:10:38	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	165	179
11:10:39	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	166	180
11:10:40	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	166	180
11:10:41	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	166	181
11:10:42	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	167	181



11:10:43	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	167	182
11:10:44	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	167	182
11:10:45	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	168	182
11:10:46	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	168	183
11:10:47	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	168	183
11:10:48	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	169	184
11:10:49	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	169	184
11:10:50	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	170	185
11:10:51	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	170	185
11:10:52	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	170	186
11:10:53	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	171	186
11:10:54	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	171	187
11:10:55	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	172	187
11:10:56	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	172	188
11:10:57	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	172	188
11:10:58	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	173	188
11:10:59	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	173	189
11:11:00	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	173	189
11:11:01	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	174	190
11:11:02	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	174	190
11:11:03	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	174	190
11:11:04	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	175	191
11:11:05	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	175	191
11:11:06	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	175	192
11:11:07	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	176	192
11:11:08	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	176	193
11:11:09	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	176	193
11:11:10	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	177	193
11:11:11	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	177	194
11:11:12	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	177	194
11:11:13	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	178	195
11:11:14	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	178	195
11:11:15	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	178	196
11:11:16	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	179	196
11:11:17	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	179	197
11:11:18	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	180	197
11:11:19	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	180	197
11:11:20	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	180	198
11:11:21	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	181	198
11:11:22	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	181	199
11:11:23	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	181	199
11:11:24	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	182	200
11:11:25	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	182	200

11:11:26	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	182	201
11:11:27	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	183	201
11:11:28	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	183	202
11:11:29	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	183	202
11:11:30	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	184	202
11:11:31	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	184	203
11:11:32	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	184	203
11:11:33	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	185	203
11:11:34	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	185	204
11:11:35	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	185	204
11:11:36	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	186	205
11:11:37	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	186	205
11:11:38	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	187	206
11:11:39	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	187	206
11:11:40	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	187	206
11:11:41	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	187	207
11:11:42	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	188	207
11:11:43	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	188	208
11:11:44	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	188	208
11:11:45	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	189	209
11:11:46	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	189	209
11:11:47	128	2η βαθμίδα – 48 rpm	189	209
11:11:48	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	190	210
11:11:49	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	190	210
11:11:50	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	191	210
11:11:51	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	191	211
11:11:52	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	191	211
11:11:53	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	192	212
11:11:54	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	192	212
11:11:55	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	192	212
11:11:56	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	193	213
11:11:57	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	193	213
11:11:58	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	193	214
11:11:59	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	194	214
11:12:00	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	194	215
11:12:01	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	195	215
11:12:02	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	195	215
11:12:03	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	195	216
11:12:04	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	196	216
11:12:05	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	196	217
11:12:06	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	196	217
11:12:07	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	197	217
11:12:08	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	197	218

11:12:09	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	197	218
11:12:10	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	198	219
11:12:11	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	198	219
11:12:12	128	2η βαθμίδα – 48 rpm	198	219
11:12:13	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	199	220
11:12:14	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	199	220
11:12:15	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	199	221
11:12:16	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	200	221
11:12:17	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	200	221
11:12:18	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	200	222
11:12:19	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	201	222
11:12:20	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	201	222
11:12:21	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	201	223
11:12:22	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	202	223
11:12:23	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	202	223
11:12:24	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	202	224
11:12:25	131	2η βαθμίδα – 48 rpm	203	224
11:12:26	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	203	225
11:12:27	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	203	225
11:12:28	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	203	225
11:12:29	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	204	226
11:12:30	133	2η βαθμίδα – 48 rpm	204	226
11:12:31	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	205	226
11:12:32	129	2η βαθμίδα – 48 rpm	205	227
11:12:33	130	2η βαθμίδα – 48 rpm	205	227
11:12:34	132	2η βαθμίδα – 48 rpm	205	228
11:12:35	128	2η βαθμίδα – 48 rpm	206	228
11:12:36	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	101	102
11:12:37	123	3η βαθμίδα – 52 rpm	101	103
11:12:38	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	102	103
11:12:39	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	102	104
11:12:40	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	103	105
11:12:41	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	103	105
11:12:42	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	104	106
11:12:43	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	104	106
11:12:44	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	105	107
11:12:45	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	105	108
11:12:46	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	106	108
11:12:47	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	106	109
11:12:48	122	3η βαθμίδα – 52 rpm	107	109
11:12:49	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	107	110
11:12:50	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	108	111
11:12:51	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	108	111

11:12:52	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	109	112
11:12:53	123	3η βαθμίδα – 52 rpm	109	113
11:12:54	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	110	113
11:12:55	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	110	114
11:12:56	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	111	115
11:12:57	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	112	115
11:12:58	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	112	116
11:12:59	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	113	116
11:13:00	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	113	117
11:13:01	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	114	118
11:13:02	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	114	118
11:13:03	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	115	119
11:13:04	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	115	120
11:13:05	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	116	120
11:13:06	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	116	121
11:13:07	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	117	122
11:13:08	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	118	122
11:13:09	122	3η βαθμίδα – 52 rpm	118	123
11:13:10	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	119	124
11:13:11	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	119	124
11:13:12	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	120	125
11:13:13	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	120	125
11:13:14	123	3η βαθμίδα – 52 rpm	121	126
11:13:15	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	121	127
11:13:16	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	122	127
11:13:17	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	122	128
11:13:18	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	123	128
11:13:19	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	123	129
11:13:20	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	124	130
11:13:21	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	124	130
11:13:22	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	125	131
11:13:23	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	125	132
11:13:24	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	126	132
11:13:25	122	3η βαθμίδα – 52 rpm	126	133
11:13:26	114	3η βαθμίδα – 52 rpm	127	134
11:13:27	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	128	134
11:13:28	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	128	135
11:13:29	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	129	135
11:13:30	122	3η βαθμίδα – 52 rpm	129	136
11:13:31	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	130	137
11:13:32	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	130	137
11:13:33	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	131	138
11:13:34	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	131	139

11:13:35	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	132	139
11:13:36	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	132	140
11:13:37	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	133	140
11:13:38	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	133	141
11:13:39	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	134	142
11:13:40	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	134	142
11:13:41	122	3η βαθμίδα – 52 rpm	135	143
11:13:42	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	135	143
11:13:43	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	136	144
11:13:44	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	136	145
11:13:45	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	137	145
11:13:46	122	3η βαθμίδα – 52 rpm	137	146
11:13:47	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	138	146
11:13:48	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	138	147
11:13:49	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	139	148
11:13:50	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	139	148
11:13:51	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	140	149
11:13:52	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	140	150
11:13:53	114	3η βαθμίδα – 52 rpm	141	150
11:13:54	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	141	151
11:13:55	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	142	152
11:13:56	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	142	152
11:13:57	122	3η βαθμίδα – 52 rpm	143	153
11:13:58	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	143	153
11:13:59	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	144	154
11:14:00	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	144	155
11:14:01	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	145	155
11:14:02	122	3η βαθμίδα – 52 rpm	145	156
11:14:03	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	146	156
11:14:04	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	146	157
11:14:05	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	147	158
11:14:06	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	148	158
11:14:07	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	148	159
11:14:08	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	149	159
11:14:09	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	149	160
11:14:10	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	150	161
11:14:11	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	150	162
11:14:12	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	151	162
11:14:13	122	3η βαθμίδα – 52 rpm	151	163
11:14:14	114	3η βαθμίδα – 52 rpm	152	163
11:14:15	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	152	164
11:14:16	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	153	165
11:14:17	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	153	165

11:14:18	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	154	166
11:14:19	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	154	166
11:14:20	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	155	167
11:14:21	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	155	168
11:14:22	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	156	168
11:14:23	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	156	169
11:14:24	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	157	170
11:14:25	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	157	170
11:14:26	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	158	171
11:14:27	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	158	172
11:14:28	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	159	172
11:14:29	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	159	173
11:14:30	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	160	173
11:14:31	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	160	174
11:14:32	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	161	175
11:14:33	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	162	175
11:14:34	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	162	176
11:14:35	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	162	176
11:14:36	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	163	177
11:14:37	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	164	178
11:14:38	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	164	178
11:14:39	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	164	179
11:14:40	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	165	179
11:14:41	114	3η βαθμίδα – 52 rpm	166	180
11:14:42	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	166	181
11:14:43	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	167	181
11:14:44	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	167	182
11:14:45	122	3η βαθμίδα – 52 rpm	168	182
11:14:46	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	168	183
11:14:47	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	169	184
11:14:48	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	169	184
11:14:49	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	170	185
11:14:50	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	170	185
11:14:51	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	171	186
11:14:52	114	3η βαθμίδα – 52 rpm	171	187
11:14:53	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	172	187
11:14:54	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	172	188
11:14:55	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	173	189
11:14:56	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	173	189
11:14:57	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	174	190
11:14:58	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	174	191
11:14:59	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	175	191
11:15:00	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	175	192

11:15:01	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	176	192
11:15:02	114	3η βαθμίδα – 52 rpm	176	193
11:15:03	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	177	194
11:15:04	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	177	194
11:15:05	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	178	195
11:15:06	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	178	196
11:15:07	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	179	196
11:15:08	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	179	197
11:15:09	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	180	197
11:15:10	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	180	198
11:15:11	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	181	199
11:15:12	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	181	199
11:15:13	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	182	200
11:15:14	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	182	201
11:15:15	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	183	201
11:15:16	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	183	202
11:15:17	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	184	202
11:15:18	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	184	203
11:15:19	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	185	204
11:15:20	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	185	204
11:15:21	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	186	205
11:15:22	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	186	205
11:15:23	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	187	206
11:15:24	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	187	207
11:15:25	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	187	207
11:15:26	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	188	208
11:15:27	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	189	208
11:15:28	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	189	209
11:15:29	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	189	210
11:15:30	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	190	210
11:15:31	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	190	211
11:15:32	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	191	211
11:15:33	122	3η βαθμίδα – 52 rpm	191	212
11:15:34	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	192	213
11:15:35	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	192	213
11:15:36	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	193	214
11:15:37	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	193	214
11:15:38	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	194	215
11:15:39	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	194	215
11:15:40	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	195	216
11:15:41	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	195	216
11:15:42	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	196	217
11:15:43	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	196	217



11:15:44	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	197	218
11:15:45	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	197	218
11:15:46	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	198	219
11:15:47	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	198	219
11:15:48	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	199	220
11:15:49	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	199	220
11:15:50	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	200	221
11:15:51	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	200	222
11:15:52	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	201	222
11:15:53	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	201	223
11:15:54	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	202	223
11:15:55	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	202	224
11:15:56	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	203	224
11:15:57	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	203	225
11:15:58	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	203	225
11:15:59	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	204	226
11:16:00	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	205	226
11:16:01	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	205	227
11:16:02	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	205	227
11:16:03	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	206	228
11:16:04	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	207	228
11:16:05	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	207	229
11:16:06	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	208	229
11:16:07	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	208	230
11:16:08	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	209	230
11:16:09	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	209	231
11:16:10	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	210	231
11:16:11	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	210	232
11:16:12	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	211	232
11:16:13	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	211	233
11:16:14	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	211	234
11:16:15	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	212	234
11:16:16	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	213	235
11:16:17	122	3η βαθμίδα – 52 rpm	213	235
11:16:18	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	214	236
11:16:19	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	214	236
11:16:20	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	215	237
11:16:21	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	215	237
11:16:22	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	215	238
11:16:23	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	216	238
11:16:24	114	3η βαθμίδα – 52 rpm	216	239
11:16:25	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	217	239
11:16:26	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	218	240

11:16:27	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	218	240
11:16:28	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	218	241
11:16:29	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	219	241
11:16:30	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	219	242
11:16:31	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	220	242
11:16:32	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	220	243
11:16:33	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	221	243
11:16:34	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	221	244
11:16:35	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	222	244
11:16:36	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	222	245
11:16:37	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	223	245
11:16:38	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	223	246
11:16:39	122	3η βαθμίδα – 52 rpm	224	246
11:16:40	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	224	247
11:16:41	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	225	247
11:16:42	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	225	248
11:16:43	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	226	248
11:16:44	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	226	249
11:16:45	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	227	249
11:16:46	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	227	250
11:16:47	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	228	250
11:16:48	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	228	251
11:16:49	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	229	251
11:16:50	122	3η βαθμίδα – 52 rpm	229	252
11:16:51	114	3η βαθμίδα – 52 rpm	229	252
11:16:52	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	230	253
11:16:53	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	230	253
11:16:54	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	231	254
11:16:55	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	231	254
11:16:56	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	232	255
11:16:57	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	232	255
11:16:58	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	233	256
11:16:59	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	233	256
11:17:00	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	234	257
11:17:01	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	234	257
11:17:02	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	235	258
11:17:03	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	235	258
11:17:04	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	236	259
11:17:05	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	236	259
11:17:06	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	236	260
11:17:07	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	237	260
11:17:08	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	237	261
11:17:09	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	238	261

11:17:10	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	238	262
11:17:11	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	239	262
11:17:12	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	239	263
11:17:13	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	240	263
11:17:14	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	240	264
11:17:15	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	241	264
11:17:16	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	241	265
11:17:17	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	242	265
11:17:18	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	242	265
11:17:19	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	243	266
11:17:20	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	243	266
11:17:21	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	244	267
11:17:22	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	244	267
11:17:23	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	245	268
11:17:24	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	245	269
11:17:25	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	246	269
11:17:26	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	246	270
11:17:27	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	247	270
11:17:28	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	247	271
11:17:29	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	248	271
11:17:30	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	248	272
11:17:31	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	249	272
11:17:32	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	249	273
11:17:33	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	250	273
11:17:34	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	250	273
11:17:35	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	251	274
11:17:36	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	251	274
11:17:37	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	252	275
11:17:38	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	252	275
11:17:39	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	253	276
11:17:40	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	253	276
11:17:41	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	254	277
11:17:42	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	254	277
11:17:43	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	255	278
11:17:44	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	255	278
11:17:45	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	256	279
11:17:46	114	3η βαθμίδα – 52 rpm	256	280
11:17:47	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	257	280
11:17:48	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	257	280
11:17:49	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	258	281
11:17:50	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	258	281
11:17:51	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	259	282
11:17:52	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	259	282

11:17:53	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	260	283
11:17:54	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	260	283
11:17:55	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	261	284
11:17:56	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	261	284
11:17:57	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	262	285
11:17:58	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	262	285
11:17:59	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	263	286
11:18:00	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	263	286
11:18:01	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	264	287
11:18:02	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	264	287
11:18:03	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	265	288
11:18:04	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	265	288
11:18:05	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	266	288
11:18:06	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	266	289
11:18:07	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	267	289
11:18:08	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	267	290
11:18:09	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	268	290
11:18:10	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	268	291
11:18:11	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	269	291
11:18:12	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	269	292
11:18:13	114	3η βαθμίδα – 52 rpm	270	292
11:18:14	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	271	293
11:18:15	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	271	293
11:18:16	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	272	294
11:18:17	121	3η βαθμίδα – 52 rpm	272	294
11:18:18	118	3η βαθμίδα – 52 rpm	273	294
11:18:19	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	273	295
11:18:20	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	273	295
11:18:21	117	3η βαθμίδα – 52 rpm	274	296
11:18:22	119	3η βαθμίδα – 52 rpm	275	296
11:18:23	120	3η βαθμίδα – 52 rpm	275	297
11:18:24	115	3η βαθμίδα – 52 rpm	275	297
11:18:25	116	3η βαθμίδα – 52 rpm	276	297
11:18:26	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	52	46
11:18:27	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	52	46
11:18:28	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	53	47
11:18:29	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	53	47
11:18:30	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	54	48
11:18:31	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	54	48
11:18:32	143	4η βαθμίδα – 56 rpm	55	49
11:18:33	146	4η βαθμίδα – 56 rpm	55	50
11:18:34	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	56	50
11:18:35	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	57	51

11:18:36	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	57	51
11:18:37	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	58	52
11:18:38	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	58	53
11:18:39	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	59	53
11:18:40	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	59	54
11:18:41	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	60	54
11:18:42	145	4η βαθμίδα – 56 rpm	60	55
11:18:43	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	61	56
11:18:44	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	62	56
11:18:45	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	62	57
11:18:46	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	63	57
11:18:47	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	63	58
11:18:48	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	64	59
11:18:49	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	64	59
11:18:50	146	4η βαθμίδα – 56 rpm	65	60
11:18:51	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	65	60
11:18:52	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	66	61
11:18:53	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	67	62
11:18:54	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	67	62
11:18:55	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	68	63
11:18:56	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	68	64
11:18:57	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	69	64
11:18:58	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	70	65
11:18:59	146	4η βαθμίδα – 56 rpm	70	65
11:19:00	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	71	66
11:19:01	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	71	67
11:19:02	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	72	67
11:19:03	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	72	68
11:19:04	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	73	68
11:19:05	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	74	69
11:19:06	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	74	70
11:19:07	143	4η βαθμίδα – 56 rpm	75	70
11:19:08	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	75	71
11:19:09	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	76	71
11:19:10	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	77	72
11:19:11	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	77	73
11:19:12	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	78	73
11:19:13	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	78	74
11:19:14	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	79	74
11:19:15	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	80	75
11:19:16	145	4η βαθμίδα – 56 rpm	80	76
11:19:17	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	81	76
11:19:18	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	81	77

11:19:19	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	82	77
11:19:20	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	82	78
11:19:21	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	83	79
11:19:22	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	84	79
11:19:23	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	84	80
11:19:24	143	4η βαθμίδα – 56 rpm	85	81
11:19:25	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	86	81
11:19:26	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	86	82
11:19:27	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	87	83
11:19:28	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	87	83
11:19:29	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	88	84
11:19:30	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	88	84
11:19:31	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	89	85
11:19:32	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	89	86
11:19:33	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	90	86
11:19:34	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	91	87
11:19:35	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	91	87
11:19:36	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	92	88
11:19:37	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	93	89
11:19:38	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	93	89
11:19:39	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	94	90
11:19:40	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	94	91
11:19:41	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	95	91
11:19:42	145	4η βαθμίδα – 56 rpm	95	92
11:19:43	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	96	92
11:19:44	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	96	93
11:19:45	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	97	94
11:19:46	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	98	94
11:19:47	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	98	95
11:19:48	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	99	95
11:19:49	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	99	96
11:19:50	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	100	97
11:19:51	143	4η βαθμίδα – 56 rpm	100	97
11:19:52	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	101	98
11:19:53	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	102	99
11:19:54	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	102	99
11:19:55	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	103	100
11:19:56	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	103	100
11:19:57	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	104	101
11:19:58	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	104	102
11:19:59	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	105	102
11:20:00	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	106	103
11:20:01	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	106	104

11:20:02	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	107	104
11:20:03	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	107	105
11:20:04	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	108	106
11:20:05	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	109	106
11:20:06	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	109	107
11:20:07	143	4η βαθμίδα – 56 rpm	110	107
11:20:08	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	110	108
11:20:09	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	111	109
11:20:10	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	111	109
11:20:11	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	112	110
11:20:12	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	112	110
11:20:13	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	113	111
11:20:14	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	114	112
11:20:15	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	114	112
11:20:16	143	4η βαθμίδα – 56 rpm	115	113
11:20:17	143	4η βαθμίδα – 56 rpm	115	113
11:20:18	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	116	114
11:20:19	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	116	115
11:20:20	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	117	115
11:20:21	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	118	116
11:20:22	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	118	116
11:20:23	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	119	117
11:20:24	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	119	117
11:20:25	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	120	118
11:20:26	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	120	119
11:20:27	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	121	119
11:20:28	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	121	120
11:20:29	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	122	121
11:20:30	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	123	121
11:20:31	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	123	122
11:20:32	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	124	122
11:20:33	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	124	123
11:20:34	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	125	123
11:20:35	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	125	124
11:20:36	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	126	125
11:20:37	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	126	125
11:20:38	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	127	126
11:20:39	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	127	126
11:20:40	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	128	127
11:20:41	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	129	128
11:20:42	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	129	128
11:20:43	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	130	129
11:20:44	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	130	129



11:20:45	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	131	130
11:20:46	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	131	130
11:20:47	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	132	131
11:20:48	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	132	132
11:20:49	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	133	132
11:20:50	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	133	133
11:20:51	143	4η βαθμίδα – 56 rpm	134	133
11:20:52	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	134	134
11:20:53	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	135	135
11:20:54	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	135	135
11:20:55	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	136	136
11:20:56	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	137	136
11:20:57	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	137	137
11:20:58	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	138	137
11:20:59	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	138	138
11:21:00	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	139	139
11:21:01	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	139	139
11:21:02	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	140	140
11:21:03	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	140	140
11:21:04	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	141	141
11:21:05	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	142	142
11:21:06	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	142	142
11:21:07	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	143	143
11:21:08	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	143	143
11:21:09	145	4η βαθμίδα – 56 rpm	144	144
11:21:10	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	144	144
11:21:11	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	145	145
11:21:12	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	145	146
11:21:13	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	146	146
11:21:14	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	146	147
11:21:15	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	147	147
11:21:16	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	148	148
11:21:17	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	148	148
11:21:18	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	149	149
11:21:19	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	149	150
11:21:20	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	150	150
11:21:21	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	150	151
11:21:22	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	151	151
11:21:23	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	151	152
11:21:24	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	152	153
11:21:25	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	152	153
11:21:26	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	153	154
11:21:27	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	153	154

11:21:28	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	154	155
11:21:29	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	154	155
11:21:30	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	155	156
11:21:31	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	156	157
11:21:32	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	156	157
11:21:33	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	157	158
11:21:34	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	157	158
11:21:35	143	4η βαθμίδα – 56 rpm	158	159
11:21:36	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	158	159
11:21:37	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	159	160
11:21:38	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	159	161
11:21:39	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	160	161
11:21:40	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	160	162
11:21:41	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	161	162
11:21:42	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	161	163
11:21:43	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	162	164
11:21:44	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	162	164
11:21:45	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	163	165
11:21:46	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	163	165
11:21:47	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	164	166
11:21:48	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	164	166
11:21:49	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	165	167
11:21:50	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	166	168
11:21:51	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	166	168
11:21:52	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	167	169
11:21:53	145	4η βαθμίδα – 56 rpm	167	169
11:21:54	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	168	170
11:21:55	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	168	171
11:21:56	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	169	171
11:21:57	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	169	172
11:21:58	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	170	172
11:21:59	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	170	173
11:22:00	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	171	173
11:22:01	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	171	174
11:22:02	145	4η βαθμίδα – 56 rpm	172	174
11:22:03	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	172	175
11:22:04	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	173	176
11:22:05	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	173	176
11:22:06	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	174	177
11:22:07	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	175	177
11:22:08	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	175	178
11:22:09	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	176	178
11:22:10	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	176	179

11:22:11	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	176	179
11:22:12	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	177	180
11:22:13	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	178	181
11:22:14	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	178	181
11:22:15	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	179	182
11:22:16	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	179	182
11:22:17	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	180	183
11:22:18	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	180	183
11:22:19	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	181	184
11:22:20	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	181	184
11:22:21	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	182	185
11:22:22	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	182	186
11:22:23	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	183	186
11:22:24	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	183	187
11:22:25	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	184	187
11:22:26	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	184	188
11:22:27	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	185	189
11:22:28	145	4η βαθμίδα – 56 rpm	185	189
11:22:29	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	186	190
11:22:30	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	186	190
11:22:31	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	187	191
11:22:32	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	187	191
11:22:33	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	188	192
11:22:34	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	188	192
11:22:35	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	189	193
11:22:36	143	4η βαθμίδα – 56 rpm	189	194
11:22:37	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	190	194
11:22:38	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	191	195
11:22:39	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	191	195
11:22:40	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	191	196
11:22:41	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	192	196
11:22:42	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	192	197
11:22:43	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	193	198
11:22:44	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	193	198
11:22:45	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	194	199
11:22:46	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	194	199
11:22:47	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	195	200
11:22:48	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	195	200
11:22:49	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	196	201
11:22:50	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	196	201
11:22:51	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	197	202
11:22:52	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	197	202
11:22:53	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	198	203

11:22:54	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	198	203
11:22:55	143	4η βαθμίδα – 56 rpm	199	204
11:22:56	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	199	205
11:22:57	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	200	205
11:22:58	136	4η βαθμίδα – 56 rpm	200	206
11:22:59	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	201	206
11:23:00	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	201	207
11:23:01	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	202	207
11:23:02	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	202	208
11:23:03	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	203	208
11:23:04	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	203	209
11:23:05	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	204	209
11:23:06	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	204	210
11:23:07	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	205	210
11:23:08	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	205	211
11:23:09	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	206	211
11:23:10	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	206	212
11:23:11	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	207	213
11:23:12	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	207	213
11:23:13	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	208	214
11:23:14	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	208	214
11:23:15	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	208	214
11:23:16	136	4η βαθμίδα – 56 rpm	209	215
11:23:17	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	209	216
11:23:18	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	210	216
11:23:19	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	210	217
11:23:20	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	211	217
11:23:21	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	211	218
11:23:22	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	212	218
11:23:23	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	212	219
11:23:24	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	213	219
11:23:25	136	4η βαθμίδα – 56 rpm	213	220
11:23:26	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	214	220
11:23:27	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	214	221
11:23:28	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	215	221
11:23:29	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	215	222
11:23:30	143	4η βαθμίδα – 56 rpm	216	222
11:23:31	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	216	223
11:23:32	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	217	223
11:23:33	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	217	224
11:23:34	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	218	224
11:23:35	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	218	225
11:23:36	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	219	225
11:23:37	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	219	226

11:23:38	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	220	226
11:23:39	143	4η βαθμίδα – 56 rpm	220	227
11:23:40	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	221	227
11:23:41	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	221	228
11:23:42	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	222	228
11:23:43	136	4η βαθμίδα – 56 rpm	222	229
11:23:44	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	222	229
11:23:45	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	223	230
11:23:46	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	223	230
11:23:47	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	224	231
11:23:48	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	224	231
11:23:49	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	225	232
11:23:50	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	225	232
11:23:51	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	226	233
11:23:52	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	226	233
11:23:53	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	227	234
11:23:54	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	227	234
11:23:55	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	228	235
11:23:56	143	4η βαθμίδα – 56 rpm	228	235
11:23:57	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	229	236
11:23:58	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	229	236
11:23:59	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	230	237
11:24:00	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	230	237
11:24:01	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	231	238
11:24:02	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	231	238
11:24:03	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	232	239
11:24:04	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	232	239
11:24:05	143	4η βαθμίδα – 56 rpm	233	240
11:24:06	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	233	241
11:24:07	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	234	241
11:24:08	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	234	241
11:24:09	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	235	242
11:24:10	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	235	242
11:24:11	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	236	243
11:24:12	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	236	243
11:24:13	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	236	244
11:24:14	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	237	244
11:24:15	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	238	245
11:24:16	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	238	245
11:24:17	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	238	246
11:24:18	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	239	246
11:24:19	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	239	246
11:24:20	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	240	247
11:24:21	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	240	247

11:24:22	141	4η βαθμίδα – 56 rpm	241	248
11:24:23	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	241	248
11:24:24	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	242	249
11:24:25	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	242	249
11:24:26	136	4η βαθμίδα – 56 rpm	243	250
11:24:27	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	243	250
11:24:28	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	244	251
11:24:29	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	244	251
11:24:30	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	245	252
11:24:31	142	4η βαθμίδα – 56 rpm	245	252
11:24:32	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	246	252
11:24:33	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	246	253
11:24:34	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	247	253
11:24:35	138	4η βαθμίδα – 56 rpm	247	254
11:24:36	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	248	254
11:24:37	137	4η βαθμίδα – 56 rpm	248	255
11:24:38	139	4η βαθμίδα – 56 rpm	249	255
11:24:39	140	4η βαθμίδα – 56 rpm	249	256
11:24:40	144	4η βαθμίδα – 56 rpm	250	256

## **Παράρτημα Β: Πειραματικά Δεδομένα Διαδικασίας Salter's Duck**



Χρόνος Time(s)	Ύψος κύματος SO-1 (mm)	Βαθμίδες SV-1 (rpm)	Ύψος νερού 1 SP- 2 (mm)	Ύψος νερού 2 SP-3 (mm)
12:00:00	139	1η βαθμίδα – 42 rpm	40	38
12:00:01	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	40	38
12:00:02	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	41	38
12:00:03	133	1η βαθμίδα – 42 rpm	41	38
12:00:04	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	41	39
12:00:05	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	42	39
12:00:06	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	42	39
12:00:07	134	1η βαθμίδα – 42 rpm	42	40
12:00:08	146	1η βαθμίδα – 42 rpm	42	40
12:00:09	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	43	40
12:00:10	137	1η βαθμίδα – 42 rpm	43	40
12:00:11	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	43	41
12:00:12	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	43	41
12:00:13	141	1η βαθμίδα – 42 rpm	44	41
12:00:14	137	1η βαθμίδα – 42 rpm	44	41
12:00:15	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	44	42
12:00:16	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	45	42
12:00:17	133	1η βαθμίδα – 42 rpm	45	42
12:00:18	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	45	42
12:00:19	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	45	43
12:00:20	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	46	43
12:00:21	133	1η βαθμίδα – 42 rpm	46	43
12:00:22	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	46	43
12:00:23	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	46	44
12:00:24	138	1η βαθμίδα – 42 rpm	47	44
12:00:25	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	47	44
12:00:26	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	47	44
12:00:27	141	1η βαθμίδα – 42 rpm	48	45
12:00:28	137	1η βαθμίδα – 42 rpm	48	45
12:00:29	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	48	45
12:00:30	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	48	45
12:00:31	133	1η βαθμίδα – 42 rpm	49	46
12:00:32	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	49	46
12:00:33	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	49	46
12:00:34	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	49	46
12:00:35	134	1η βαθμίδα – 42 rpm	50	47
12:00:36	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	50	47
12:00:37	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	50	47
12:00:38	138	1η βαθμίδα – 42 rpm	51	47

12:00:39	140	1η βαθμίδα – 42 rpm	51	48
12:00:40	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	51	48
12:00:41	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	51	48
12:00:42	135	1η βαθμίδα – 42 rpm	52	48
12:00:43	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	52	49
12:00:44	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	52	49
12:00:45	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	52	49
12:00:46	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	53	49
12:00:47	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	53	50
12:00:48	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	53	50
12:00:49	135	1η βαθμίδα – 42 rpm	53	50
12:00:50	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	54	50
12:00:51	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	54	51
12:00:52	139	1η βαθμίδα – 42 rpm	54	51
12:00:53	138	1η βαθμίδα – 42 rpm	55	51
12:00:54	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	55	51
12:00:55	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	55	52
12:00:56	134	1η βαθμίδα – 42 rpm	55	52
12:00:57	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	56	52
12:00:58	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	56	52
12:00:59	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	56	53
12:01:00	132	1η βαθμίδα – 42 rpm	56	53
12:01:01	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	57	53
12:01:02	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	57	53
12:01:03	138	1η βαθμίδα – 42 rpm	57	54
12:01:04	140	1η βαθμίδα – 42 rpm	57	54
12:01:05	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	58	54
12:01:06	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	58	54
12:01:07	135	1η βαθμίδα – 42 rpm	58	55
12:01:08	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	58	55
12:01:09	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	59	55
12:01:10	132	1η βαθμίδα – 42 rpm	59	55
12:01:11	132	1η βαθμίδα – 42 rpm	59	56
12:01:12	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	60	56
12:01:13	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	60	56
12:01:14	136	1η βαθμίδα – 42 rpm	60	56
12:01:15	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	60	57
12:01:16	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	60	57
12:01:17	139	1η βαθμίδα – 42 rpm	61	57
12:01:18	138	1η βαθμίδα – 42 rpm	61	57
12:01:19	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	61	58

12:01:20	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	62	58
12:01:21	134	1η βαθμίδα – 42 rpm	62	58
12:01:22	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	62	59
12:01:23	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	62	59
12:01:24	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	63	59
12:01:25	133	1η βαθμίδα – 42 rpm	63	59
12:01:26	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	63	60
12:01:27	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	63	60
12:01:28	137	1η βαθμίδα – 42 rpm	64	60
12:01:29	141	1η βαθμίδα – 42 rpm	64	60
12:01:30	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	64	61
12:01:31	140	1η βαθμίδα – 42 rpm	64	61
12:01:32	137	1η βαθμίδα – 42 rpm	65	61
12:01:33	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	65	62
12:01:34	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	65	62
12:01:35	133	1η βαθμίδα – 42 rpm	66	62
12:01:36	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	66	63
12:01:37	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	66	63
12:01:38	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	66	63
12:01:39	134	1η βαθμίδα – 42 rpm	67	63
12:01:40	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	67	64
12:01:41	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	67	64
12:01:42	138	1η βαθμίδα – 42 rpm	68	64
12:01:43	140	1η βαθμίδα – 42 rpm	68	64
12:01:44	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	68	65
12:01:45	141	1η βαθμίδα – 42 rpm	68	65
12:01:46	135	1η βαθμίδα – 42 rpm	69	65
12:01:47	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	69	66
12:01:48	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	69	66
12:01:49	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	69	66
12:01:50	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	70	66
12:01:51	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	70	67
12:01:52	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	70	67
12:01:53	134	1η βαθμίδα – 42 rpm	70	67
12:01:54	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	71	67
12:01:55	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	71	68
12:01:56	138	1η βαθμίδα – 42 rpm	71	68
12:01:57	140	1η βαθμίδα – 42 rpm	71	68
12:01:58	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	72	69
12:01:59	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	72	69
12:02:00	135	1η βαθμίδα – 42 rpm	72	69

12:02:01	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	72	69
12:02:02	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	73	70
12:02:03	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	73	70
12:02:04	132	1η βαθμίδα – 42 rpm	73	70
12:02:05	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	74	70
12:02:06	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	74	71
12:02:07	135	1η βαθμίδα – 42 rpm	74	71
12:02:08	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	74	71
12:02:09	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	75	71
12:02:10	140	1η βαθμίδα – 42 rpm	75	72
12:02:11	139	1η βαθμίδα – 42 rpm	75	72
12:02:12	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	75	72
12:02:13	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	75	72
12:02:14	133	1η βαθμίδα – 42 rpm	76	73
12:02:15	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	76	73
12:02:16	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	76	73
12:02:17	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	76	73
12:02:18	132	1η βαθμίδα – 42 rpm	77	74
12:02:19	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	77	74
12:02:20	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	77	74
12:02:21	137	1η βαθμίδα – 42 rpm	77	75
12:02:22	141	1η βαθμίδα – 42 rpm	78	75
12:02:23	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	78	75
12:02:24	141	1η βαθμίδα – 42 rpm	78	75
12:02:25	137	1η βαθμίδα – 42 rpm	78	75
12:02:26	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	79	76
12:02:27	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	79	76
12:02:28	133	1η βαθμίδα – 42 rpm	79	76
12:02:29	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	79	76
12:02:30	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	80	77
12:02:31	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	80	77
12:02:32	133	1η βαθμίδα – 42 rpm	80	77
12:02:33	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	80	77
12:02:34	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	81	78
12:02:35	137	1η βαθμίδα – 42 rpm	81	78
12:02:36	141	1η βαθμίδα – 42 rpm	81	78
12:02:37	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	81	78
12:02:38	140	1η βαθμίδα – 42 rpm	82	79
12:02:39	136	1η βαθμίδα – 42 rpm	82	79
12:02:40	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	82	79
12:02:41	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	82	79

12:02:42	132	1η βαθμίδα – 42 rpm	83	80
12:02:43	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	83	80
12:02:44	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	83	80
12:02:45	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	83	80
12:02:46	135	1η βαθμίδα – 42 rpm	84	81
12:02:47	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	84	81
12:02:48	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	84	81
12:02:49	139	1η βαθμίδα – 42 rpm	84	81
12:02:50	138	1η βαθμίδα – 42 rpm	84	82
12:02:51	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	85	82
12:02:52	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	85	82
12:02:53	133	1η βαθμίδα – 42 rpm	85	82
12:02:54	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	85	83
12:02:55	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	86	83
12:02:56	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	86	83
12:02:57	134	1η βαθμίδα – 42 rpm	86	83
12:02:58	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	86	84
12:02:59	125	1η βαθμίδα – 42 rpm	87	84
12:03:00	137	1η βαθμίδα – 42 rpm	87	84
12:03:01	140	1η βαθμίδα – 42 rpm	87	84
12:03:02	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	87	85
12:03:03	141	1η βαθμίδα – 42 rpm	87	85
12:03:04	135	1η βαθμίδα – 42 rpm	88	85
12:03:05	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	88	86
12:03:06	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	88	86
12:03:07	132	1η βαθμίδα – 42 rpm	88	86
12:03:08	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	89	86
12:03:09	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	89	87
12:03:10	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	89	87
12:03:11	136	1η βαθμίδα – 42 rpm	89	87
12:03:12	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	90	87
12:03:13	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	90	88
12:03:14	140	1η βαθμίδα – 42 rpm	90	88
12:03:15	138	1η βαθμίδα – 42 rpm	91	88
12:03:16	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	91	88
12:03:17	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	91	89
12:03:18	134	1η βαθμίδα – 42 rpm	91	89
12:03:19	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	92	89
12:03:20	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	92	90
12:03:21	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	92	90
12:03:22	132	1η βαθμίδα – 42 rpm	93	90

12:03:23	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	93	90
12:03:24	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	93	91
12:03:25	136	1η βαθμίδα – 42 rpm	93	91
12:03:26	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	94	91
12:03:27	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	94	91
12:03:28	140	1η βαθμίδα – 42 rpm	94	92
12:03:29	136	1η βαθμίδα – 42 rpm	94	92
12:03:30	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	94	92
12:03:31	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	95	92
12:03:32	132	1η βαθμίδα – 42 rpm	95	93
12:03:33	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	95	93
12:03:34	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	95	93
12:03:35	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	96	93
12:03:36	134	1η βαθμίδα – 42 rpm	96	94
12:03:37	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	96	94
12:03:38	125	1η βαθμίδα – 42 rpm	96	94
12:03:39	138	1η βαθμίδα – 42 rpm	96	94
12:03:40	139	1η βαθμίδα – 42 rpm	97	95
12:03:41	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	97	95
12:03:42	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	97	95
12:03:43	134	1η βαθμίδα – 42 rpm	97	95
12:03:44	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	97	96
12:03:45	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	98	96
12:03:46	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	98	96
12:03:47	132	1η βαθμίδα – 42 rpm	98	96
12:03:48	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	98	97
12:03:49	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	99	97
12:03:50	136	1η βαθμίδα – 42 rpm	99	97
12:03:51	141	1η βαθμίδα – 42 rpm	99	97
12:03:52	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	99	98
12:03:53	140	1η βαθμίδα – 42 rpm	100	98
12:03:54	137	1η βαθμίδα – 42 rpm	100	98
12:03:55	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	100	99
12:03:56	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	100	99
12:03:57	132	1η βαθμίδα – 42 rpm	100	99
12:03:58	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	101	99
12:03:59	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	101	100
12:04:00	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	101	100
12:04:01	133	1η βαθμίδα – 42 rpm	101	100
12:04:02	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	102	100
12:04:03	125	1η βαθμίδα – 42 rpm	102	101

12:04:04	138	1η βαθμίδα – 42 rpm	102	101
12:04:05	139	1η βαθμίδα – 42 rpm	102	101
12:04:06	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	103	101
12:04:07	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	103	102
12:04:08	135	1η βαθμίδα – 42 rpm	103	102
12:04:09	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	103	102
12:04:10	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	104	102
12:04:11	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	104	103
12:04:12	132	1η βαθμίδα – 42 rpm	104	103
12:04:13	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	104	103
12:04:14	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	105	103
12:04:15	136	1η βαθμίδα – 42 rpm	105	104
12:04:16	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	105	104
12:04:17	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	105	104
12:04:18	139	1η βαθμίδα – 42 rpm	106	104
12:04:19	137	1η βαθμίδα – 42 rpm	106	105
12:04:20	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	106	105
12:04:21	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	106	105
12:04:22	133	1η βαθμίδα – 42 rpm	106	105
12:04:23	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	107	106
12:04:24	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	107	106
12:04:25	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	107	106
12:04:26	134	1η βαθμίδα – 42 rpm	107	107
12:04:27	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	108	107
12:04:28	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	108	107
12:04:29	138	1η βαθμίδα – 42 rpm	108	107
12:04:30	140	1η βαθμίδα – 42 rpm	108	108
12:04:31	125	1η βαθμίδα – 42 rpm	109	108
12:04:32	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	109	108
12:04:33	134	1η βαθμίδα – 42 rpm	109	108
12:04:34	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	109	109
12:04:35	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	110	109
12:04:36	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	110	109
12:04:37	132	1η βαθμίδα – 42 rpm	110	110
12:04:38	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	111	110
12:04:39	125	1η βαθμίδα – 42 rpm	111	110
12:04:40	136	1η βαθμίδα – 42 rpm	111	110
12:04:41	141	1η βαθμίδα – 42 rpm	111	111
12:04:42	125	1η βαθμίδα – 42 rpm	112	111
12:04:43	139	1η βαθμίδα – 42 rpm	112	111
12:04:44	136	1η βαθμίδα – 42 rpm	112	111



12:04:45	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	112	112
12:04:46	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	113	112
12:04:47	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	113	112
12:04:48	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	113	112
12:04:49	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	113	113
12:04:50	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	114	113
12:04:51	135	1η βαθμίδα – 42 rpm	114	113
12:04:52	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	114	113
12:04:53	125	1η βαθμίδα – 42 rpm	114	113
12:04:54	140	1η βαθμίδα – 42 rpm	114	114
12:04:55	136	1η βαθμίδα – 42 rpm	115	114
12:04:56	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	115	114
12:04:57	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	115	114
12:04:58	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	115	115
12:04:59	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	116	115
12:05:00	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	116	115
12:05:01	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	116	115
12:05:02	135	1η βαθμίδα – 42 rpm	116	116
12:05:03	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	117	116
12:05:04	125	1η βαθμίδα – 42 rpm	117	116
12:05:05	139	1η βαθμίδα – 42 rpm	117	116
12:05:06	137	1η βαθμίδα – 42 rpm	117	117
12:05:07	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	117	117
12:05:08	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	118	117
12:05:09	132	1η βαθμίδα – 42 rpm	118	117
12:05:10	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	118	118
12:05:11	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	119	118
12:05:12	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	119	118
12:05:13	135	1η βαθμίδα – 42 rpm	119	118
12:05:14	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	119	119
12:05:15	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	120	119
12:05:16	138	1η βαθμίδα – 42 rpm	120	119
12:05:17	138	1η βαθμίδα – 42 rpm	120	119
12:05:18	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	120	120
12:05:19	141	1η βαθμίδα – 42 rpm	121	120
12:05:20	134	1η βαθμίδα – 42 rpm	121	120
12:05:21	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	121	121
12:05:22	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	121	121
12:05:23	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	122	121
12:05:24	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	122	121
12:05:25	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	122	122

12:05:26	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	122	122
12:05:27	137	1η βαθμίδα – 42 rpm	123	122
12:05:28	141	1η βαθμίδα – 42 rpm	123	122
12:05:29	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	123	123
12:05:30	140	1η βαθμίδα – 42 rpm	123	123
12:05:31	136	1η βαθμίδα – 42 rpm	124	123
12:05:32	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	124	123
12:05:33	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	124	124
12:05:34	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	124	124
12:05:35	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	125	124
12:05:36	145	1η βαθμίδα – 42 rpm	125	124
12:05:37	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	125	125
12:05:38	134	1η βαθμίδα – 42 rpm	125	125
12:05:39	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	126	125
12:05:40	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	126	126
12:05:41	137	1η βαθμίδα – 42 rpm	126	126
12:05:42	139	1η βαθμίδα – 42 rpm	127	126
12:05:43	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	127	126
12:05:44	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	127	127
12:05:45	134	1η βαθμίδα – 42 rpm	127	127
12:05:46	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	128	127
12:05:47	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	128	127
12:05:48	130	1η βαθμίδα – 42 rpm	128	128
12:05:49	131	1η βαθμίδα – 42 rpm	128	128
12:05:50	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	129	128
12:05:51	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	129	129
12:05:52	136	1η βαθμίδα – 42 rpm	129	129
12:05:53	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	130	129
12:05:54	126	1η βαθμίδα – 42 rpm	130	129
12:05:55	139	1η βαθμίδα – 42 rpm	130	130
12:05:56	137	1η βαθμίδα – 42 rpm	130	130
12:05:57	128	1η βαθμίδα – 42 rpm	131	130
12:05:58	142	1η βαθμίδα – 42 rpm	131	130
12:05:59	133	1η βαθμίδα – 42 rpm	131	131
12:06:00	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	131	131
12:06:01	144	1η βαθμίδα – 42 rpm	132	131
12:06:02	129	1η βαθμίδα – 42 rpm	132	131
12:06:03	132	1η βαθμίδα – 42 rpm	132	132
12:06:04	143	1η βαθμίδα – 42 rpm	132	132
12:06:05	127	1η βαθμίδα – 42 rpm	133	132
12:06:06	136	1η βαθμίδα – 42 rpm	133	133

12:06:07	140	1η βαθμίδα – 42 rpm	133	133
12:06:08	125	1η βαθμίδα – 42 rpm	133	133
12:06:09	141	1η βαθμίδα – 42 rpm	134	133
12:06:10	136	1η βαθμίδα – 42 rpm	134	134
12:06:11	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	55	33
12:06:12	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	55	33
12:06:13	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	56	33
12:06:14	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	56	34
12:06:15	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	56	34
12:06:16	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	56	34
12:06:17	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	57	34
12:06:18	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	57	35
12:06:19	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	57	35
12:06:20	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	57	35
12:06:21	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	58	36
12:06:22	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	58	36
12:06:23	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	58	36
12:06:24	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	58	36
12:06:25	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	59	37
12:06:26	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	59	37
12:06:27	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	59	37
12:06:28	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	59	37
12:06:29	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	60	38
12:06:30	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	60	38
12:06:31	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	60	38
12:06:32	138	2η βαθμίδα – 46 rpm	61	38
12:06:33	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	61	39
12:06:34	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	61	39
12:06:35	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	61	39
12:06:36	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	62	40
12:06:37	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	62	40
12:06:38	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	62	40
12:06:39	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	62	40
12:06:40	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	62	41
12:06:41	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	63	41
12:06:42	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	63	41
12:06:43	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	63	41
12:06:44	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	63	42
12:06:45	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	64	42
12:06:46	138	2η βαθμίδα – 46 rpm	64	42
12:06:47	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	64	43

12:06:48	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	65	43
12:06:49	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	65	43
12:06:50	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	65	43
12:06:51	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	65	44
12:06:52	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	65	44
12:06:53	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	66	44
12:06:54	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	66	45
12:06:55	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	66	45
12:06:56	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	67	45
12:06:57	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	67	45
12:06:58	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	67	46
12:06:59	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	67	46
12:07:00	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	68	46
12:07:01	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	68	47
12:07:02	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	68	47
12:07:03	138	2η βαθμίδα – 46 rpm	68	47
12:07:04	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	68	47
12:07:05	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	69	48
12:07:06	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	69	48
12:07:07	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	69	48
12:07:08	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	69	49
12:07:09	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	70	49
12:07:10	138	2η βαθμίδα – 46 rpm	70	49
12:07:11	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	70	50
12:07:12	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	70	50
12:07:13	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	71	50
12:07:14	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	71	50
12:07:15	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	71	51
12:07:16	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	71	51
12:07:17	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	72	51
12:07:18	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	72	51
12:07:19	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	72	52
12:07:20	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	72	52
12:07:21	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	73	52
12:07:22	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	73	53
12:07:23	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	73	53
12:07:24	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	73	53
12:07:25	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	74	54
12:07:26	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	74	54
12:07:27	138	2η βαθμίδα – 46 rpm	74	54
12:07:28	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	74	54

12:07:29	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	75	55
12:07:30	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	75	55
12:07:31	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	75	55
12:07:32	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	76	56
12:07:33	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	76	56
12:07:34	138	2η βαθμίδα – 46 rpm	76	56
12:07:35	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	76	56
12:07:36	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	77	57
12:07:37	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	77	57
12:07:38	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	77	57
12:07:39	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	77	58
12:07:40	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	78	58
12:07:41	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	78	58
12:07:42	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	78	59
12:07:43	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	78	59
12:07:44	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	79	59
12:07:45	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	79	59
12:07:46	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	79	60
12:07:47	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	80	60
12:07:48	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	80	60
12:07:49	125	2η βαθμίδα – 46 rpm	80	61
12:07:50	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	80	61
12:07:51	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	81	61
12:07:52	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	81	62
12:07:53	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	81	62
12:07:54	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	82	62
12:07:55	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	82	62
12:07:56	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	82	63
12:07:57	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	82	63
12:07:58	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	83	63
12:07:59	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	83	64
12:08:00	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	83	64
12:08:01	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	84	64
12:08:02	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	84	65
12:08:03	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	84	65
12:08:04	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	84	65
12:08:05	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	85	65
12:08:06	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	85	66
12:08:07	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	85	66
12:08:08	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	86	66
12:08:09	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	86	67

12:08:10	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	86	67
12:08:11	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	86	67
12:08:12	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	87	68
12:08:13	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	87	68
12:08:14	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	87	68
12:08:15	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	87	68
12:08:16	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	88	69
12:08:17	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	88	69
12:08:18	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	88	69
12:08:19	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	89	70
12:08:20	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	89	70
12:08:21	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	89	70
12:08:22	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	89	71
12:08:23	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	90	71
12:08:24	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	90	72
12:08:25	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	90	72
12:08:26	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	90	72
12:08:27	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	91	72
12:08:28	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	91	73
12:08:29	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	91	73
12:08:30	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	91	73
12:08:31	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	92	73
12:08:32	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	92	74
12:08:33	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	92	74
12:08:34	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	92	74
12:08:35	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	93	75
12:08:36	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	93	75
12:08:37	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	93	75
12:08:38	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	94	75
12:08:39	138	2η βαθμίδα – 46 rpm	94	76
12:08:40	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	94	76
12:08:41	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	94	76
12:08:42	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	95	77
12:08:43	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	95	77
12:08:44	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	95	77
12:08:45	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	95	78
12:08:46	138	2η βαθμίδα – 46 rpm	96	78
12:08:47	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	96	78
12:08:48	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	96	78
12:08:49	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	96	79
12:08:50	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	96	79

12:08:51	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	97	79
12:08:52	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	97	80
12:08:53	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	97	80
12:08:54	125	2η βαθμίδα – 46 rpm	97	80
12:08:55	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	98	81
12:08:56	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	98	81
12:08:57	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	98	81
12:08:58	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	98	82
12:08:59	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	99	82
12:09:00	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	99	82
12:09:01	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	99	83
12:09:02	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	99	83
12:09:03	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	100	83
12:09:04	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	100	83
12:09:05	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	100	84
12:09:06	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	100	84
12:09:07	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	101	84
12:09:08	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	101	85
12:09:09	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	101	85
12:09:10	138	2η βαθμίδα – 46 rpm	101	85
12:09:11	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	102	85
12:09:12	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	102	86
12:09:13	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	102	86
12:09:14	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	102	86
12:09:15	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	103	87
12:09:16	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	103	87
12:09:17	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	103	87
12:09:18	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	103	88
12:09:19	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	104	88
12:09:20	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	104	88
12:09:21	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	104	89
12:09:22	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	105	89
12:09:23	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	105	89
12:09:24	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	105	90
12:09:25	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	105	90
12:09:26	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	106	90
12:09:27	138	2η βαθμίδα – 46 rpm	106	90
12:09:28	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	106	91
12:09:29	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	106	91
12:09:30	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	107	91
12:09:31	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	107	92



12:09:32	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	107	92
12:09:33	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	108	92
12:09:34	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	108	93
12:09:35	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	108	93
12:09:36	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	108	93
12:09:37	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	109	94
12:09:38	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	109	94
12:09:39	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	109	94
12:09:40	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	109	94
12:09:41	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	110	95
12:09:42	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	110	95
12:09:43	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	110	95
12:09:44	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	110	96
12:09:45	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	111	96
12:09:46	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	111	96
12:09:47	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	111	97
12:09:48	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	111	97
12:09:49	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	112	97
12:09:50	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	112	98
12:09:51	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	112	98
12:09:52	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	113	98
12:09:53	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	113	99
12:09:54	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	113	99
12:09:55	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	113	99
12:09:56	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	114	100
12:09:57	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	114	100
12:09:58	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	114	100
12:09:59	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	114	100
12:10:00	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	115	101
12:10:01	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	115	101
12:10:02	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	115	101
12:10:03	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	115	102
12:10:04	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	116	102
12:10:05	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	116	102
12:10:06	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	116	103
12:10:07	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	117	103
12:10:08	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	117	103
12:10:09	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	117	104
12:10:10	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	117	104
12:10:11	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	118	104
12:10:12	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	118	104

12:10:13	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	118	105
12:10:14	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	119	105
12:10:15	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	119	105
12:10:16	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	119	106
12:10:17	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	119	106
12:10:18	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	120	106
12:10:19	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	120	107
12:10:20	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	120	107
12:10:21	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	121	107
12:10:22	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	121	108
12:10:23	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	121	108
12:10:24	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	121	108
12:10:25	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	121	108
12:10:26	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	122	109
12:10:27	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	122	109
12:10:28	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	122	109
12:10:29	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	123	110
12:10:30	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	123	110
12:10:31	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	123	110
12:10:32	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	123	111
12:10:33	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	124	111
12:10:34	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	124	111
12:10:35	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	124	112
12:10:36	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	124	112
12:10:37	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	125	112
12:10:38	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	125	113
12:10:39	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	125	113
12:10:40	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	125	113
12:10:41	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	126	114
12:10:42	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	126	114
12:10:43	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	126	114
12:10:44	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	126	115
12:10:45	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	127	115
12:10:46	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	127	115
12:10:47	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	127	116
12:10:48	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	127	116
12:10:49	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	128	116
12:10:50	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	128	116
12:10:51	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	128	117
12:10:52	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	129	117
12:10:53	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	129	117

12:10:54	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	129	118
12:10:55	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	129	118
12:10:56	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	129	118
12:10:57	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	130	119
12:10:58	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	130	119
12:10:59	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	130	119
12:11:00	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	131	119
12:11:01	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	131	120
12:11:02	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	131	120
12:11:03	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	131	120
12:11:04	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	132	121
12:11:05	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	132	121
12:11:06	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	132	121
12:11:07	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	133	122
12:11:08	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	133	122
12:11:09	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	133	122
12:11:10	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	133	122
12:11:11	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	133	123
12:11:12	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	134	123
12:11:13	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	134	123
12:11:14	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	134	124
12:11:15	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	134	124
12:11:16	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	135	124
12:11:17	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	135	124
12:11:18	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	135	125
12:11:19	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	135	125
12:11:20	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	136	125
12:11:21	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	136	126
12:11:22	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	136	126
12:11:23	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	136	126
12:11:24	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	137	127
12:11:25	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	137	127
12:11:26	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	137	127
12:11:27	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	137	127
12:11:28	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	137	128
12:11:29	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	138	128
12:11:30	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	138	128
12:11:31	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	138	129
12:11:32	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	139	129
12:11:33	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	139	129
12:11:34	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	139	130

12:11:35	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	139	130
12:11:36	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	140	130
12:11:37	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	140	131
12:11:38	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	140	131
12:11:39	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	140	131
12:11:40	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	141	131
12:11:41	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	141	132
12:11:42	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	141	132
12:11:43	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	141	132
12:11:44	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	142	133
12:11:45	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	142	133
12:11:46	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	142	133
12:11:47	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	142	134
12:11:48	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	142	134
12:11:49	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	143	134
12:11:50	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	143	134
12:11:51	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	143	135
12:11:52	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	143	135
12:11:53	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	144	135
12:11:54	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	144	136
12:11:55	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	144	136
12:11:56	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	144	136
12:11:57	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	145	137
12:11:58	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	145	137
12:11:59	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	145	137
12:12:00	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	145	137
12:12:01	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	146	138
12:12:02	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	146	138
12:12:03	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	146	138
12:12:04	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	146	139
12:12:05	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	147	139
12:12:06	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	147	139
12:12:07	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	147	140
12:12:08	138	2η βαθμίδα – 46 rpm	147	140
12:12:09	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	147	140
12:12:10	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	148	140
12:12:11	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	148	141
12:12:12	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	148	141
12:12:13	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	148	141
12:12:14	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	149	142
12:12:15	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	149	142

12:12:16	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	149	142
12:12:17	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	149	143
12:12:18	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	150	143
12:12:19	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	150	143
12:12:20	130	2η βαθμίδα – 46 rpm	150	143
12:12:21	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	150	144
12:12:22	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	150	144
12:12:23	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	151	144
12:12:24	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	151	145
12:12:25	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	151	145
12:12:26	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	151	145
12:12:27	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	151	145
12:12:28	135	2η βαθμίδα – 46 rpm	152	146
12:12:29	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	152	146
12:12:30	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	152	146
12:12:31	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	152	147
12:12:32	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	153	147
12:12:33	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	153	147
12:12:34	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	153	147
12:12:35	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	153	148
12:12:36	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	154	148
12:12:37	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	154	148
12:12:38	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	154	148
12:12:39	138	2η βαθμίδα – 46 rpm	154	149
12:12:40	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	154	149
12:12:41	131	2η βαθμίδα – 46 rpm	155	149
12:12:42	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	155	150
12:12:43	132	2η βαθμίδα – 46 rpm	155	150
12:12:44	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	155	150
12:12:45	134	2η βαθμίδα – 46 rpm	156	150
12:12:46	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	156	151
12:12:47	126	2η βαθμίδα – 46 rpm	156	151
12:12:48	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	156	151
12:12:49	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	156	151
12:12:50	129	2η βαθμίδα – 46 rpm	157	152
12:12:51	128	2η βαθμίδα – 46 rpm	157	152
12:12:52	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	157	152
12:12:53	136	2η βαθμίδα – 46 rpm	157	152
12:12:54	127	2η βαθμίδα – 46 rpm	157	153
12:12:55	133	2η βαθμίδα – 46 rpm	158	153
12:12:56	137	2η βαθμίδα – 46 rpm	158	153

12:12:57	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	55	57
12:12:58	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	55	57
12:12:59	135	3η βαθμίδα – 50 rpm	56	58
12:13:00	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	56	58
12:13:01	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	56	58
12:13:02	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	57	59
12:13:03	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	57	59
12:13:04	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	58	60
12:13:05	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	58	60
12:13:06	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	58	61
12:13:07	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	59	61
12:13:08	136	3η βαθμίδα – 50 rpm	59	61
12:13:09	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	59	62
12:13:10	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	60	62
12:13:11	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	60	62
12:13:12	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	61	63
12:13:13	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	61	63
12:13:14	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	61	64
12:13:15	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	62	64
12:13:16	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	62	65
12:13:17	135	3η βαθμίδα – 50 rpm	62	65
12:13:18	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	63	65
12:13:19	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	63	66
12:13:20	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	63	66
12:13:21	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	64	67
12:13:22	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	64	67
12:13:23	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	65	68
12:13:24	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	65	69
12:13:25	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	66	69
12:13:26	136	3η βαθμίδα – 50 rpm	66	70
12:13:27	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	67	70
12:13:28	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	67	71
12:13:29	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	68	71
12:13:30	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	68	72
12:13:31	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	69	73
12:13:32	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	69	73
12:13:33	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	70	74
12:13:34	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	70	74
12:13:35	136	3η βαθμίδα – 50 rpm	71	75
12:13:36	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	71	76
12:13:37	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	72	76

12:13:38	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	73	77
12:13:39	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	73	77
12:13:40	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	73	78
12:13:41	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	74	78
12:13:42	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	74	79
12:13:43	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	75	79
12:13:44	136	3η βαθμίδα – 50 rpm	75	80
12:13:45	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	76	80
12:13:46	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	76	81
12:13:47	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	77	81
12:13:48	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	77	82
12:13:49	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	78	82
12:13:50	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	78	83
12:13:51	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	79	83
12:13:52	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	79	84
12:13:53	135	3η βαθμίδα – 50 rpm	79	84
12:13:54	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	80	85
12:13:55	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	80	85
12:13:56	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	81	86
12:13:57	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	81	87
12:13:58	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	82	87
12:13:59	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	82	88
12:14:00	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	83	88
12:14:01	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	83	89
12:14:02	135	3η βαθμίδα – 50 rpm	84	89
12:14:03	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	84	90
12:14:04	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	85	91
12:14:05	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	85	91
12:14:06	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	86	92
12:14:07	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	86	92
12:14:08	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	87	93
12:14:09	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	87	94
12:14:10	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	88	94
12:14:11	135	3η βαθμίδα – 50 rpm	88	95
12:14:12	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	89	95
12:14:13	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	89	96
12:14:14	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	90	97
12:14:15	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	91	97
12:14:16	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	91	98
12:14:17	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	92	99
12:14:18	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	92	100



12:14:19	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	93	100
12:14:20	135	3η βαθμίδα – 50 rpm	93	101
12:14:21	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	94	101
12:14:22	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	94	102
12:14:23	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	95	103
12:14:24	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	96	103
12:14:25	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	96	104
12:14:26	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	97	105
12:14:27	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	97	106
12:14:28	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	98	106
12:14:29	135	3η βαθμίδα – 50 rpm	98	107
12:14:30	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	99	107
12:14:31	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	99	108
12:14:32	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	100	109
12:14:33	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	100	109
12:14:34	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	101	110
12:14:35	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	101	111
12:14:36	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	102	111
12:14:37	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	103	112
12:14:38	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	103	112
12:14:39	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	104	113
12:14:40	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	104	114
12:14:41	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	105	114
12:14:42	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	105	115
12:14:43	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	106	116
12:14:44	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	106	116
12:14:45	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	107	117
12:14:46	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	108	117
12:14:47	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	108	118
12:14:48	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	109	119
12:14:49	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	109	120
12:14:50	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	110	120
12:14:51	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	110	121
12:14:52	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	111	121
12:14:53	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	111	122
12:14:54	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	112	123
12:14:55	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	113	123
12:14:56	135	3η βαθμίδα – 50 rpm	113	124
12:14:57	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	114	125
12:14:58	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	114	125
12:14:59	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	115	126

12:15:00	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	116	127
12:15:01	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	116	127
12:15:02	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	117	128
12:15:03	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	117	129
12:15:04	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	118	129
12:15:05	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	118	130
12:15:06	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	119	130
12:15:07	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	119	131
12:15:08	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	120	132
12:15:09	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	121	133
12:15:10	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	121	133
12:15:11	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	122	134
12:15:12	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	122	134
12:15:13	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	123	135
12:15:14	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	123	136
12:15:15	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	124	136
12:15:16	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	124	137
12:15:17	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	125	138
12:15:18	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	126	138
12:15:19	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	126	139
12:15:20	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	127	140
12:15:21	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	127	140
12:15:22	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	128	141
12:15:23	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	128	141
12:15:24	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	129	142
12:15:25	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	130	143
12:15:26	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	130	143
12:15:27	135	3η βαθμίδα – 50 rpm	131	144
12:15:28	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	131	145
12:15:29	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	132	145
12:15:30	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	132	146
12:15:31	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	133	147
12:15:32	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	133	147
12:15:33	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	134	148
12:15:34	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	134	148
12:15:35	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	135	149
12:15:36	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	135	150
12:15:37	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	136	150
12:15:38	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	137	151
12:15:39	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	137	152
12:15:40	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	138	152

12:15:41	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	138	153
12:15:42	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	139	154
12:15:43	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	139	154
12:15:44	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	140	155
12:15:45	134	3η βαθμίδα – 50 rpm	141	155
12:15:46	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	141	156
12:15:47	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	142	157
12:15:48	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	142	157
12:15:49	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	143	158
12:15:50	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	143	159
12:15:51	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	144	159
12:15:52	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	144	160
12:15:53	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	145	160
12:15:54	135	3η βαθμίδα – 50 rpm	145	161
12:15:55	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	146	162
12:15:56	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	147	163
12:15:57	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	147	163
12:15:58	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	148	164
12:15:59	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	148	164
12:16:00	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	149	165
12:16:01	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	149	166
12:16:02	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	150	166
12:16:03	135	3η βαθμίδα – 50 rpm	150	167
12:16:04	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	151	167
12:16:05	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	151	168
12:16:06	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	152	169
12:16:07	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	153	169
12:16:08	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	153	170
12:16:09	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	154	171
12:16:10	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	154	171
12:16:11	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	155	172
12:16:12	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	155	172
12:16:13	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	156	173
12:16:14	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	156	174
12:16:15	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	157	175
12:16:16	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	158	175
12:16:17	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	158	176
12:16:18	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	159	176
12:16:19	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	159	177
12:16:20	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	160	178
12:16:21	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	161	178

12:16:22	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	161	179
12:16:23	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	161	180
12:16:24	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	162	180
12:16:25	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	163	181
12:16:26	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	163	182
12:16:27	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	164	182
12:16:28	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	164	183
12:16:29	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	165	184
12:16:30	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	166	184
12:16:31	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	166	185
12:16:32	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	167	186
12:16:33	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	167	186
12:16:34	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	168	187
12:16:35	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	168	187
12:16:36	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	169	188
12:16:37	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	169	189
12:16:38	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	170	189
12:16:39	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	171	190
12:16:40	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	171	191
12:16:41	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	172	191
12:16:42	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	172	192
12:16:43	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	173	193
12:16:44	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	174	193
12:16:45	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	174	194
12:16:46	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	175	195
12:16:47	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	175	195
12:16:48	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	176	196
12:16:49	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	176	197
12:16:50	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	177	197
12:16:51	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	178	198
12:16:52	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	178	199
12:16:53	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	179	199
12:16:54	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	179	200
12:16:55	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	180	201
12:16:56	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	181	201
12:16:57	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	181	202
12:16:58	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	182	202
12:16:59	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	182	203
12:17:00	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	183	204
12:17:01	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	183	204
12:17:02	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	184	205

12:17:03	126	3η βαθμίδα – 50 rpm	184	206
12:17:04	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	185	207
12:17:05	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	186	207
12:17:06	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	186	208
12:17:07	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	187	208
12:17:08	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	187	209
12:17:09	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	188	210
12:17:10	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	189	210
12:17:11	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	189	211
12:17:12	126	3η βαθμίδα – 50 rpm	190	212
12:17:13	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	190	212
12:17:14	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	191	213
12:17:15	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	191	214
12:17:16	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	192	214
12:17:17	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	192	215
12:17:18	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	193	216
12:17:19	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	194	216
12:17:20	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	194	217
12:17:21	126	3η βαθμίδα – 50 rpm	195	217
12:17:22	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	195	218
12:17:23	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	196	219
12:17:24	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	197	219
12:17:25	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	197	220
12:17:26	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	198	221
12:17:27	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	198	221
12:17:28	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	199	221
12:17:29	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	199	222
12:17:30	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	199	222
12:17:31	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	200	223
12:17:32	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	200	223
12:17:33	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	201	224
12:17:34	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	201	224
12:17:35	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	202	225
12:17:36	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	203	225
12:17:37	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	203	226
12:17:38	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	203	226
12:17:39	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	204	227
12:17:40	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	204	227
12:17:41	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	205	228
12:17:42	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	205	228
12:17:43	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	205	229

12:17:44	126	3η βαθμίδα – 50 rpm	206	229
12:17:45	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	206	230
12:17:46	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	207	230
12:17:47	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	207	230
12:17:48	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	208	231
12:17:49	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	208	231
12:17:50	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	209	232
12:17:51	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	209	232
12:17:52	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	210	233
12:17:53	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	210	233
12:17:54	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	211	234
12:17:55	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	211	235
12:17:56	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	212	235
12:17:57	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	212	236
12:17:58	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	213	236
12:17:59	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	214	237
12:18:00	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	214	237
12:18:01	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	215	238
12:18:02	126	3η βαθμίδα – 50 rpm	215	239
12:18:03	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	216	239
12:18:04	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	216	239
12:18:05	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	217	240
12:18:06	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	217	240
12:18:07	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	217	241
12:18:08	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	218	241
12:18:09	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	218	242
12:18:10	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	218	242
12:18:11	126	3η βαθμίδα – 50 rpm	219	243
12:18:12	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	219	243
12:18:13	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	220	244
12:18:14	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	221	244
12:18:15	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	221	245
12:18:16	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	221	245
12:18:17	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	222	246
12:18:18	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	222	246
12:18:19	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	223	246
12:18:20	126	3η βαθμίδα – 50 rpm	223	247
12:18:21	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	223	247
12:18:22	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	224	248
12:18:23	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	224	248
12:18:24	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	225	249

12:18:25	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	225	249
12:18:26	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	226	250
12:18:27	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	226	250
12:18:28	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	227	251
12:18:29	126	3η βαθμίδα – 50 rpm	227	251
12:18:30	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	227	252
12:18:31	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	228	252
12:18:32	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	228	253
12:18:33	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	229	253
12:18:34	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	229	254
12:18:35	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	230	254
12:18:36	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	230	255
12:18:37	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	231	255
12:18:38	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	231	256
12:18:39	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	232	256
12:18:40	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	233	257
12:18:41	131	3η βαθμίδα – 50 rpm	233	258
12:18:42	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	234	258
12:18:43	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	234	259
12:18:44	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	235	259
12:18:45	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	235	260
12:18:46	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	236	260
12:18:47	125	3η βαθμίδα – 50 rpm	236	261
12:18:48	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	237	261
12:18:49	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	237	262
12:18:50	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	237	262
12:18:51	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	238	263
12:18:52	126	3η βαθμίδα – 50 rpm	238	263
12:18:53	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	239	264
12:18:54	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	240	264
12:18:55	132	3η βαθμίδα – 50 rpm	240	265
12:18:56	126	3η βαθμίδα – 50 rpm	240	265
12:18:57	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	241	266
12:18:58	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	241	266
12:18:59	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	241	266
12:19:00	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	242	267
12:19:01	127	3η βαθμίδα – 50 rpm	242	267
12:19:02	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	243	268
12:19:03	129	3η βαθμίδα – 50 rpm	243	268
12:19:04	133	3η βαθμίδα – 50 rpm	243	269
12:19:05	126	3η βαθμίδα – 50 rpm	244	269



12:19:06	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	244	270
12:19:07	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	245	270
12:19:08	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	245	270
12:19:09	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	246	271
12:19:10	128	3η βαθμίδα – 50 rpm	246	271
12:19:11	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	246	271
12:19:12	130	3η βαθμίδα – 50 rpm	247	272
12:19:13	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	72	79
12:19:14	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	73	80
12:19:15	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	74	81
12:19:16	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	75	81
12:19:17	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	75	82
12:19:18	149	4η βαθμίδα – 54 rpm	76	83
12:19:19	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	77	84
12:19:20	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	77	84
12:19:21	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	78	85
12:19:22	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	79	86
12:19:23	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	80	87
12:19:24	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	81	88
12:19:25	145	4η βαθμίδα – 54 rpm	81	88
12:19:26	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	82	89
12:19:27	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	83	90
12:19:28	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	84	91
12:19:29	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	85	92
12:19:30	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	85	93
12:19:31	147	4η βαθμίδα – 54 rpm	86	93
12:19:32	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	87	94
12:19:33	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	88	95
12:19:34	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	88	96
12:19:35	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	89	97
12:19:36	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	90	98
12:19:37	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	91	99
12:19:38	145	4η βαθμίδα – 54 rpm	92	99
12:19:39	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	92	100
12:19:40	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	93	101
12:19:41	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	94	102
12:19:42	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	95	103
12:19:43	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	95	104
12:19:44	146	4η βαθμίδα – 54 rpm	96	105
12:19:45	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	97	106
12:19:46	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	98	107

12:19:47	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	99	107
12:19:48	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	99	108
12:19:49	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	100	109
12:19:50	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	101	110
12:19:51	145	4η βαθμίδα – 54 rpm	102	111
12:19:52	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	102	112
12:19:53	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	103	113
12:19:54	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	104	113
12:19:55	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	105	114
12:19:56	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	105	115
12:19:57	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	106	116
12:19:58	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	107	117
12:19:59	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	108	118
12:20:00	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	108	118
12:20:01	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	109	119
12:20:02	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	110	120
12:20:03	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	111	121
12:20:04	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	112	122
12:20:05	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	113	123
12:20:06	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	113	124
12:20:07	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	114	124
12:20:08	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	115	125
12:20:09	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	116	126
12:20:10	146	4η βαθμίδα – 54 rpm	117	127
12:20:11	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	117	128
12:20:12	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	118	129
12:20:13	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	119	129
12:20:14	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	120	130
12:20:15	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	120	131
12:20:16	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	121	132
12:20:17	145	4η βαθμίδα – 54 rpm	122	133
12:20:18	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	122	134
12:20:19	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	123	135
12:20:20	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	124	135
12:20:21	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	125	136
12:20:22	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	126	137
12:20:23	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	126	138
12:20:24	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	127	139
12:20:25	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	128	140
12:20:26	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	129	140
12:20:27	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	130	141

12:20:28	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	130	142
12:20:29	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	131	143
12:20:30	145	4η βαθμίδα – 54 rpm	132	143
12:20:31	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	132	144
12:20:32	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	133	145
12:20:33	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	134	146
12:20:34	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	135	147
12:20:35	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	136	148
12:20:36	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	136	149
12:20:37	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	137	150
12:20:38	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	138	151
12:20:39	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	139	151
12:20:40	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	140	152
12:20:41	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	141	153
12:20:42	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	142	154
12:20:43	145	4η βαθμίδα – 54 rpm	142	155
12:20:44	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	143	156
12:20:45	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	144	157
12:20:46	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	144	157
12:20:47	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	145	158
12:20:48	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	146	159
12:20:49	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	147	160
12:20:50	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	147	161
12:20:51	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	148	161
12:20:52	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	149	162
12:20:53	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	150	163
12:20:54	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	151	164
12:20:55	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	151	165
12:20:56	145	4η βαθμίδα – 54 rpm	152	166
12:20:57	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	153	167
12:20:58	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	154	168
12:20:59	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	154	168
12:21:00	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	155	169
12:21:01	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	156	170
12:21:02	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	157	171
12:21:03	145	4η βαθμίδα – 54 rpm	158	172
12:21:04	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	158	173
12:21:05	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	159	174
12:21:06	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	160	174
12:21:07	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	161	175
12:21:08	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	161	176

12:21:09	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	162	177
12:21:10	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	163	178
12:21:11	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	164	179
12:21:12	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	164	180
12:21:13	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	165	181
12:21:14	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	166	181
12:21:15	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	167	182
12:21:16	145	4η βαθμίδα – 54 rpm	168	183
12:21:17	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	169	184
12:21:18	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	169	185
12:21:19	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	170	186
12:21:20	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	171	186
12:21:21	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	172	187
12:21:22	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	172	188
12:21:23	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	173	189
12:21:24	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	174	190
12:21:25	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	174	190
12:21:26	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	175	191
12:21:27	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	176	192
12:21:28	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	177	193
12:21:29	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	177	194
12:21:30	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	178	195
12:21:31	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	179	196
12:21:32	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	180	197
12:21:33	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	181	197
12:21:34	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	182	198
12:21:35	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	182	199
12:21:36	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	183	200
12:21:37	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	184	201
12:21:38	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	185	201
12:21:39	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	185	202
12:21:40	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	186	203
12:21:41	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	187	204
12:21:42	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	188	205
12:21:43	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	188	205
12:21:44	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	189	206
12:21:45	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	190	207
12:21:46	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	191	208
12:21:47	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	191	209
12:21:48	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	192	209
12:21:49	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	193	210

12:21:50	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	194	211
12:21:51	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	195	212
12:21:52	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	195	213
12:21:53	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	196	214
12:21:54	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	197	215
12:21:55	145	4η βαθμίδα – 54 rpm	198	215
12:21:56	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	199	216
12:21:57	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	199	217
12:21:58	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	200	218
12:21:59	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	201	219
12:22:00	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	201	219
12:22:01	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	202	220
12:22:02	145	4η βαθμίδα – 54 rpm	203	221
12:22:03	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	204	222
12:22:04	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	205	223
12:22:05	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	205	224
12:22:06	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	206	225
12:22:07	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	207	225
12:22:08	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	208	226
12:22:09	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	209	227
12:22:10	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	210	228
12:22:11	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	211	229
12:22:12	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	211	230
12:22:13	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	212	231
12:22:14	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	213	231
12:22:15	145	4η βαθμίδα – 54 rpm	214	232
12:22:16	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	214	233
12:22:17	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	215	234
12:22:18	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	216	234
12:22:19	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	217	235
12:22:20	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	217	236
12:22:21	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	218	237
12:22:22	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	219	237
12:22:23	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	220	238
12:22:24	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	220	239
12:22:25	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	221	240
12:22:26	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	222	241
12:22:27	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	223	242
12:22:28	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	224	242
12:22:29	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	225	243
12:22:30	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	225	244

12:22:31	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	226	245
12:22:32	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	227	245
12:22:33	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	228	246
12:22:34	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	228	247
12:22:35	145	4η βαθμίδα – 54 rpm	229	248
12:22:36	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	230	248
12:22:37	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	231	249
12:22:38	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	231	250
12:22:39	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	232	251
12:22:40	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	233	252
12:22:41	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	234	252
12:22:42	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	234	253
12:22:43	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	235	254
12:22:44	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	236	255
12:22:45	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	237	256
12:22:46	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	238	256
12:22:47	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	239	257
12:22:48	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	239	258
12:22:49	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	240	259
12:22:50	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	241	260
12:22:51	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	241	260
12:22:52	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	242	261
12:22:53	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	243	262
12:22:54	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	244	262
12:22:55	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	245	263
12:22:56	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	245	264
12:22:57	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	246	265
12:22:58	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	247	266
12:22:59	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	248	267
12:23:00	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	249	268
12:23:01	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	250	268
12:23:02	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	251	269
12:23:03	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	252	270
12:23:04	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	252	271
12:23:05	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	253	272
12:23:06	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	254	273
12:23:07	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	255	273
12:23:08	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	255	274
12:23:09	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	256	275
12:23:10	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	257	275
12:23:11	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	257	276

12:23:12	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	258	277
12:23:13	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	259	278
12:23:14	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	260	278
12:23:15	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	260	279
12:23:16	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	261	280
12:23:17	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	262	281
12:23:18	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	263	281
12:23:19	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	263	282
12:23:20	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	264	283
12:23:21	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	265	284
12:23:22	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	266	285
12:23:23	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	266	285
12:23:24	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	267	286
12:23:25	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	268	287
12:23:26	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	269	288
12:23:27	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	269	288
12:23:28	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	270	289
12:23:29	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	271	290
12:23:30	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	271	290
12:23:31	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	272	291
12:23:32	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	273	292
12:23:33	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	274	293
12:23:34	144	4η βαθμίδα – 54 rpm	274	293
12:23:35	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	275	294
12:23:36	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	276	295
12:23:37	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	277	296
12:23:38	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	278	297
12:23:39	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	278	297
12:23:40	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	279	297
12:23:41	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	280	298
12:23:42	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	280	298
12:23:43	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	281	299
12:23:44	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	282	300
12:23:45	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	282	300
12:23:46	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	283	301
12:23:47	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	284	301
12:23:48	142	4η βαθμίδα – 54 rpm	285	302
12:23:49	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	285	302
12:23:50	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	286	303
12:23:51	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	287	303
12:23:52	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	288	304



12:23:53	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	289	305
12:23:54	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	289	305
12:23:55	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	290	306
12:23:56	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	291	306
12:23:57	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	291	307
12:23:58	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	292	307
12:23:59	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	293	308
12:24:00	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	294	309
12:24:01	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	294	310
12:24:02	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	295	310
12:24:03	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	296	311
12:24:04	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	296	311
12:24:05	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	297	312
12:24:06	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	297	312
12:24:07	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	297	313
12:24:08	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	298	313
12:24:09	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	298	314
12:24:10	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	299	315
12:24:11	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	300	316
12:24:12	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	300	316
12:24:13	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	301	317
12:24:14	145	4η βαθμίδα – 54 rpm	301	317
12:24:15	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	302	318
12:24:16	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	302	318
12:24:17	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	303	319
12:24:18	141	4η βαθμίδα – 54 rpm	303	319
12:24:19	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	304	320
12:24:20	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	305	320
12:24:21	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	305	321
12:24:22	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	306	321
12:24:23	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	306	322
12:24:24	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	307	322
12:24:25	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	307	323
12:24:26	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	308	323
12:24:27	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	309	324
12:24:28	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	310	324
12:24:29	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	310	325
12:24:30	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	311	325
12:24:31	138	4η βαθμίδα – 54 rpm	311	326
12:24:32	139	4η βαθμίδα – 54 rpm	312	326
12:24:33	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	312	327

12:24:34	143	4η βαθμίδα – 54 rpm	313	327
12:24:35	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	313	328
12:24:36	137	4η βαθμίδα – 54 rpm	314	328
12:24:37	140	4η βαθμίδα – 54 rpm	315	329
12:24:38	145	4η βαθμίδα – 54 rpm	316	329
12:24:39	146	4η βαθμίδα – 54 rpm	316	330
12:24:40	147	4η βαθμίδα – 54 rpm	317	331
12:24:41	147	4η βαθμίδα – 54 rpm	317	331



Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.