

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**«ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕΓΕΘΩΝ ΣΤΙΣ
ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ: ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ»**

Πτυχιακή διατριβή της φοιτήτριας Δήμητρας Μπράμπα

Τριμελής Επιτροπή:
Π. Παναγιωτάκη, Λέκτορας (Επιβλέπουσα)
Α.Ι. Θεοδώρου, Καθηγητής
Στ. Τζώρτζιος, Αν. Καθηγητής

ΒΟΛΟΣ 2002



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 1842/1

Ημερ. Εισ.: 09-10-2003

Δωρεά:

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ ΓΦΖΠ

2002

ΜΠΡ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070332

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε κατά τα ακαδημαϊκά έτη 1999-2000. Το πειραματικό μέρος πραγματοποιήθηκε στα εργαστήριο Ωκεανογραφίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Προλογίζοντας την εργασία αυτή θεωρώ απαραίτητο να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες προς:

Τη Λέκτορα κα Π. Παναγιωτάκη, η οποία συνέβαλε τα μέγιστα συμμετέχοντας στην ανάθεση του θέματος και υποστηρίζοντας όλα τα στάδια της παρούσας διατριβής με ενδιαφέρον και υπομονή.

Τον Καθηγητή κ. Α. Θεοδώρου και τον Αν. Καθηγητή κ. Στ. Τζώρτζιο, οι οποίοι συμπαραστάθηκαν περιβάλλοντας με ενδιαφέρον την όλη προσπάθεια.

Την οικογένεια μου, το σύζυγό μου και τους φίλους μου, οι οποίοι με στήριξαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου με οποιονδήποτε τρόπο μπορούσε ο καθένας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	16
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	19
ΣΥΖΗΤΗΣΗ	21
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	25

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γενικά για τις Υδατοκαλλιέργειες

Τα τελευταία χρόνια ο κλάδος των υδατοκαλλιεργειών έχει εξελιχθεί σε σημαντικό οικονομικό παράγοντα. Η πιο πρόσφατη εκτίμηση της παγκόσμιας αξίας των καλλιεργούμενων οργανισμών είναι US 32.5 χιλιάδες εκατομμύρια \$ (FAO,1994), σχεδόν τριπλάσια από αυτή του 1984. Αυτό οφείλεται τόσο στην ραγδαία αύξηση της παραγωγής όσο και στη συνεχή αύξηση των τιμών των παραγόμενων προϊόντων. Η σημαντική ανάπτυξη της καλλιέργειας διαφόρων ειδών θαλάσσιων οργανισμών οδήγησε σε αύξηση της ζήτησης αυτών ως τροφή για ανθρώπινη κατανάλωση. Σχεδόν όλα τα προϊόντα των υδατοκαλλιεργειών προορίζονται για ανθρώπινη τροφή. Τα περισσότερα πωλούνται νωπά ή σε πάγο σε τοπικές αγορές. Μόνο το 29% της παγκόσμιας παραγωγής δεν καταναλώνεται από τον άνθρωπο ως τροφή. Το 22.6% της παραγωγής πωλούνται ως νωπά, το 25% ως κατεψυγμένα, το 13% ως κονσερβοποιημένα και το 10.9% ως συντηρημένα σε άλμη. Αν και οι υδατοκαλλιέργειες δεν τροφοδοτούν ακόμη με τα προϊόντα τους όλα τα μέρη του κόσμου, αποτελούν έναν σημαντικό παράγοντα ισορροπίας, που συμπληρώνει την αλιευτική παραγωγή. Η Ασία είναι η ήπειρος με την μεγαλύτερη εμπειρία στις υδατοκαλλιέργειες.

Εκτός από την παραγωγή τροφής με υψηλής ποιότητας πρωτεΐνη, οι υδατοκαλλιέργειες εκπληρώνουν και άλλους σκοπούς, όπως είναι οι εμπλουτισμοί των φυσικών υδάτων, η παραγωγή σημαντικών για τη βιομηχανία εκχυλισμάτων, παραπροϊόντων, ντελικάτέσεν, μαργαριτοφόρων οστράκων, χρυσόψαρων ως καλλωπιστικά ψάρια, ακόμη και ιχθύων – πειραματόζωα για τα ερευνητικά εργαστήρια.

Αν και η αύξηση της παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών είναι σημαντική την τελευταία εικοσαετία, δεν είναι όλη πραγματικότητα. Ένα μέρος αυτής της αύξησης οφείλεται τόσο στην διερεύνηση της βάσης δεδομένων του FAO όσο και στην αλλαγή του τρόπου συλλογής των δεδομένων και των συστημάτων αναφοράς κάθε χώρας, αλλά και του ίδιου του οργανισμού. Η πραγματική αύξηση της παραγωγής οφείλεται κυρίως στην εξέλιξη της τεχνολογίας.

Η Ασία είναι η περιοχή με τη μεγαλύτερη παραγωγή υδατοκαλλιεργειών, λόγω των φυσικών πηγών της, της παράδοσής της, των ιδιωτικών επενδύσεων και της εισαγωγής του καπιταλισμού στην αγορά και την βιομηχανία της. Κύρια καλλιέργεια της Ασίας είναι η θαλάσσια γαρίδα, ενώ ο άμεσος σκοπός των τοπικών υδατοκαλλιεργειών είναι η κάλυψη των τοπικών τροφικών αναγκών με την παραγωγή φτηνού ψαριού σε μεγάλες ποσότητες. Στην Κεντρική και Νότια Αμερική καλλιεργείται

επίσης με επιτυχία η θαλάσσια γαρίδα, με αποτέλεσμα την εισαγωγή συναλλάγματος. Στη Βόρεια και Ανατολική Αφρική η παραγωγή αυξάνεται βαθμιαία με έμφαση στα θαλάσσια είδη για τις Ευρωπαϊκές αγορές, χωρίς όμως να αξιοποιούνται όλες οι διαθέσιμες πηγές. Στις νησιώτικες χώρες της Αυστραλασίας, της Ωκεανίας και της Καραϊβικής έχει σημειωθεί μια πολλή μικρή πρόοδος των υδατοκαλλιεργειών, λόγω της κάλυψης των τοπικών αγορών από τα προϊόντα της αλιείας. Στη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη η παραγωγή ειδών υψηλής τιμής αλλά και παραδοσιακά καλλιεργούμενων προϊόντων έχει αυξηθεί σημαντικά. Οι προσπάθειες της τελευταίας εικοσαετίας επικεντρώθηκαν στην εθνική οργάνωση και τη σωστή διαχείριση. Στις χώρες όμως της πρώην Ε.Σ.Σ.Δ η παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών έχει παραμείνει στατική.

Η Ευρωπαϊκή υδατοκαλλιέργεια χαρακτηρίζεται από πολλά καλλιεργούμενα είδη, ζώνες παραγωγής και καλλιεργητικές τεχνικές. Για αυτό είναι δύσκολο και επισφαλές να γενικεύονται οι εκτιμήσεις για κάθε είδος και σύστημα εκτροφής. Είναι χαρακτηριστικό ότι η εκτροφή της τσιπούρας – λαβρακιού αυξήθηκε κατά 2500% την περίοδο 1987-1997, κατέχοντας την πρώτη θέση σε αύξηση παραγωγής σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα κυριότερα είδη που εκτρέφονται στις Μεσογειακές χώρες είναι το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και η τσιπούρα (*Sparus aurata*). Η συνολική παραγωγή των Μεσογειακών θαλάσσιων ιχθυοκαλλιεργειών ανήλθε το 1998 σε 80.382 τόνους. Για το 1999 οι εκτιμήσεις ανεβάζουν την παραγωγή σε 88.000 τόνους, όπου η Ελληνική παραγωγή υπερβαίνει τις 40.000 τόνους.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ο τομέας των υδατοκαλλιεργειών στην Ελλάδα εξελίχθηκε εντυπωσιακά από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 λόγω κυρίως των καταλλήλων κλιματολογικών συνθηκών, της διαμόρφωσης των ακτών και των ισχυρών οικονομικών κινήτρων που θεσπίστηκαν από την Ε.Ε και το Ελληνικό κράτος. Έτσι σήμερα η χώρα μας αποτελεί την πρώτη παραγωγό χώρα σε Μεσογειακό – Ευρωπαϊκό επίπεδο. Η παραγωγή ελληνικών ψαριών αντιπροσωπεύει το 55% της Ευρωπαϊκής και το 40% περίπου της Μεσογειακής παραγωγής. Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη της Mac Allister Elliot and Partners Ltd (Αλιευτικά Νέα, 2001), η οποία εκπονήθηκε για λογαριασμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η ελληνική θαλασσοκαλλιέργεια παρουσιάζει την υψηλότερη κερδοφορία. Η εμπορία των ελληνικών ψαριών ιχθυοκαλλιέργειας εξάγει το 80% του λαβρακιού και το 55% της τσιπούρας, με κυρίαρχη χώρα εξαγωγών (65%) την Ιταλία.

Η γενική ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών παγκόσμια οφείλεται από κοινού στην ανάπτυξη της τεχνολογίας και την πρόοδο της έρευνας. Ακόμη τη βοήθησαν σημαντικά οι κυβερνητικές και ιδιωτικές υπηρεσίες, καθώς και η ανάπτυξη των περιφερειακών βιομηχανιών. Παρόλη όμως

την ανάπτυξή τους εξακολουθούν να είναι ένας αναπτυσσόμενος τομέας με σημείο αιχμής τις αναπτυγμένες χώρες.

Η ανάπτυξη των ιχθυογεννητικών σταθμών ήταν μεγάλη την τελευταία εικοσαετία, αν και οι πολλοί από αυτούς λειτουργούν ακόμη εποχιακά. Για τα είδη που εμφανίζουν κρίσιμα στάδια στη νεαρή τους ηλικία η έρευνα εξακολουθεί να είναι αναπόσπαστο μέρος της τεχνολογίας της καλλιέργειάς τους.

Σε γενικές γραμμές στις υδατοκαλλιέργειες, έχουν πραγματοποιηθεί μικρές αλλαγές. Τέτοιες είναι κάποιες βελτιώσεις στην τεχνογνωσία και στον αυξημένο έλεγχο της ποιότητας του έλεγχου της ποιότητας του νερού και των άλλων παραμέτρων του παραγωγικού συστήματος. Ένα σημαντικό τεχνικό επίτευγμα των προηγούμενων χρόνων ήταν η δημιουργία των πλωτών κλωβών, ενώ μεγάλη ώθηση στις υδατοκαλλιέργειες έδωσε η παραγωγή κατάλληλων εμπορικών τροφών για τα διάφορα είδη και η συνεχής βελτίωση αυτών. Η τεχνολογία και η έρευνα θα εξελιχθούν, ενώ η γενετική θα παίξει σημαντικότερο λόγο. Οι απαιτήσεις και ο ανταγωνισμός για τους χώρους παραγωγής θα συνεχίσει να αυξάνεται. Οι υδατοκαλλιέργειες θα προσπαθήσουν για μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και τη διατήρηση αυτού. Θα καλλιεργούνται λιγότερα είδη, δηλαδή αυτά που έχουν δοκιμαστεί και αποδώσει καλά, ενώ θα αυξηθεί η συμβολή των θαλάσσιων ειδών στην παγκόσμια παραγωγή. Η διεθνής αγορά θα γίνει πιο ανταγωνιστική. Μακροπρόθεσμα με την εξέλιξη της τεχνολογίας και της γενετικής έρευνας τα είδη και η ποσότητα των εκτρεφόμενων ψαριών θα αυξηθούν. Οι υδατοκαλλιέργειες από περιθωριακή δραστηριότητα έχουν εξελιχθεί σε βιομηχανία, ενώ στο μέλλον θα βελτιωθούν ακόμη περισσότερο όσον αφορά την οργάνωση, την διαχείριση και την εμπορία των προϊόντων τους. Αποτέλεσμα αυτού θα είναι η αύξηση του ανταγωνισμού σε παγκόσμιο επίπεδο. Με την υποστήριξη των εθνικών κυβερνήσεων ο ανταγωνισμός αυτός θα οδηγήσει στην περαιτέρω ανάπτυξη του κλάδου και της βιομηχανίας του, ενώ αυτό θα συμβάλλει στην τοπική, εθνική και παγκόσμια αλιευτική παραγωγή και οικονομία.

Η ανάπτυξη του κλάδου στην εντατικού τύπου εκτροφή εξελίχθηκε ταχύτερα από τα αποτελέσματα της έρευνας ως προς τα εφαρμοσμένα προβλήματα της δραστηριότητας. Παράλληλα όμως, με την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών παγκοσμίως διαπιστώθηκαν διάφορα προβλήματα άρρηκτα συνδεδεμένα με τη φύση και την πρακτική εφαρμογή του κλάδου. Ένα από αυτά είναι η σημαντική παραλλακτικότητα στο μέγεθος ιχθυδίων ίδιας ηλικίας στους σταθμούς παραγωγής τους, η οποία μεγαλώνει όσο προχωρά η εκτροφή των ιχθύων, με αποτέλεσμα την ανομοιομορφία μεγέθους μεταξύ των ομάδων αυτών. Αυτό προκαλεί προβλήματα στον παραγωγό με την έννοια της επιπλέον χορήγησης

τροφής στα μικρότερα μεγέθη έως ότου αποκτήσουν το εμπορεύσιμο μέγεθος, με παράλληλη επιμήκυνση του χρόνου εκτροφής, άρα την μακρόχρονη χρήση των εγκαταστάσεων, την επιπλέον απασχόληση του προσωπικού, την καθυστέρηση εισροής χρημάτων στην επιχείρηση και τελικά την αύξηση του κόστους παραγωγής με ταυτόχρονη μείωση της ανταγωνιστικότητας του προϊόντος στη αγορά. Το θέμα της παραλλακτικότητας των μεγεθών αφορά όλα τα στάδια της εκτροφής. Η έννοια της διασποράς μεγεθών (παραλλακτικότητας μεγέθους) ατόμων ίδιας ηλικίας συνδέεται έντονα με τα βιολογικά χαρακτηριστικά κάθε ζώντος οργανισμού. Το πρόβλημα διαπιστώνεται και στην εκτροφή τσιπούρας-λαβρακιού. Αξίζει δε να σημειωθεί ότι λύνεται μόνο με επαναλαμβανόμενες διαλογές, εφόσον απαιτείται διαχωρισμός των ιχθύων σε κλάσεις μεγέθους από τον ιχθυογεννητικό σταθμό μέχρι το τέλος της εκτροφής. Συχνά μέχρι τα ψάρια να αποκτήσουν το εμπορεύσιμο μέγεθος υπόκεινται σε 3-4 διαλογές.

Η σημασία του μεγέθους της τροφής, ως παράγοντας που επηρεάζει την τροφική διαδικασία, και τους ρυθμούς αύξησης και ανάπτυξης των ψαριών έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές και αποτέλεσε τον πρώτο πειραματικό κύκλο της παρούσας εργασίας. Οι Weber και Huguenin (1979) σημείωσαν ότι για τον κοινό κυπρίνο (*Cyprinus carpio*) ο επιτυχής χειρισμός της τροφής, καθώς επίσης το μέγεθος και το σχήμα αυτής θα πρέπει να προσαρμόζονται στη φυσιολογική ικανότητα του ψαριού να συλλάβει, να καταναλώσει ή να απορρίψει την τροφή, διαπιστώνοντας έτσι τη σχέση που συνδέει τη διατροφική συμπεριφορά και το μέγεθος της επιλεγόμενης τροφής με το βάρος, το μήκος και το μέγεθος του στόματος στα ιχθύδια του κοινού κυπρίνου. Οι Stadmeier et. al, (1988) έδειξαν ότι το μέγεθος και το σχήμα της τροφής είναι σημαντικά σε κάθε διατροφικό στάδιο, επηρεάζοντας την ικανότητα πρόσληψης και κατάποσης αυτής.

Η επίδραση της αλατότητας έχει μελετηθεί κυρίως σε ανάδρομα είδη, όπως είναι τα σαλμοειδή (Brett, 1979). Η μόνη μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε κατάδρομα ευρύαλα είδη είναι των De Silva και Perera (1976), στον κέφαλο, (*Mugil cephalus*). Οι Shaw et. al. (1975) έδειξαν ότι τα επίπεδα ανάπτυξης δεν επηρεάζονταν ιδιαίτερα ανάμεσα σε 0 και 20 ‰ στο σολομό του Ατλαντικού, (*Salmo salar*). Επίσης οι Smith και Thorpe (1976) μελέτησαν την επίδραση γλυκών και υφάλμυρων νερών στην ανάπτυξη τόσο του σολομού όσο και της πέστροφας, κυρίως για τιμές αλατότητας 0,10 και 30. Για το λαβράκι τα όρια της αλατότητας που φαίνεται να επιδρούν στο μέγεθός του και στην εξέλιξη της σωματικής του ανάπτυξης, διαπιστώθηκε ότι είναι από 0,5 έως 33, προκαλώντας κατά συνέπεια διαφοροποιήσεις στο μήκος και στο βάρος των ατόμων (Dendrinou and Thorpe, 1985) και ως εκ τούτου θεωρήθηκε

σκόπιμο να εξετασθεί η επίδραση της αλατότητας στο δεύτερο πειραματικό κύκλο της παρούσας διατριβής.

Εκτός όμως από τη διερεύνηση των παραγόντων στους οποίους οφείλεται η διασπορά των μεγεθών των ψαριών, χρειάζεται να αναπτυχθεί και η προσέγγιση στο θέμα αυτό πρώτον περιγραφικά και δεύτερον ως προς τη μεθοδολογία της στατιστικής επιστήμης και των κριτηρίων τα οποία θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εξεταστούν τα προβλήματα μεθοδολογίας στην εκτίμηση της παραλλακτικότητας των μεγεθών στις ιχθυοκαλλιέργειες με πειραματισμούς στο εργαστήριο. Πιο συγκεκριμένα, διερευνήθηκαν δύο παράγοντες, οι οποίοι επιδρούν στο ρυθμό αύξησης των ψαριών, ώστε να συλλεγούν στοιχεία και στη συνέχεια να επεξεργασθούν κατάλληλα.

Παραλλακτικότητα: μετρήσεις και κριτήρια (tests)

Η διασπορά μεγεθών (σε παραμέτρους που ακολουθούν κανονική κατανομή, όπως είναι το βάρος ή το μήκος) ανάμεσα στα άτομα συχνά εκφράζεται μέσω του μεγέθους της παραλλακτικότητας ή της διακύμανσης. Η διασπορά είναι μαθηματική έκφραση της κατανομής μετρήσεων γύρω από το μέσο όρο. Συχνά εξαιτίας αυτής της διασποράς, οι κατανομές διαφέρουν παρότι μπορεί να έχουν τον ίδιο μέσο όρο. Η ιδανική μέτρηση της διασποράς θα πρέπει να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

- Θα πρέπει να παρέχει αληθινές και αμερόληπτες πληροφορίες .
- Δε θα πρέπει να επηρεάζεται από το μέγεθος του δείγματος (n), το μέσο όρο του δείγματος (\bar{x}), ή το σύνολο των αριθμών στο δείγμα (Σx) .
- Θα πρέπει να επιτρέπει συγκρίσεις ανάμεσα στα δείγματα που εξετάζονται στατιστικά αποδεκτές .

Δυστυχώς η τέλεια μέτρηση της διασποράς ,η οποία θα είχε όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά δεν έχει βρεθεί ακόμη. Παρόλα αυτά, κάποιες λιγότερο ή περισσότερο ισχυρές στατιστικές μετρήσεις αυτής είναι διαθέσιμες και έχουν χρησιμοποιηθεί στη βιβλιογραφία.

Η πρώτη απλή μέτρηση της διασποράς είναι το εύρος (range), δηλαδή η αριθμητική διαφορά ανάμεσα στα μεγαλύτερα και στα μικρότερα μεγέθη σε ένα δείγμα. Έχει τις ίδιες μονάδες με τις αρχικές μετρήσεις αλλά επηρεάζεται από το μέγεθος του δείγματος. Ένα μικρότερου μεγέθους δείγμα παρέχει ένα πιο μεροληπτικό εύρος από ένα μεγαλύτερο. Είναι γνωστό ότι ένα δείγμα περιέχει και υψηλότερες και χαμηλότερες τιμές σε ένα πληθυσμό, το δείγμα συνήθως υποτιμά το πληθυσμιακό εύρος και έτσι αυτό αποτελεί έναν ανεπαρκή τρόπο εκτίμησης της πραγματικής διασποράς.

Ένα άλλο μέγεθος είναι η απόκλιση τεταρτημορίου, (QD) , που δίνεται από τη σχέση $QD=1/2(Q3-Q1)$, όπου Q3 και Q1 είναι το τρίτο και πρώτο τέταρτο της κατανομής. Αυτό το στατιστικό μέγεθος δίνει την περιγραφή της διασποράς στο κέντρο της κατανομής.

Η ιδανική μέτρηση του εύρους παραλείπει τη συγκέντρωση των τιμών γύρω από το μέσο όρο, καθώς η QD επηρεάζεται από τις τιμές ανάμεσα στις Q1 και Q3 (τιμές γύρω από το μέσο όρο).

Ένα επιθυμητό μέγεθος της διασποράς θα πρέπει να συμπεριλάβει όλες τις τιμές της κατανομής, ιδιαίτερα την απόσταση κάθε μιας από το μέσο όρο. Αυτό δίδεται από το στατιστικό μέγεθος της παραλλακτικότητας (s^2), το οποίο ισούται με $s^2=\Sigma(x_i-\bar{x})^2/n-1$

Για τον υπολογισμό της παραλλακτικότητας απαιτείται ανύψωση στο τετράγωνο των αποκλίσεων από το μέσο όρο. Η θετική τετραγωνική ρίζα

της παραλλακτικότητας, η τυπική απόκλιση (standard deviation), έχει τις ίδιες μονάδες όπως η μεταβλητή που εξετάζεται και για αυτό το λόγο είναι ιδανική για την έκφραση της παραλλακτικότητας .

Καθώς το πιο σημαντικό στάδιο κάθε επιστήμης είναι το περιγραφικό, χρειαζόμαστε ένα εργαλείο για να μετρήσουμε και να συγκρίνουμε αποκλίσεις μεγεθών. Τα ιστογράμματα συχνοτήτων (διαγραμματικές κατανομές) για παράδειγμα παρέχουν σύνοψη της πληροφορίας του αντικειμένου που εξετάζεται. Ένα ποσοτικό μέγεθος που να περιγράφει το σχήμα αυτής της ευρέως χρησιμοποιούμενης κατανομής, το μήκος της ή ακόμη τις U-σχήματος περιοχές της, συνήθως απαιτείται. Το στατιστικό μέγεθος της διασποράς εξετάζει τέτοιου είδους ποσοτικές μετρήσεις. Παρότι η στατιστική της παραλλακτικότητας είναι χρήσιμη σε κάθε επιστήμη, οι συγκριτικές τεχνικές της δεν είναι τόσο ανεπτυγμένες. Για τη σύγκριση μέσων τιμών κάποιος μπορεί να χρησιμοποιήσει παραμετρικά ή μη παραμετρικά κριτήρια καθώς και μια ποικιλία από τροποποιήσεις που μπορεί να ταιριάζουν στις απαιτήσεις του αντικειμένου.

Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (coefficient of variation), είναι ένα άλλο μέγεθος της μεταβλητότητας και δίνεται από τη σχέση $CV=s/x\%$, όπου s είναι η τυπική απόκλιση και x ο μέσος όρος του δείγματος. Εκφράζει τη μεταβλητότητα του δείγματος σχετικά με το μέσο όρο αυτού. Γενικά, s/x είναι μια μικρή ποσότητα και συχνά πολλαπλασιαζόμενη επί εκατό, έτσι ώστε ο CV να εκφράζεται ως ποσοστό. Καθώς τα x και s έχουν όμοιες μονάδες, ο CV δεν έχει διαστάσεις, δίνοντας περισσότερη έμφαση στο γεγονός ότι είναι μια σχετική μέτρηση. Εξαιτίας της ποσοστιαίας μορφής του CV , η μετατροπή είναι απαραίτητη πριν από οποιοδήποτε στατιστικό τεστ που πραγματοποιείται. Αυτό γίνεται γιατί τα ποσοστά σχηματίζουν μια δυνωμική παρά μια κανονική κατανομή και η μετατροπή είναι απαραίτητη (Zar, 1984). Μια προσαρμογή του CV ως μέτρηση της διασποράς έχει χρησιμοποιηθεί από τους Purdom (1974) και Jobling (1982). Αυτοί εξέφρασαν την παραλλακτικότητα που παρατηρήθηκε στους ιχθυοπληθυσμούς ως συντελεστή παραλλακτικότητας, πράγμα το οποίο εξηγεί την τετραγωνισμένη τιμή του CV , η οποία υπολογίζεται ως διακύμανση / (μέσο όρο)².

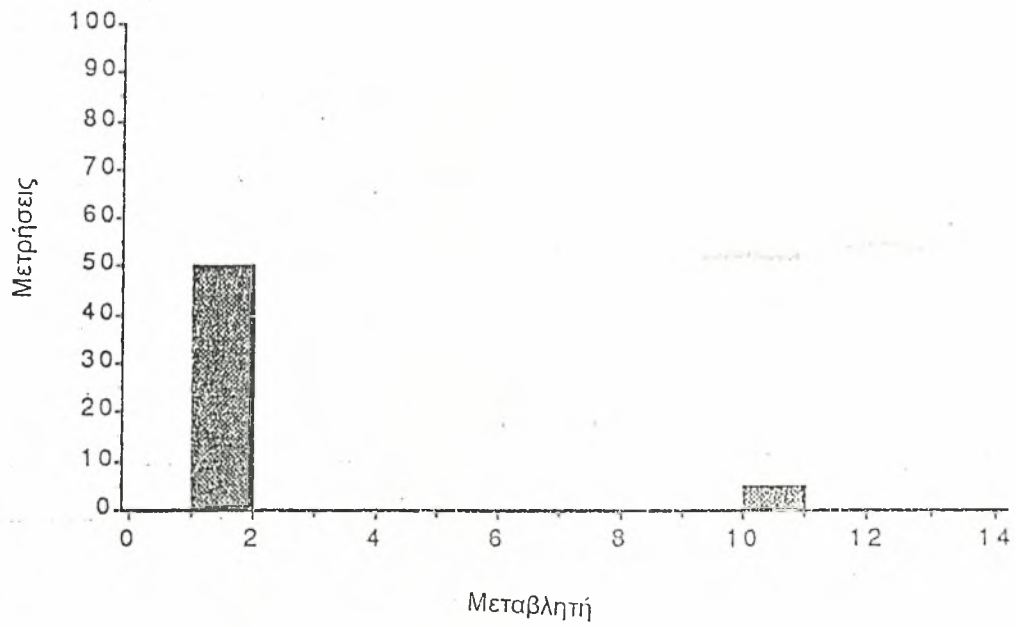
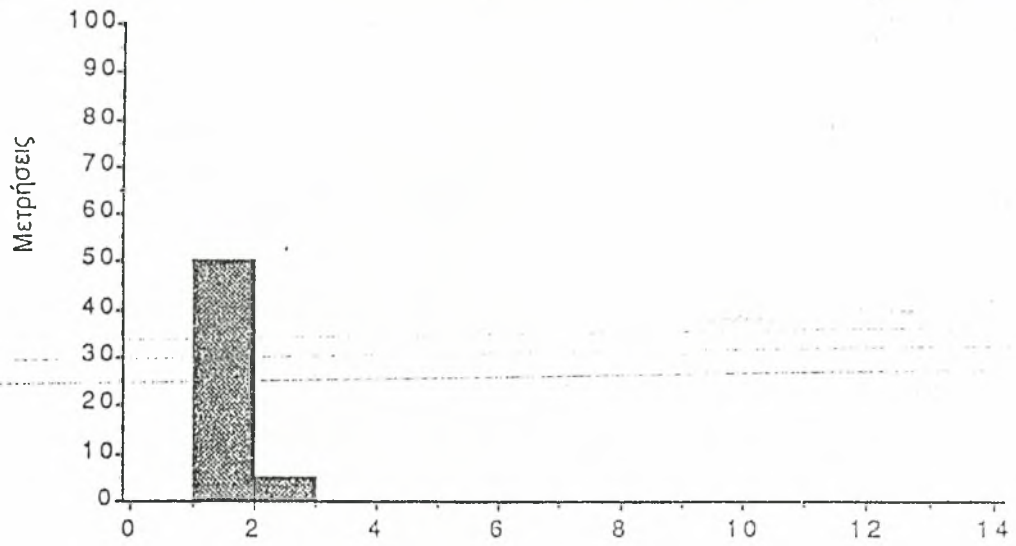
Οι Nakamura και Kasahara (1961) και Yamagishi (1969), θεώρησαν την κυρτότητα (skewness) μιας κατανομής ως ένα χρήσιμο χαρακτηριστικό της παραλλακτικότητας. Από τους Sokal and Rohlf (1981) χρησιμοποιήθηκαν σταθερές μετρήσεις της κυρτότητας γύρω από το μέσο για να μετρήσουν το βαθμό της παραλλακτικότητας ($g=\Sigma(\chi_i-x)^3/s^3$, $g1=$

$g = \sum (x_i - \bar{x})^3 / (n-1)(n-2)s^3$. Παρόλα αυτά, η κυρτότητα δεν μπορεί να αποτελεί χαρακτηριστικό μέτρησης απλά επειδή οι κατανομές μεγέθους μπορεί να είναι ισότιμα κυρτές αλλά διαφορετικές στο βαθμό της παραλλακτικότητας (Weiner και Solbring, 1984). Οι μετρήσεις της κυρτότητας συνήθως δε σχετίζονται με το βαθμό της μεταβλητότητας. Για παράδειγμα ένας πληθυσμός με 50 άτομα για μια μονάδα (i.e. 1mm) και 5 άτομα από για δύο μονάδες (2mm) έχει την ίδια κυρτότητα όπως ένας πληθυσμός που αποτελείται από τον ίδιο αριθμό, (50), μικρών ατόμων του ενός χιλιοστού και 5 ατόμων των 10 χιλιοστών, αλλά δεν παρουσιάζει το ίδιο επίπεδο παραλλακτικότητας μεταξύ των ατόμων (Σχήμα 1). Από το παραπάνω παράδειγμα γίνεται φανερό ότι η σχετική απόσταση κάθε ατόμου από το μέσο όρο είναι κρίσιμη για την παραλλακτικότητα και αυτό δεν αποδίδεται από καμία μέτρηση κυρτότητας ή ασυμμετρίας.

Οι πρόσφατες μετρήσεις της ιεράρχησης μεγεθών χρησιμοποιούνται από βιολόγους οι οποίοι δανείστηκαν τεχνικές από συστήματα οικονομικής ανάλυσης (Weiner και Solbring, 1984). Μια μέθοδος π.χ. που βασίστηκε στην καμπύλη Lorenz, περιγράφει την κατανομή του πλούτου ή των εσόδων στις κοινωνίες (Lorenz, 1905; Bowman, 1946-αναφορές στους Weiner and Solbring, 1984). Καλείται συντελεστής Gini και είναι ο αριθμητικός μέσος των απόλυτων τιμών των διαφορών ανάμεσα σε όλα τα ζευγάρια των ατόμων $G = \sum \sum |x_i - x_j| / 2n^2 \bar{x}$. Ο συντελεστής Gini δεν είναι ευρέως γνωστός στην οικολογία των φυτών και βέβαια δεν έχει χρησιμοποιηθεί στην έρευνα της οικολογίας και βιολογίας των ψαριών.

Αρκετά είναι εκείνα τα κριτήρια που εφαρμόζονται για τη σύγκριση της παραλλακτικότητας ανάμεσα σε πληθυσμούς. Το πιο κοινό κριτήριο για τη σύγκριση δύο τυπικών αποκλίσεων είναι το F-κριτήριο ($F = s_1^2 / s_2^2$, η μηδενική υπόθεση που εξετάζεται είναι $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$). Η F-κατανομή είναι εξαιρετικά ευαίσθητη σε αποκλίσεις από την κανονικότητα των υπολογιζόμενων κατανομών (Zar, 1984). Η F-κατανομή χρησιμοποιείται στην ανάλυση της παραλλακτικότητας, διότι εξετάζει την «ισότητα» των μέσων όρων, και σύμφωνα με το βασικό θεώρημα, η κατανομή των μέσων όρων δειγμάτων από δεδομένο πληθυσμό είναι κανονική. Σύμφωνα με τον Van Valen (1978), οι βιολόγοι δε θα πρέπει ποτέ να χρησιμοποιούν το F-κριτήριο για τον έλεγχο της ισότητας των διακυμάνσεων παρότι η γνώση είναι ευρέως αποδεκτή ανάμεσα στους βιομέτρους (Box, 1953; Pearson and Please, 1975).

Ο Lewontin (1966) έδειξε ότι η αναλογία $F = \log s_1^2 / \log s_2^2$, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική λύση στο πραγματικό F-κριτήριο. Το πλεονέκτημα της χρήσης της παραλλακτικότητας ή της τυπικής απόκλισης της λογαριθμικής μετατροπής των δεδομένων είναι ότι όλα τα



Σχήμα 1: Ιστογράμματα συχνοτήτων δύο δειγμάτων με αριθμητικά ίδιες κυρτώσεις ($g=2,84$) και όμοιο μέγεθος δείγματος ($n=55$), αλλά διαφορετικά ως προς τη διασπορά των μεγεθών

συνήθη στατιστικά τέστ μπορούν να παρουσιαστούν (Lewontin,1966). Παρόλα αυτά, η μετατροπή του F- κριτηρίου από τον Lewontin αντιμετωπίζει πρόβλημα λόγω της προϋπόθεσης του κριτηρίου του Lewontin για τους κανονικά κατανεμημένους λογαρίθμους (Van Valen,1978).

Και τα δυο παραπάνω κριτήρια είναι κατάλληλα, κάτω από τη γενική προϋπόθεση της κανονικότητας, για τον έλεγχο των διαφορών ανάμεσα σε δυο δείγματα .

Όλες οι μέθοδοι που παρατέθηκαν έως τώρα σχετίζονται με την υπόθεση της κανονικότητας, για αυτό το λόγο είναι χρήσιμο να εξετάζουμε την κανονικότητα των δεδομένων με σχετική λεπτομέρεια. Σύνολα μετρήσεων μπορεί να εξετάζονται για κανονικότητα και οι μετρήσεις να εμφανίζουν τελικά κανονική κατανομή. Είναι άλλωστε γνωστό ότι το μέγεθος ενός δείγματος επηρεάζει τις μεθόδους που εφαρμόζονται με στόχο τον έλεγχο της κανονικότητας, αφού μόνο σε μεγάλα νούμερα μπορεί η μέθοδος να ισχύει (πολύ συχνά ανεφάρμοστο κάτω από εργαστηριακές συνθήκες). Η χρήση του κριτηρίου της κανονικότητας σε μικρά δείγματα μπορεί να οδηγήσει σε λάθος συμπέρασμα και για το λόγο αυτό απαιτείται μια ισορροπία στο μέγεθος του δείγματος. Συχνά όμως δεν είναι δυνατόν να αυξήσουμε το μέγεθος του δείγματος. Επομένως είναι σημαντικό να επιλέξουμε μια μέθοδο για τις διαφορές που παρατηρούνται στη μεταβλητότητα , η οποία να μην επηρεάζεται από την έλλειψη κανονικότητας. Άλλωστε υπάρχουν διάφορα κριτήρια που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για μη κανονικά κατανεμημένα δεδομένα .Ο Levene (1960) περιέγραψε ένα απλό κριτήριο, το οποίο εξετάζει τη μέση απόκλιση (mean deviation) καλλίτερα από την παραλλακτικότητα. Αρχικά ένα νέο σύνολο δεδομένων δημιουργήθηκε υπολογίζοντας την απόλυτη διαφορά κάθε αρχικού δεδομένου από το μέσο όρο. Οι μέσοι όροι και οι παραλλακτικότητες του νέου συνόλου δεδομένων έπειτα εξετάζονται για ισότητα από το t-κριτήριο ή από την ανάλυση της παραλλακτικότητας. Οι Brown και Forsythe (1974) βελτίωσαν το κριτήριο του Levene αποκλείοντας ποσοστό 10% ή 20% από τα αρχικά δεδομένα στο τέλος καθενός και χρησιμοποιώντας το 80% που απομένει. Βασική μέριμνα για το κριτήριο του Levene αποτελεί το γεγονός ότι αυτό δεν εξετάζει πραγματικά την ισότητα των διακυμάνσεων, αλλά χαρακτηρίζεται περισσότερο ως ένα είδος συνδυασμένου κριτηρίου όλων των σημείων της διασποράς στην κατανομή (παραλλακτικότητα, κύρτωση κ.α.) (Van Valen,1978).

Μια στατιστική μέθοδος που εξετάζει την ισότητα των διακυμάνσεων είναι το κριτήριο του Smith που αναφέρεται για πρώτη φορά στους Gruneberg et al., (1966). Η μέθοδος συγκρίνει απευθείας παραλλακτικότητες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μικρά σύνολα

δεδομένων. Για ένα δείγμα μεγέθους n , η εκτίμηση της παραλλακτικότητας (το τετράγωνο του τυπικού σφάλματος της παραλλακτικότητας) για ένα πληθυσμό ισούται με : $S^2 = [\sum(\chi_i - \bar{x})^2 - S^2 j(n-3/n)] / (n-2)(n-3)$. Για k αριθμό δειγμάτων, όπου $k > 2$ υπάρχει ένα χ^2 κριτήριο με $(k-1)$ βαθμούς ελευθερίας:

$$x^2_{k-1} = \sum s^4_j / S^2 s^2_j - [\sum s^2_j / S^2 s^2_j / \sum 1 / S^2 s^2_j].$$

Το πιο σύνθετο κριτήριο για την «ισότητα» των παραλλακτικοτήτων, όπου η κανονικότητα δεν απαιτείται, είναι το Jackknifing test. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διόρθωση κάποιου σφάλματος στην εκτίμηση, όμως απαιτεί μεγάλο δείγμα μεγεθών (20 ατόμων τουλάχιστον) (Arverson και Schmitz, 1970; Miller, 1974; Bissel και Ferguson, 1975). Τα δεδομένα πρώτα διαιρούνται σε επάλληλα υποσύνολα μεγέθους $(n-1)$ αποκλείοντας ένα δεδομένο από κάθε σύνολο, ένα διαφορετικό κάθε φορά. Έπειτα υπολογίζονται οι παραλλακτικότητες του κάθε συνόλου (s^2_i) καθώς και το σύνολο του δείγματος. Η τιμή που υπολογίζεται στατιστικά για το κάθε σύνολο είναι :

$$\sigma^2 = ns^2_{total} - (n-1)s^2_i.$$

Η συνολική μέση εκτίμηση είναι:

$$\sigma^2 = 1/n \sum \sigma_i^2$$

και χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί το τυπικό σφάλμα αυτού: $S^2 \sigma^2 = \sum (\sigma_i^2 - \sigma^2) / n(n-1)$, το οποίο κατανέμεται ως t κατανομή με $(n-1)$ βαθμούς ελευθερίας. Συχνά απαιτείται μετατροπή των δεδομένων και η λογαριθμική μετατροπή είναι η πιο κοινή (Wright, 1952; Lewontin, 1966). Παρόλα αυτά η λογαριθμική μετατροπή χρησιμοποιείται απλά ως ένας τρόπος παραγωγής κωδωνοειδών κατανομών (Van Valen, 1978). Οι Arverson και Schmitz (1970), ανακάλυψαν ότι η διαδικασία του Jackknife test είναι μια πιο σίγουρη μέθοδος σχετικά με το F κριτήριο για μη κανονικές κατανομές.

Οι μετρήσεις της διασποράς που αναφέρθηκαν ως τώρα δεν είναι επαρκείς για να περιγράψουν τη σχέση που αναπτύσσεται όταν η παραλλακτικότητα σε ένα βιολογικό χαρακτηριστικό του ιδίου πληθυσμού εξελίσσεται σε μια χρονική περίοδο. Η διαμόρφωση ενός προφίλ παραλλακτικότητας (variation profile) θεωρείται απαραίτητο να γίνει, πριν από κάθε προσπάθεια σμίκρυνσης της παραλλακτικότητας των μεγεθών στις υδατοκαλλιέργειες (Panagiotaki, 1992), έτσι ώστε να επιτευχθεί ομοιόμορφη παραλλακτικότητα. Αυτό το προφίλ θα πρέπει να παρέχει πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος και τις μεταβολές στην παραλλακτικότητα την ίδια στιγμή. Μια αποδεκτή μέτρηση της διασποράς θα πρέπει να αποτελεί τη βάση αυτής της προσπάθειας. Οι παράγοντες για μια τέτοια επιλογή είναι:

- Η τυπική απόκλιση είναι η πιο κοινή και πλήρης ένδειξη της παραλλακτικότητας και
- Οι μονάδες αυτής της μέτρησης είναι οι ίδιες όπως εκείνες της πραγματικής μεταβλητής που εξετάζεται.

Το γεγονός ότι η τυπική απόκλιση δεν είναι ανεξάρτητη από το μέσο όρο, όπως ο συντελεστής παραλλακτικότητας, μπορεί να θεωρηθεί ως μειονέκτημα της προσέγγισης του προφίλ της παραλλακτικότητας.

Όταν η τυπική απόκλιση για το μέσο μήκος του δείγματος έδειχνε ένα σταθερό μοντέλο με το χρόνο, η σχέση μπορεί να περιγραφεί με τις δυο παρακάτω εξισώσεις :

- τυπική απόκλιση (μήκους ή βάρους) = a χρόνο^b
- τυπική απόκλιση (μήκους ή βάρους) = $a + b$ χρόνο, δείχνοντας με αυτό τον τρόπο τις μεταβολές της παραλλακτικότητας σε σχέση με το χρόνο

Η κλίση της παλινδρόμησης χρησιμοποιήθηκε ως μέσος ρυθμός της παραλλακτικότητας, μια μέτρηση η οποία μπορεί να πληροφορήσει τον επιστήμονα σχετικά με την ταχύτητα της αύξησης ή της ελάττωσης της παραλλακτικότητας με το μέσο όρο. Αποτελεί μια μέση εκτίμηση της καθημερινής μεταβολής της παραλλακτικότητας και μπορεί να απαντήσει στην ερώτηση πώς και πόσο πολύ η αρχική παραλλακτικότητα τροποποιείται καθημερινά. Για πρακτικούς λόγους η κλίση b της προαναφερόμενης εξίσωσης της παλινδρόμησης καλείται «ρυθμός διασποράς» (spreading rate). Οι μονάδες του είναι μονάδα μήκους ανά μονάδα χρόνου. Η πληροφορία που προκύπτει από το ρυθμό διασποράς σχετίζεται με όλες τις στατιστικές ιδιότητες της κλίσης της συμμεταβολής. Αυτό σημαίνει ότι ο ρυθμός είναι ίσος ή διαφορετικός του μηδενός κάτι το οποίο εξετάζεται με το απλό t -κριτήριο (Students t -test, Zar, 1984). Μπορεί να έχει είτε θετική είτε αρνητική τιμή και το σημείο της κλίσης του μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένδειξη της διεύθυνσης που κινείται η παραλλακτικότητα. Παρόλα αυτά, ο ρυθμός διασποράς δεν είναι ιδιαίτερης σημασίας από μόνος του, καθώς μπορεί να παρέχει μόνο μια μέτρηση αλλαγής της παραλλακτικότητας, αλλά καμιά πληροφορία σχετικά με την αρχική παραλλακτικότητα, όπου παρατηρείται αυτή η αλλαγή. Το πλεονέκτημα του προφίλ της παραλλακτικότητας είναι η δυνατότητα της σύγκρισης με αποδεκτά κριτήρια ανάμεσα σε κλίσεις ή ανάμεσα σε τεταγμένες με τη χρήση καλά αποδεκτών και ισχυρών στατιστικών κριτηρίων. Ένα τέτοιο κριτήριο είναι η ανάλυση της συμμεταβολής (Zar, 1984) και χρησιμοποιείται για να ελέγξει τη μηδενική υπόθεση ότι $b_1 = b_2 = b_3 = \dots = b_k$, δηλαδή να εξετάσει οποιαδήποτε διαφορά ανάμεσα στις κλίσεις των εξισώσεων. Εάν η μηδενική υπόθεση απορριφθεί, έπειτα το Tuckey-test (Zar, 1984) μπορεί να ξεχωρίσει ποια

κλίση είναι διαφορετική από κάποια άλλη (σε περιπτώσεις όπου συγκρίνονται περισσότερες από δυο κλίσεις). Σε περιπτώσεις που η παραπάνω υπόθεση δεν απορριφθεί η ανάλυση της συµµεταβολής µπορεί να κάνει έλεγχο για διαφορές .

Όπως προαναφέρθηκε, το στατιστικό µέγεθος της τυπικής απόκλισης ή της παραλλακτικότητας δε µπορεί να συσχετισθεί µε τον µέσο όρο χωρίς να µετατραπεί σε λογαρίθµους (Sokal και Rohlf, 1981). Ο νόµος του Taylor (1961,1971) δηλώνει ότι η παραλλακτικότητα ενός πληθυσµού (σ^2) είναι ανάλογη προς το µέσο όρο (μ): $\sigma^2 = a\mu^b$, µε αποτέλεσµα τα δυο στατιστικά µεγέθη να αυξάνονται µαζί όταν αποδοθούν γραφικά. Παρόλα αυτά η λογαριθµική µετατροπή µπορεί να εισάγει την έννοια της ανεξαρτησίας (Zweifel και Lasker, 1976), παρότι η µετατροπή που συνιστάται (Elliot,1977) υποδηλώνει τον υπολογισµό της b παραµέτρου της εξίσωσης και την αντικατάσταση κάθε χί δεδοµένου µε χί^p, όπου $p = 1 - b/2$. Η πιο κοινή µετατροπή που χρησιµοποιείται για να εισάγει ανεξαρτησία ανάµεσα στο µέσο όρο και στην παραλλακτικότητα είναι η λογαριθµική διορθώνοντας έτσι ταυτόχρονα τη θετική τους συσχέτιση.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

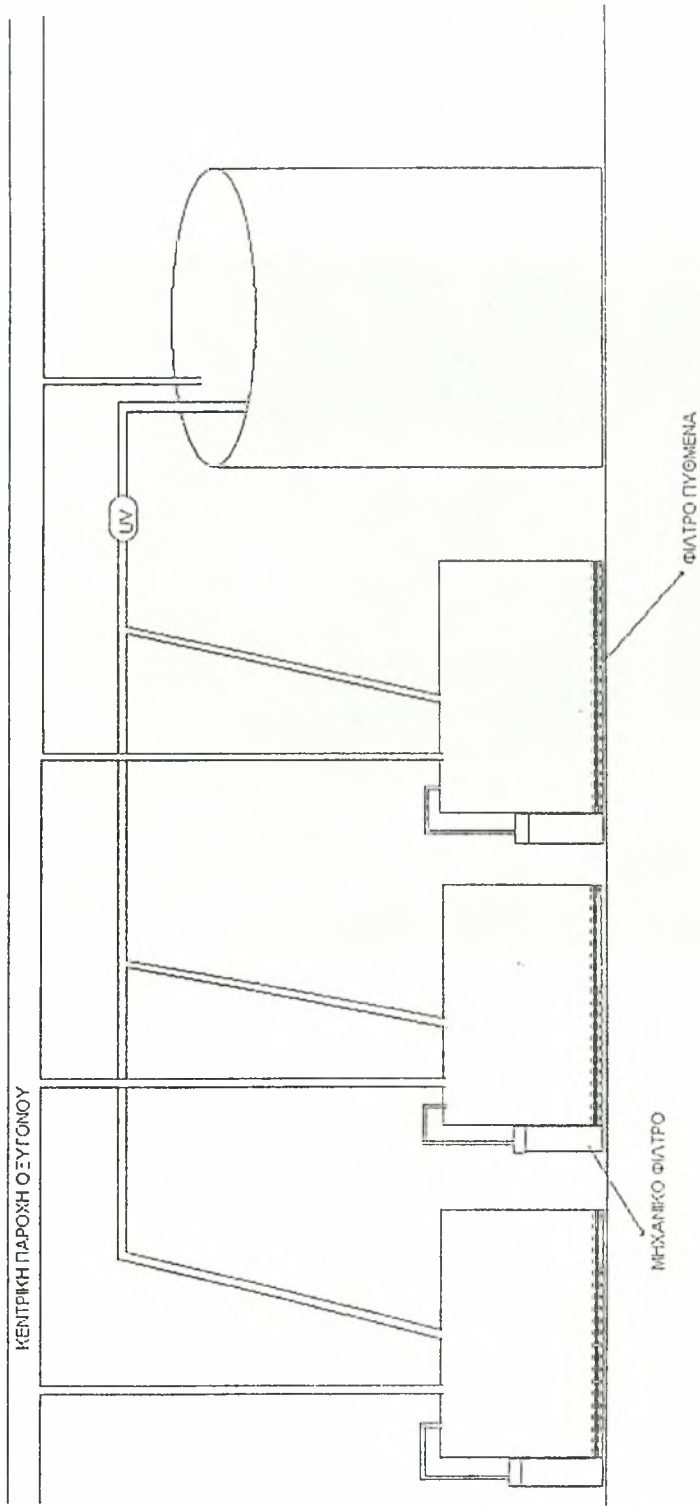
Το πείραμα διεξήχθη το καλοκαίρι του 2000 κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες στο εργαστήριο Ωκεανογραφίας του Τμήματος Ζωικής Παραγωγής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ολοκληρώθηκε σε δυο φάσεις και συνολικά είχε διάρκεια 91 ημέρες (31 Ιουλίου έως 30 Οκτωβρίου).

Αρχικά, στις 24 Ιουλίου έγινε η τοποθέτηση των εγκαταστάσεων στον εργαστηριακό χώρο, δηλαδή των ενυδρείων και των οργάνων για τις μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων. Τα ψάρια προήλθαν από μονάδα πλωτών εγκαταστάσεων ψαριών εντατικής εκτροφής του ομίλου Sea Farm Ionian. Από τον αρχικό πληθυσμό επελέγησαν άτομα τσιπούρας (*Sparus aurata*) παρόμοιου αρχικού βάρους περίπου, ώστε να επιτευχθεί ομοιομορφία μεταξύ τους ως προς την παραλλακτικότητα μεγέθους. Έτσι το πρώτο ενυδρείο αρχικά περιελάμβανε 30 ψάρια, το δεύτερο και το τρίτο από 31 ψάρια αντίστοιχα.

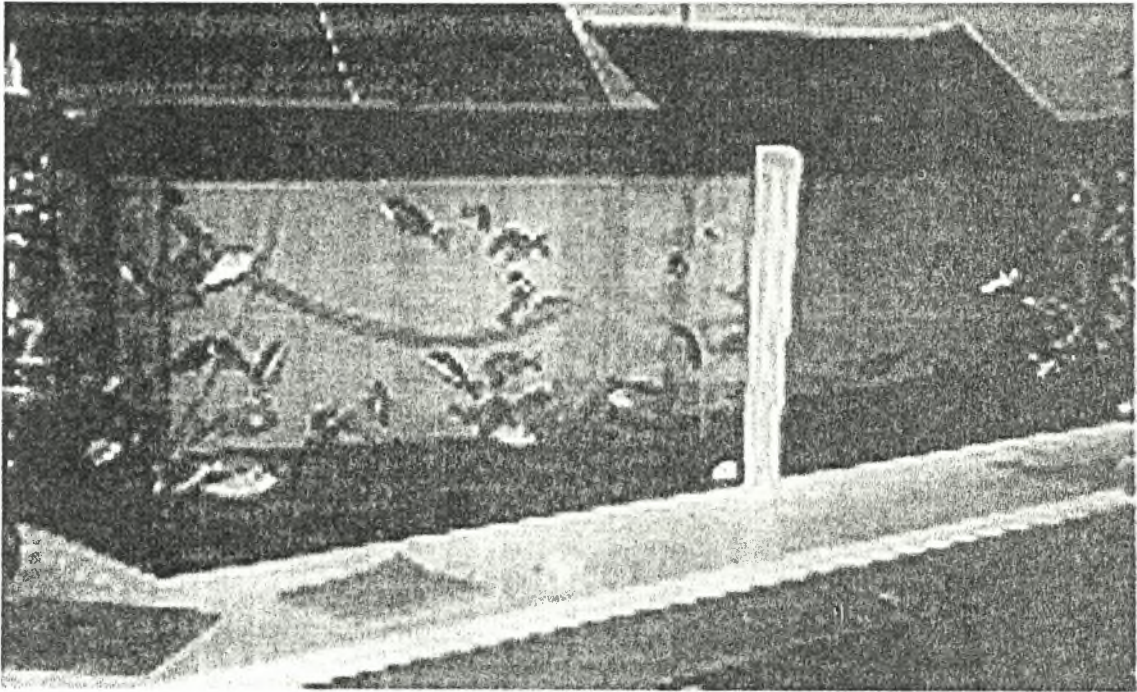
Χρησιμοποιήθηκαν γυάλινα ενυδρεία, ορθογώνιου σχήματος (0,9*0,38*0,43), χωρητικότητας 130 lt το καθένα. Η διάταξή τους δίνεται στο σχήμα 2. Το κάθε ενυδρείο διέθετε παροχή συμπιεσμένου αέρα, βιολογικό φίλτρο πυθμένα καθώς και μηχανικό φίλτρο. Το σύστημα κυκλοφορίας του νερού ήταν κλειστό. Το βιολογικό φιλτράρισμα είναι η πιο σημαντική διαδικασία στο σύστημα κλειστών νερών, με σκοπό την αποοργανικοποίηση, τη νιτροποίηση και τη διαφοροποίηση αζωτούχων ενώσεων από βακτήρια που αιωρούνται στο νερό και συνδέονται με την άμμο του πυθμένα των δεξαμενών. Το μηχανικό φιλτράρισμα ήταν αυτόνομο για την κάθε δεξαμενή και χρησιμοποιήθηκε για να απομακρυνθούν τα διάφορα υλικά από το νερό των δεξαμενών που προκαλούν θολότητα.

Κεντρική δεξαμενή κυλινδρικού σχήματος από PVC χωρητικότητας 150 lt τροφοδοτούσε το σύστημα των τριών ενυδρείων, το οποίο όμως προηγουμένως αποστειρώνονταν με υπεριώδη ακτινοβολία UV. Η φωτοπερίοδος του πειράματος ήταν 12 L:12 D.

Για τη διατροφή της τσιπούρας χρησιμοποιήθηκαν σύμπηκτα (pellets) του εμπορικού οίκου Biomar και συγκεκριμένα τύπου Ecostart 15 No 0.5 έως τα 20 gr, ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε αδρανής τροφή της Biomar τύπου Ecolife 15 No 3 και No 4.5. Η σύσταση της Ecostart 15 ήταν: ολική πρωτεΐνη 47%, ολικά λίπη 20%, ENEO 15.2%, κυτταρίνη 1.7%, τέφρα 8%, ολικός φώσφορος 1.19%, διαθέσιμος φώσφορος 1.16%, μεθειονίνη και κυστίνη 1.8% και βιταμίνες A, D3, E, C. Η σύσταση της Ecolife 15 ήταν: ολική πρωτεΐνη 45%, ολικά λίπη 16%, ENEO 20.3%, κυτταρίνη



Σχήμα 2: Διάταξη πειραματικών ενυδρείων



Πειραματικά ενδρεία

1.6%, τέφρα 8.3%, ολικός φώσφορος 1.24%, διαθέσιμος φώσφορος 1.12%, μεθειονίνη και κυστίνη 1.7% και τέλος βιταμίνες A, D3, E, C. Τα επίπεδα της διατροφής διατηρήθηκαν στο 3,5% για όλους τους πειραματικούς κύκλους σύμφωνα με το ενδεικτικό πίνακα διατροφής της Biomar. Η ποσότητα της χορηγούμενης τροφής υπολογίζονταν μετά από κάθε ζύγιση των ψαριών και ισοκατανέμονταν σε δυο γεύματα. Η χορήγηση της τροφής γινότανε με το χέρι, στις 10 το πρωί και στις 6 το απόγευμα.

Καθ'όλη τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιούνταν καθημερινές μετρήσεις θερμοκρασίας, οξύγνου, pH, αμιωνίας και αλατότητας. Η θερμοκρασία μετρήθηκε με απλό θερμόμετρο που ήταν τοποθετημένο εντός της κάθε δεξαμενής. το οξύγνο με οξύγονόμετρο τύπου WTW οxi 320, το pH με πεχάμετρο τύπου WTW pH 90 και η αλατότητα με αλατόμετρο τύπου TDS Meter 4076. Τα επίπεδα της αμιωνίας εξετάσθηκαν με Kit Tetra Analyset Pro και κυμάνθηκαν σε τιμές μικρότερες των 0.25 mg/l.

Μετρήσεις μήκους και βάρους πραγματοποιούνταν κάθε 15 ημέρες με χρήση ιχθυόμετρου και ζυγού τύπου OHAUS με ακρίβεια στα 0.01gr αντίστοιχα, καθώς και κατάλληλου αναισθητικό(φαινοξυαιθυλο-αλκοόλη) σε όλα τα άτομα .Τα ψάρια ανένηπταν έπειτα από κάθε χειρισμό και επέστρεφαν στις δεξαμενές τους.

Όπως προαναφέρθηκε το πειραμαματικό μέρος περιελάμβανε δυο κύκλους. Ο πρώτος, είχε διάρκεια 31 ημέρες (31 Ιουλίου έως 1 Σεπτεμβρίου) και είχε στόχο τη μελέτη της επίδρασης του μεγέθους της πελλέτας στην αύξηση της τσιπούρας. Χρησιμοποιήθηκαν 3 ενυδρεία με αρχικό αριθμό ψαριών : 30 ψάρια στο E1 ενυδρείο, 31 ψάρια στο E2 ενυδρείο και τέλος 31 επίσης στο E3 ενυδρείο. Το αρχικό μέσο βάρος των ατόμων και στα τρία ενυδρεία ήταν περίπου 15-16gr, για το καθένα. Κατά τη διάρκεια του πρώτου κύκλου του πειράματος η διατροφή των ψαριών χαρακτηρίζονταν από διαφορετικό μέγεθος πελλέτας για το κάθε ενυδρείο. Επομένως στο E1 ενυδρείο χορηγούνταν κόκκοι πελλέτας No 0.5, στο E2 ενυδρείο χορηγούνταν κόκκοι πελλέτας No 0.5 και No 3 επίσης, ενώ στο E3 ενυδρείο χορηγούνταν κόκκοι πελλέτας No 3.

Ο δεύτερος κύκλος είχε διάρκεια 60 ημέρες (1 Σεπτεμβρίου έως 30 Οκτωβρίου). Σε αυτό τον κύκλο χρησιμοποιήθηκαν δυο ενυδρεία, το E2 και το E3 και μελετήθηκε η επίδραση της αλατότητας στο ρυθμό αύξησης και στην εξέλιξη στην παραλλακτικότητα των μεγεθών στα άτομα της τσιπούρας. Στα ενυδρεία E2 (αλατότητα 20) και E3 (αλατότητα 33) διατηρήθηκαν 26 και 25 άτομα αντίστοιχα αρχικού μέσου βάρους E2: 22.3 gr και E3: 21,7gr. Τα ψάρια τρέφονταν με αδρανή τροφή μεγέθους 4,5 mm (No 4,5) και στα δυο ενυδρεία.

Στατιστική ανάλυση

Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν τα κριτήρια ANOVA και ANCOVA, όπως επίσης και το t κριτήριο για τη σύγκριση των κλίσεων των ευθειών με τα λογισμικά Excel και Minitab.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Α ΚΥΚΛΟΣ

Στον πρώτο κύκλο του πειράματος μελετήθηκε η επίδραση του μεγέθους της τροφής στην παραλλακτικότητα των μεγεθών της τσιπούρας (*Sparus aurata*). Το πείραμα σε αυτή τη φάση δεν ολοκληρώθηκε εξαιτίας του τεχνικού προβλήματος που παρουσιάστηκε στο εργαστήριο (απρόσμενη διακοπή ρεύματος), με αποτέλεσμα να παρατηρηθεί θνησιμότητα 100% στο E1 ενυδρείο. Επίσης παρατηρήθηκε 16% θνησιμότητα στα E2 και E3 ενυδρεία. Γι' αυτό το λόγο κρίθηκε αδύνατη η συνέχεια των παρατηρήσεων σε αυτόν τον κύκλο του πειράματος, λόγω ανεπαρκούς αριθμού ψαριών.

Παρόλα αυτά, για το διάστημα 31/7/2000 έως 1/9/2000 οι μέσοι όροι του μήκους και του βάρους, καθώς και οι τυπικές αποκλίσεις δίνονται στον πίνακα 1.

Β ΚΥΚΛΟΣ

Ο δεύτερος κύκλος του πειράματος ολοκληρώθηκε μελετώντας την επίδραση της αλατότητας στην εξέλιξη των μεγεθών και στην παραλλακτικότητα στα ήδη υπάρχοντα άτομα τσιπούρας .

Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις του μήκους και του βάρους από 1/9/2000 έως 30/10/2000, δίνονται ξεχωριστά για το κάθε ενυδρείο στους πίνακες 2 και 3 αντίστοιχα.

Η μέση τιμή της θερμοκρασίας για το ενυδρείο E2 ήταν 22.8 ± 1.2 °C και για το ενυδρείο E3 η μέση τιμή αυτής ήταν 23.4 ± 1.4 °C. Η αλατότητα στο E2 ενυδρείο κυμαίνονταν από 16,3 έως 24,3. Για το E3 ενυδρείο οι τιμές της αλατότητας βρισκόταν σε υψηλότερα επίπεδα από 33 έως 35. Η εξέλιξη της για τα δυο ενυδρεία παρουσιάζεται στα σχήματα 3 και 4.

Οι θνησιμότητες που παρατηρήθηκαν ήταν μικρές και εντοπίστηκαν σε άτομα μικρού μεγέθους-βάρους και στις δυο ομάδες.

Αύξηση

Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις της εξέλιξης του βάρους και του μήκους για τα άτομα των δυο ενυδρείων δίνονται στα σχήματα 5 και 6. Όπως φαίνεται από τα σχήματα η εξέλιξη του βάρους με το χρόνο για τα δυο ενυδρεία, E2 και E3, εμφανίζεται όμοια, καθώς το βάρος αυξάνεται με το χρόνο , έχοντας αρχικές τιμές μέσου βάρους 23,22gr και 21,65gr, για τα ενυδρεία E2 και E3 αντίστοιχα. Παρόμοια κατάσταση παρατηρείται και στην εξέλιξη του μήκους με την πάροδο του χρόνου. Στην αρχή του πειραματικού κύκλου οι τιμές του μέσου μήκους ήταν 11,44cm για το ενυδρείο E2 και 11,36cm για το ενυδρείο E3. Η εξέλιξη του βάρους και του μήκους εκφράστηκε επίσης με γραμμικές εξισώσεις

Πίνακας 1: Μέσοι όροι (Μ.Ο.) και τυπικές αποκλίσεις (S.D.) βάρους (W, gr) και μήκους (L, cm) για τα ενυδρεία E1, E2, E3 (αλμυρό νερό)

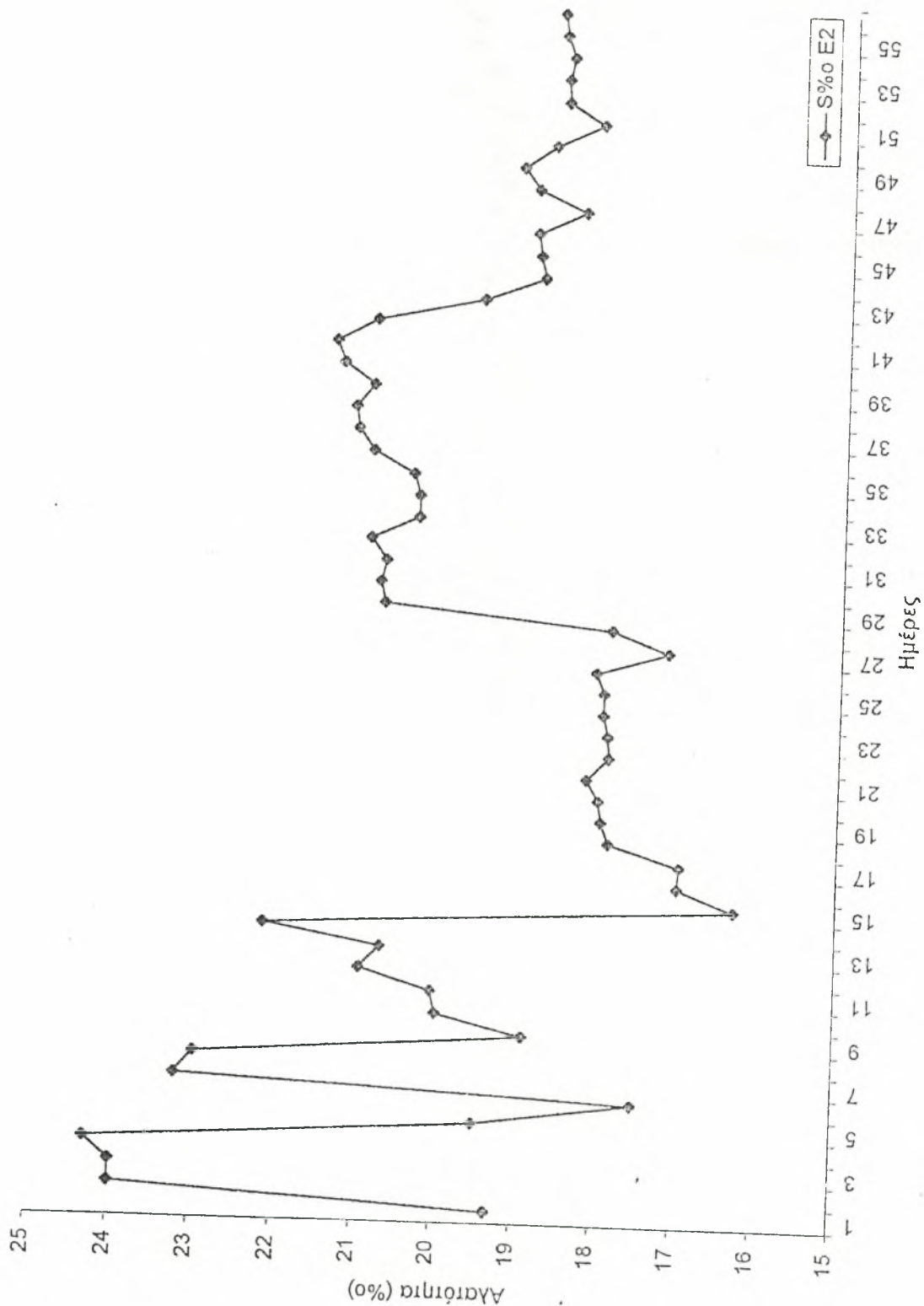
Παρατηρήσεις	M.O.	M.O.	M.O.	M.O.	M.O.	M.O.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.
	WE1	WE2	WE3	LE1	LE2	LE3	WE1	WE2	WE3	LE1	LE2
26/7/2000	16,1	16,2	16,1	10,4	10,4	10,3	3,92	3,58	3,52	0,92	0,84
11/8/2000		19	19,9		11	11,2		4,16	4,09		0,86
21/8/2000		19,8	20,1		11	11,2		5,19	5,22		0,89

Πίνακας 2: Μέσοι όροι (M.O.) και τυπικές αποκλίσεις (S.D.) βάρους (W, gr) και μήκους (L, cm) για το ενυδρείο E2 (υφάλμυρο νερό)

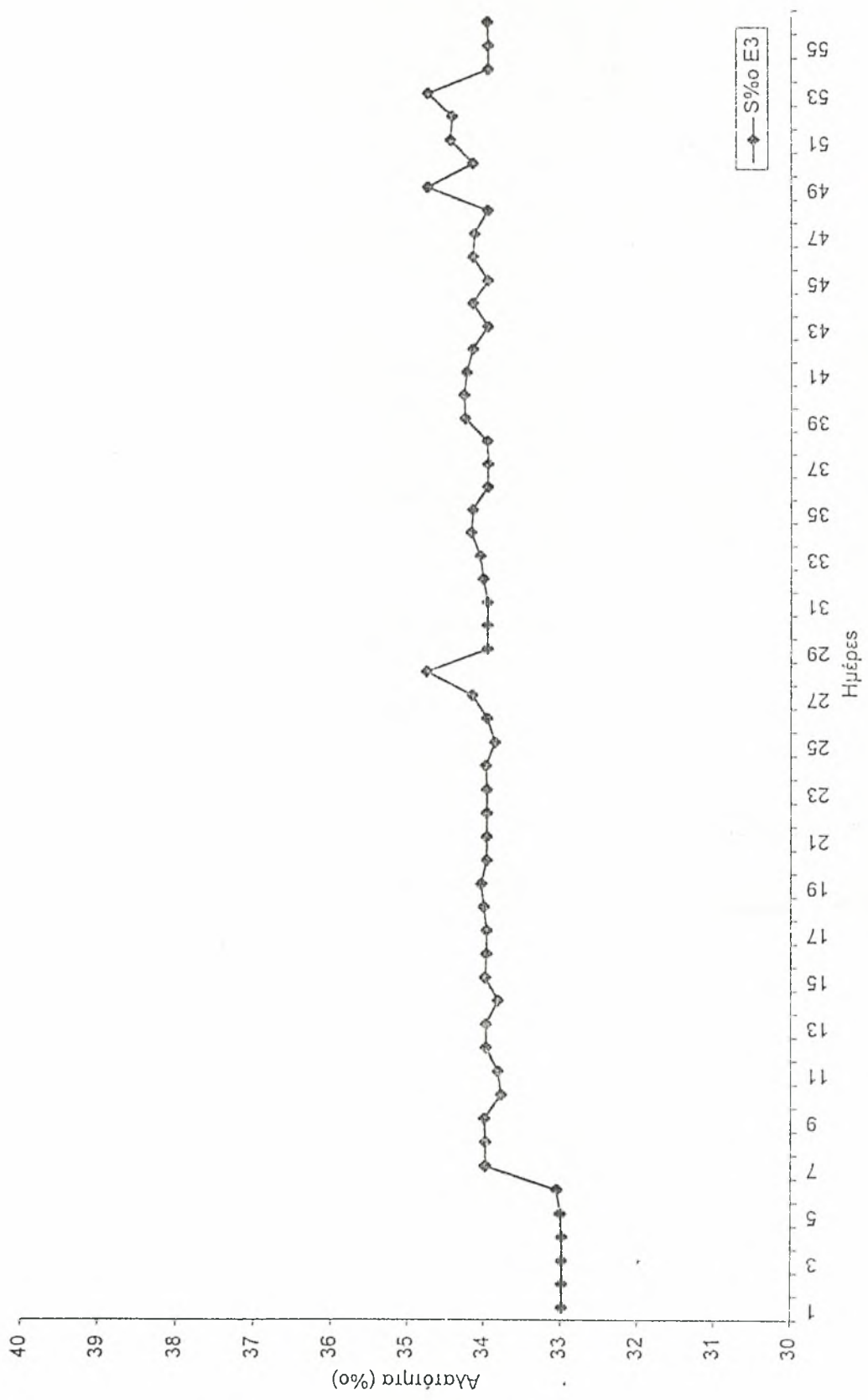
Παρατηρήσεις.	M.O. WE2	S.D. WE2	M.O. LE2	S.D. LE2
1/9/2000	23,22	6,8	11,44	1,1
8/9/2000	26,36	9,3	11,88	1,13
15/9/2000	30,54	11,85	12,26	1,3
22/9/2000	34,31	12,92	12,72	1,51
29/9/2000	38,25	13,4	13,08	1,69
6/10/2000	42,66	16,64	13,85	1,98
13/10/2000	51,68	18,91	14,95	2,09
23/10/2000	52,67	19,6	15,08	2,13
30/10/2000	58,71	19,11	15,44	1,99

Πίνακας 3: Μέσοι όροι (M.O.) και τυπικές αποκλίσεις (S.D.) βάρους (W, gr) και μήκους (L, cm) για το ενυδρείο E3 (αλμυρό νερό)

Παρατηρήσεις	M.O WE3	S.D WE3	M/O LE3	S.D LE3
1/9/2000	21,65	7,74	11,36	0,92
8/9/2000	23,91	8,33	11,77	0,96
15/9/2000	26,83	9,59	12,1	1,04
22/9/2000	28,65	10,99	12,57	1,13
29/9/2000	35,09	10,46	13,11	1,24
6/10/2000	37,87	11,51	13,51	1,25
13/10/2000	41,81	13,22	14,15	1,38
23/10/2000	46,93	14,79	14,54	1,38
30/10/2000	49,29	16,49	14,59	1,36

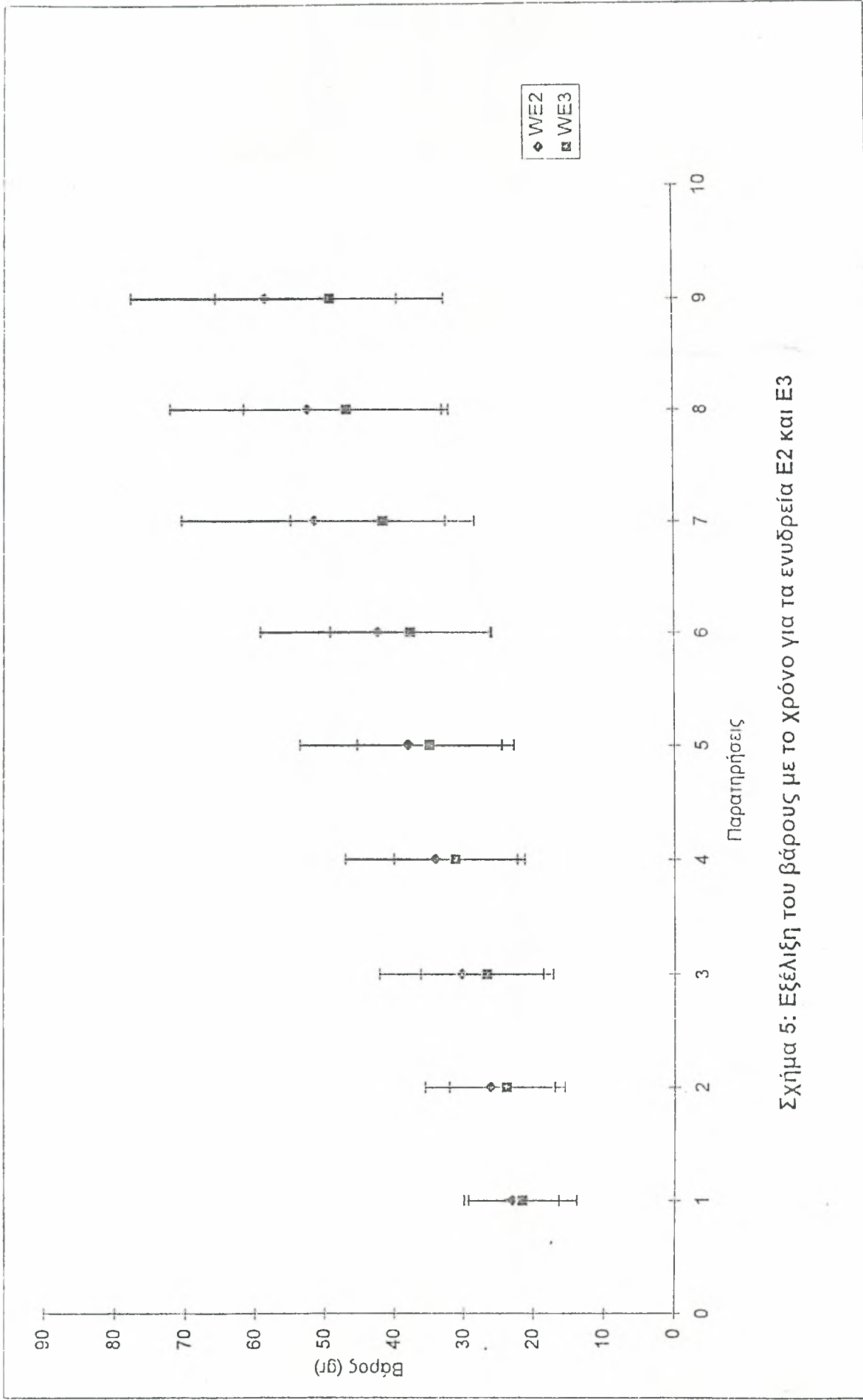


Σχήμα 3: Τιμές αλατότητας (‰) για το ενυδρείο E2

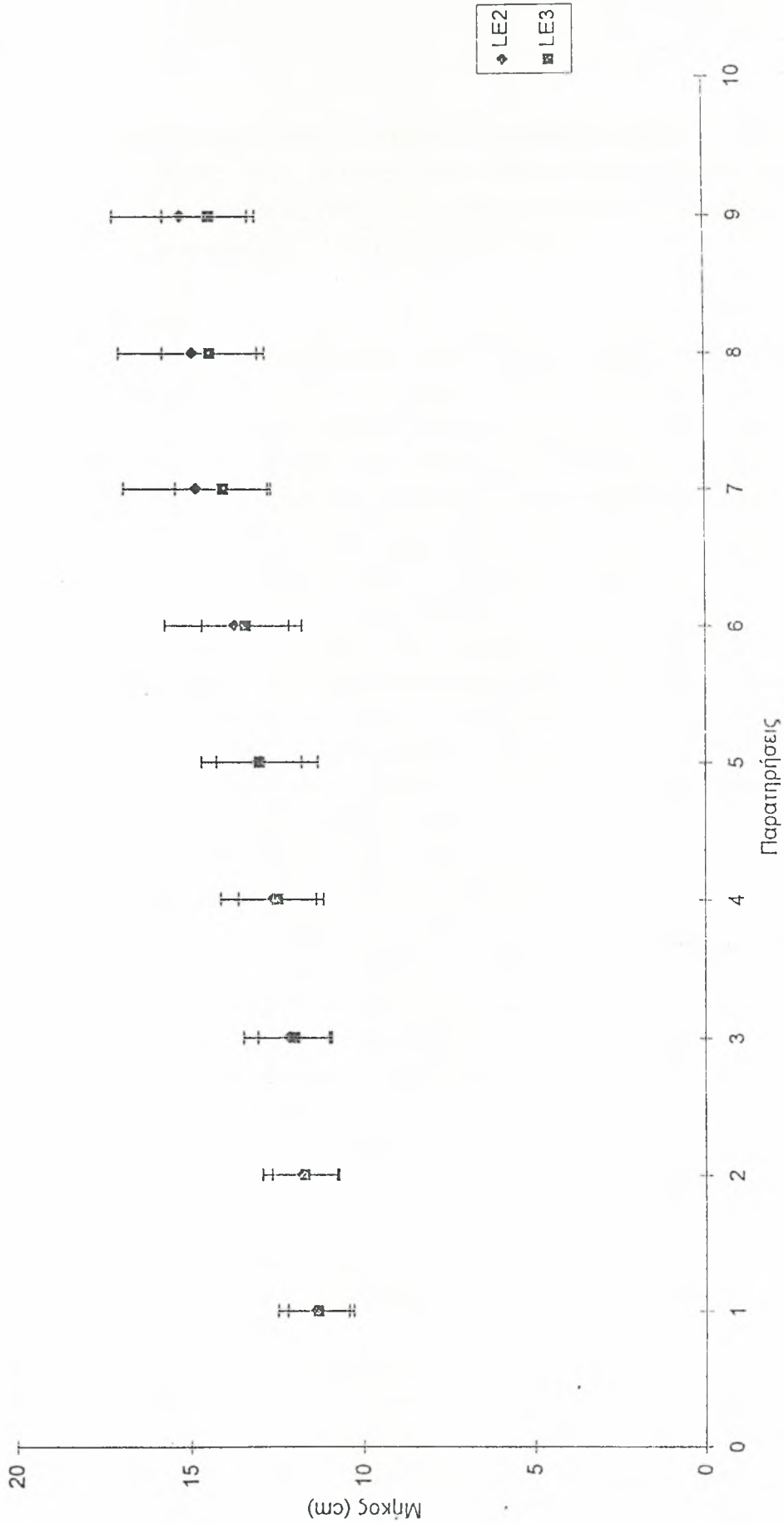


Σχήμα 4: Τιμές αλατότητας (%) για το ενυδρείο E3





Σχήμα 5: Εξέλιξη του βάρους με το Χρόνο για τα ενυδρεία Ε2 και Ε3



Σχήμα 6: Εξέλιξη του μήκους με το χρόνο για τα ενυδρεία E2 και E3

($Y = ax + \beta$), όπως φαίνεται στον πίνακα 4. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις κλίσεις των ευθειών του βάρους και του μήκους για τα δυο ενυδρεία ($P > 0,05$). Παρόλα αυτά ο ρυθμός αύξησης είναι ταχύτερος στο ενυδρείο E2 (υφάλμιτρο νερό).

Παραλλακτικότητα

Τα σχήματα 7 και 8 παρουσιάζουν την εξέλιξη της τυπικής απόκλισης του βάρους και του μήκους με το χρόνο για τα ενυδρεία E2 και E3 αντίστοιχα. Η εξέλιξη της τυπικής απόκλισης με το βάρος για τα δυο ενυδρεία, αρχικά, από τις 1/9/2000 έως τις 15/9/2000 παρουσιάζει μια σταθερή τάση, η οποία όμως στη συνέχεια διαφοροποιείται. Έτσι, για το ενυδρείο E2 στις 6/10/2000 παρατηρείται μια μικρή μείωση της τυπικής απόκλισης, η οποία κατόπιν αυξάνεται έως τη λήξη του πειραματικού κύκλου στις 30/10/2000. Για το ενυδρείο E3 η κατάσταση είναι λίγο διαφορετική, με μικρή αύξηση της τυπικής στις 6/10/2000 και στις 13/10/2000 και σχεδόν σταθερή τάση στο τέλος. Οι αρχικές τιμές της τυπικής απόκλισης του βάρους για τα ενυδρεία E2 και E3 ήταν στην αρχή του πειραματικού κύκλου 6,8 και 7,44 αντίστοιχα, ενώ στο τέλος αυτού οι τιμές αυξήθηκαν σε 19,11 και 16,49. Η εξέλιξη της τυπικής απόκλισης με το μήκος αρχικά για το E2 ενυδρείο διατηρεί μια μάλλον αυξητική τάση, η οποία από τις 6/10/2000 έως το τέλος της πειραματικής φάσης είναι σταθερή. Στο ενυδρείο E3 η τάση της τυπικής απόκλισης είναι αύξουσα σε όλη τη διάρκεια του πειράματος. Στην αρχή του πειραματικού κύκλου η τυπική απόκλιση έχει τιμές 1,1 για το E2 ενυδρείο και 0,92 για το E3 ενυδρείο. Στις 30/10/2000, όπου ολοκληρώνεται το πείραμα η τυπική απόκλιση έχει πλέον τιμές 1,99 και 1,36 για τα δυο ενυδρεία.

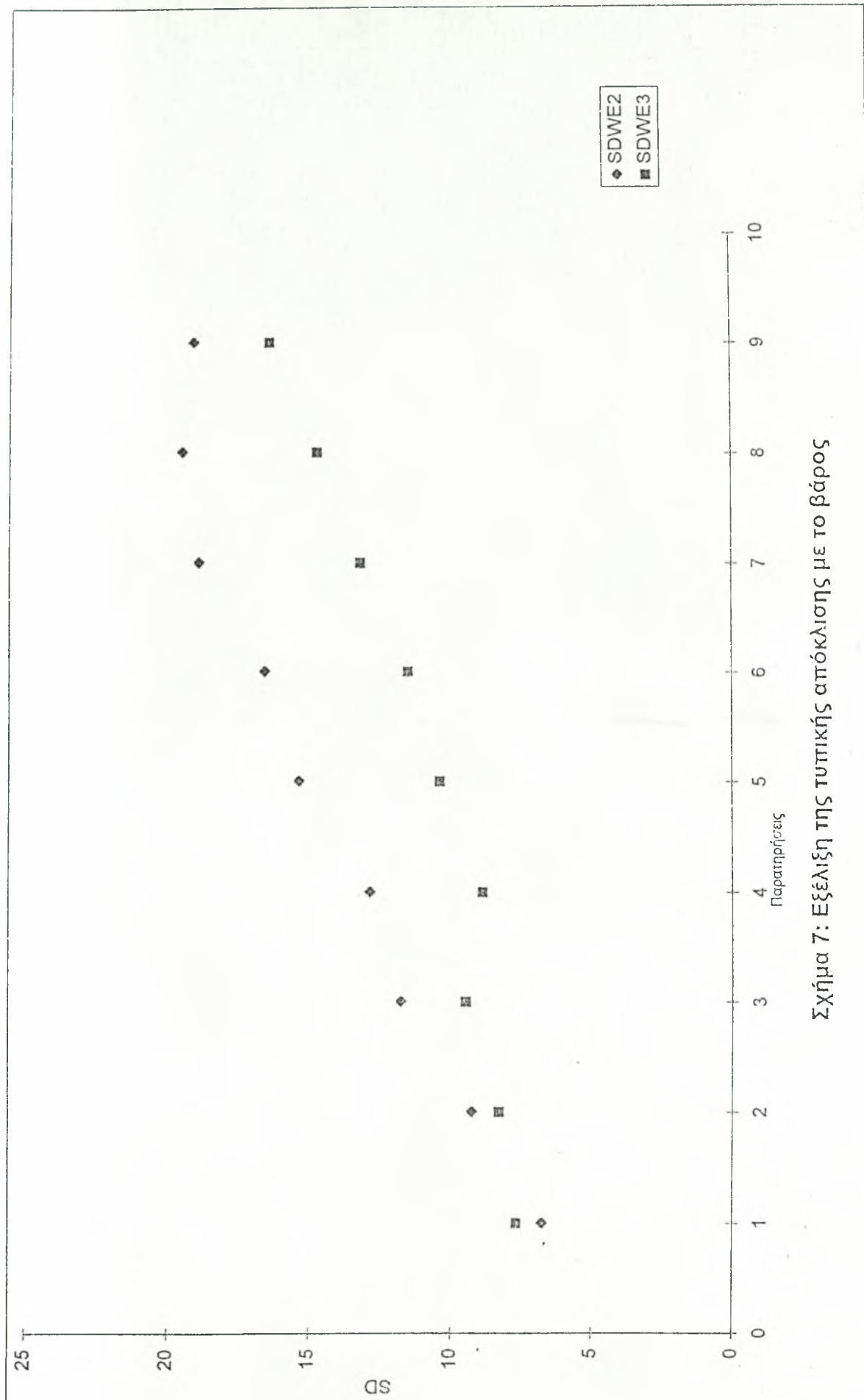
Η εξέλιξη της τυπικής απόκλισης του βάρους και του μήκους εκφράστηκε με γραμμικές εξισώσεις ($Y = ax + \beta$), όπως φαίνεται στον πίνακα 5.

Η παραλλακτικότητα των μεγεθών για την παράμετρο του μήκους εξελίχθηκε ταχύτερα στο ενυδρείο E2 παρά στο ενυδρείο E3 με στατιστικά σημαντική διαφορά (σύγκριση κλίσεων ευθειών, $t = 2,65$, $BE=7$, $P < 0,05$). Αντίθετα δε βρέθηκαν διαφορές στο μέσο ρυθμό παραλλακτικότητας ($P > 0,05$) όταν συγκρίθηκαν οι κλίσεις των ευθειών με την παράμετρο του βάρους.

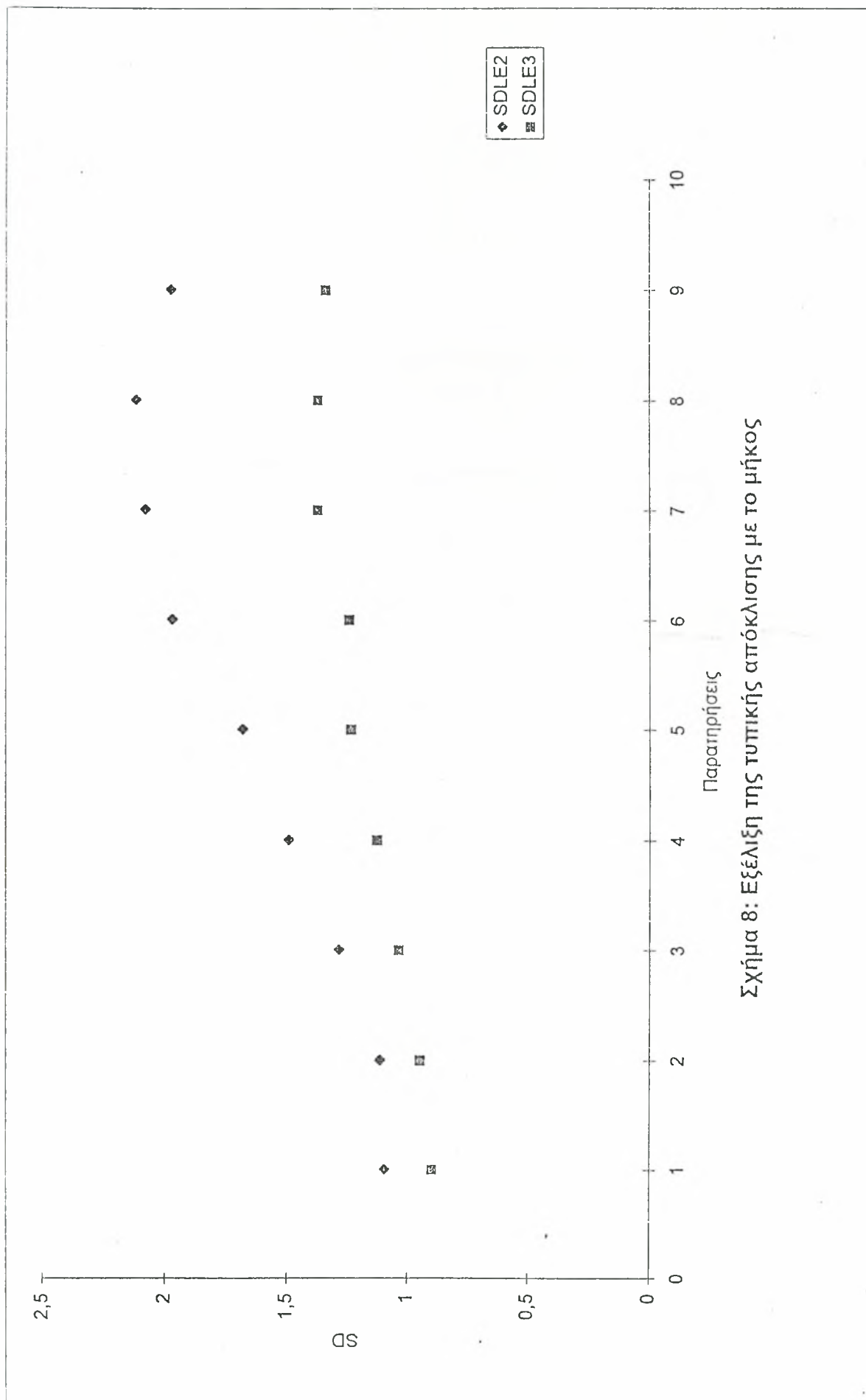
Στα σχήματα 9 και 10 περιγράφεται η εξέλιξη του CV% του βάρους σε σχέση με το χρόνο. Το CV% του E2 εξελίχθηκε με ανοδική τάση στην αρχή του 2^{ου} κύκλου (παρατηρήσεις 1, 2 και 3). Στη συνέχεια διατηρήθηκε σχεδόν σταθερό μέχρι και την 8^η παρατήρηση και μειώθηκε στην τελευταία. Το CV% του E3 διατηρήθηκε σταθερό στις τέσσερις πρώτες παρατηρήσεις, στη συνέχεια σημειώθηκε πτώση και κατόπιν παρέμεινε σταθερό.

Πίνακας 4: Εξέλιξη του βάρους και του μήκους με το χρόνο για τα ενυδρεία E2 και E3, όπου Y: βάρος ή μήκος και X: χρόνος

Μεταβλητή	ΕΝΥΔΡΕΙΟ	ΕΞΙΣΩΣΗ	R ²	P <
ΒΑΡΟΣ (W)	E2	$Y=22,23+4,32X$	0,5	0,0001
ΒΑΡΟΣ (W)	E3	$Y=19,61+3,44X$	0,44	0,0001
ΜΗΚΟΣ (L)	E2	$Y=11,06+0,54X$	0,54	0,0001
ΜΗΚΟΣ (L)	E3	$Y=11,06+0,43X$	0,54	0,0001



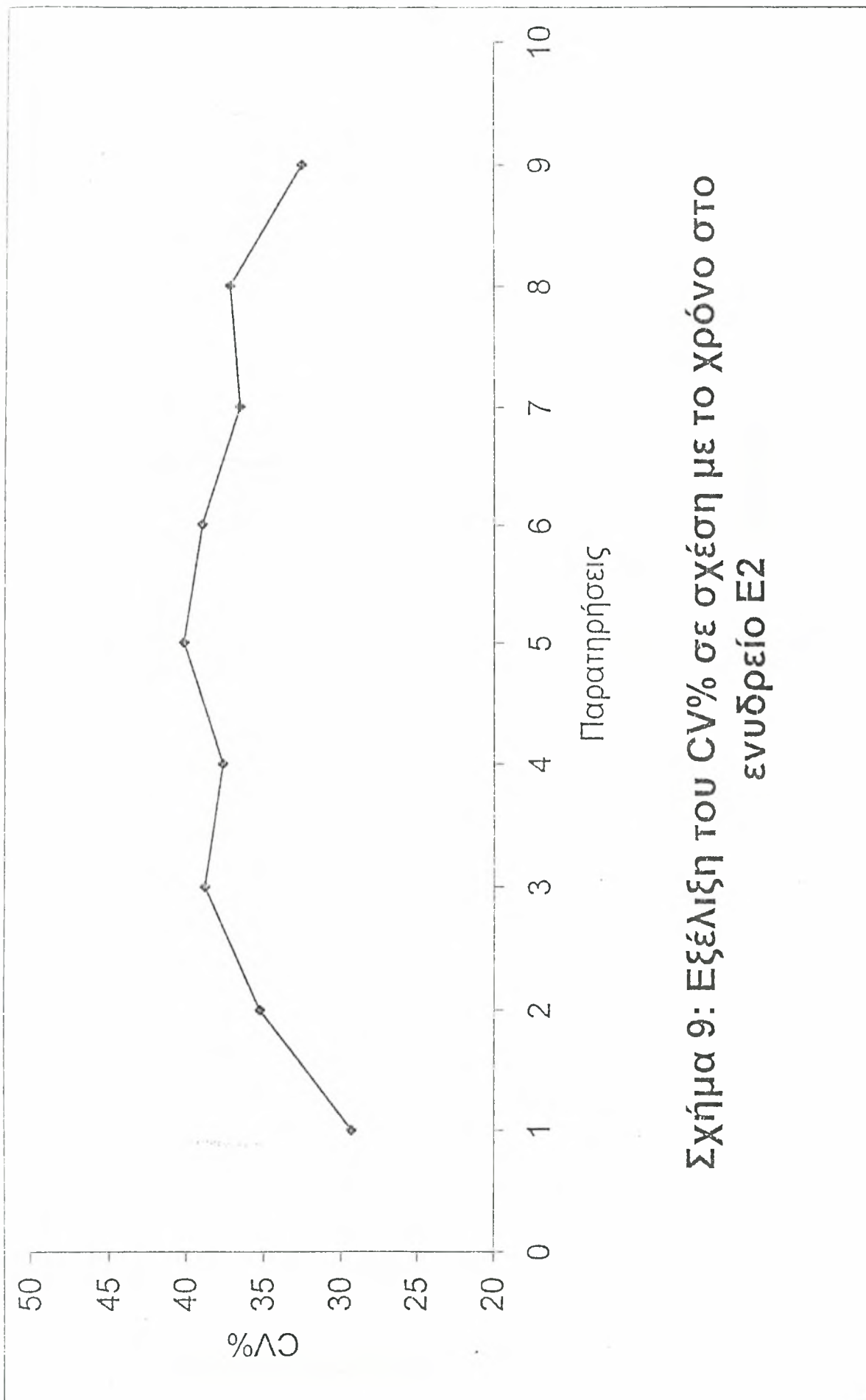
Σχήμα 7: Εξέλιξη της τυπικής απόκλισης με το βάρος



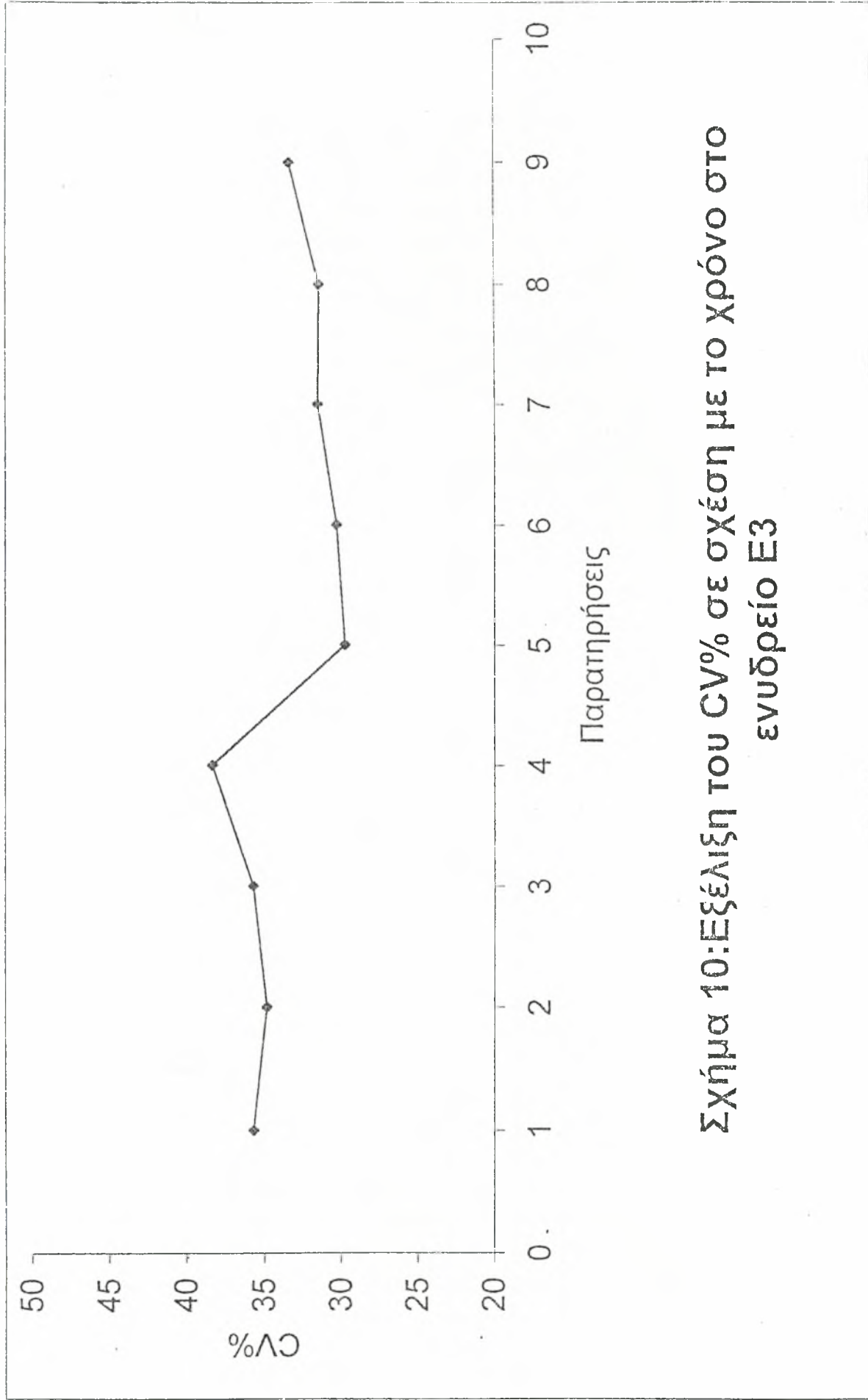
Σχήμα 8: Εξέλιξη της τυπικής απόκλισης με το μήκος

Πίνακας 5: Εξέλιξη της τυπικής απόκλισης του μέσου βάρους και μήκους για τα ενυδρεία E2 και E3, όπου Y: τυπική απόκλιση και X: χρόνος

ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΝΥΔΡΕΙΟ	ΕΞΙΣΩΣΗ	R ²	P<
ΒΑΡΟΥΣ (W)	E2	$Y=6,34+1,36X$	0,95	0,001
ΒΑΡΟΥΣ (W)	E3	$Y=5,84+1,07X$	0,93	0,001
ΜΗΚΟΥΣ (L)	E2	$Y=0,93+0,14X$	0,9	0,001
ΜΗΚΟΥΣ (L)	E3	$Y=0,85+0,06X$	0,96	0,001



Σχήμα 9: Εξέλιξη του CV% σε σχέση με το χρόνο στο ενυδρείο Ε2



Σχήμα 10:Εξέλιξη του CV% σε σχέση με το χρόνο στο ενυδρείο Ε3

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ρυθμός αύξησης

Η τσιπούρα (*Sparus aurata*) είναι ευρύαλο είδος και προσαρμόζεται σε διαφορετικές τιμές αλατότητας. Η επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη έχει διερευνηθεί και αναφέρονται ταχύτεροι ρυθμοί ανάπτυξης στις χαμηλές αλατότητες (Woo and Kelly, 1995) κάτι που συμφωνεί με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν προκύψει και για το λαβράκι (Alliot και Thebault., 1983, Roche et al., 1989, Dendrinou and Thorpe, 1985). Πολλές επίσης εργασίες έχουν εξετάσει την επίδραση της αλατότητας σε συνδιασμό με τα επίπεδα διατροφής και με τη θερμοκρασία (Likongwe et al., 1996, Claireaux and Lagardere, 1999). Ο καλλίτερος ρυθμός αύξησης που παρατηρείται σε υφάλμυρο νερό (8-20) συσχετίζεται μερικές φορές με χαμηλό τυπικό ποσοστό μεταβολισμού. Η καλύτερη ανάπτυξη σε υφάλμυρο νερό μπορεί να εξαρτάται από ελεγχόμενη κατανάλωση τροφής, διότι αρκετά είδη προσαρμόζουν την κατανάλωση της στην εξωτερική αλατότητα του νερού. Οι Suresh και Lin (1992) έδειξαν ότι είδη τιλάπιας, όπως τα *O. niloticus* και *O. aureus*, είναι κατάλληλα για ανάπτυξη σε χαμηλής αλατότητας νερό (υφάλμυρο). Οι Dayne και Collinson (1983) διαπίστωσαν ότι τα εύρη της αλατότητας για αυτά τα είδη είναι 5-10, προτείνοντας έτσι ότι η κατανομή για το είδος *O. niloticus* είναι δυνατόν να οριοθετηθεί από το εύρος της αλατότητας. Η αλατότητα φαίνεται να επιδρά στην ανάπτυξη του είδους *Sparus sabra* της οικογένειας των Sparidae. Χαρακτηριστικό αποτελεί το γεγονός ότι οι Woo και Kelly (1995) απέδειξαν ότι η ισοσωμωτική αλατότητα οδηγεί σε αυξημένη ανάπτυξη των Sparidae, πράγμα, το οποίο σχετίζεται με ψάρια τα οποία καταναλώνουν τροφές με υψηλές τιμές πρωτεΐνης.

Ρυθμοί παραλλακτικότητας

Το αν θα χρησιμοποιηθεί η τυπική απόκλιση ή το CV% της προς εξέταση παραμέτρου για να αποδοθεί η καλύτερη εικόνα της παραλλακτικότητας των ατόμων αποτελεί γενικότερο προβληματισμό. Στην παρούσα εργασία δεν παρατηρήθηκαν παρόμοιες τάσεις αυτών των δύο μεγεθών από τα δείγματα μας. Παρόλα αυτά, η εξέλιξη της τυπικής απόκλισης και του συντελεστή παραλλακτικότητας ήταν παρόμοιες η μία με την άλλη, όπως αναφέρεται από τους Howell, 1973 και Doyle, 1976. Αυτό, εξηγείται με βάση τις θνησιμότητες, οι οποίες σημειώνονται ή όχι στη διάρκεια των πειραμάτων και κατά πόσο προέρχονταν από μικρές ή μεγάλες κλάσεις μεγεθών. Ειδικότερα η διαφορά ανάμεσα στα patterns της τυπικής απόκλισης και του CV% σε σχέση με το χρόνο στην παρούσα εργασία,

οφείλεται στη θνησιμότητα μικρών ατόμων στα ενυδρεία. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη μικρότερη αύξηση της τυπικής απόκλισης σε σχέση με την αύξηση του μέσου βάρους, που στο μεταξύ σημειώθηκε.

Επιπλέον η χρήση της τυπικής απόκλισης αντί του συντελεστή παραλλακτικότητας για την περιγραφή του φαινομένου της διασποράς γίνεται αποδεκτή από το γεγονός ότι ο συντελεστής παραλλακτικότητας πρέπει να μετατραπεί πριν από οποιαδήποτε στατιστική ανάλυση. Σε ερευνητικές εργασίες η παραλλακτικότητα των μεγεθών έχει αποδοθεί με το πιο συνηθισμένο τρόπο, που είναι ο υπολογισμός του CV% και η περιγραφή της εξέλιξης του σε σχέση με το χρόνο. Ακόμα έχει παρατηρηθεί να μετατρέπονται προηγουμένως τα ποσοστά και παρατίθενται μόνο οι εξισώσεις (Irwin et al., 1999), ενώ έχουν σημειωθεί και περιπτώσεις, όπου τα CV% έχουν συγκριθεί με χρήση παραμετρικών κριτηρίων χωρίς προηγουμένως να έχει προηγηθεί καμία μετατροπή (Hatzithanasiou et al., 2002). Η ανομοιομορφία στην ανάπτυξη μεταξύ των ατόμων μπορεί να εκτιμηθεί εξετάζοντας το συντελεστή παραλλακτικότητας (CV%) της συχνότητας κατανομής του μεγέθους. Αύξηση στη τιμή του συντελεστή παραλλακτικότητας με το χρόνο αποδεικνύει συνθήκες εσωτερικού ανταγωνισμού των ατόμων. Στην περίπτωση που δεν παρατηρούνται θνησιμότητες, η αύξηση του CV είναι αποτέλεσμα διαφορετικών ρυθμών αύξησης μεταξύ των ατόμων. Περιορισμένη διατροφή συνεπάγεται χαμηλά επίπεδα βιομάζας και αυξημένη ανομοιομορφία μεγέθους των ατόμων, (Davis and Olla, 1987; McCathy et al., 1992; Jobling, 1995).

Η παραλλακτικότητα των μεγεθών που παρατηρείται σε ψάρια ίδιας ηλικίας εμφανίζεται σε πολλές δημοσιεύσεις από παλιά σε μια προσπάθεια κατανόησης του φαινομένου.

Η Brown (1946) πρώτη χρησιμοποίησε τη φράση 'ιεραρχία μεγεθών' (size hierarchy effect) για να περιγράψει την διαφοροποίηση ανάπτυξης (growth depensation), που παρατήρησε σε ιχθύδια πέστροφας, *Salmo trutta*, στο εργαστήριο. Υπέθεσε ότι η διαφοροποίηση στην ανάπτυξη, μια χρονική αύξηση στην παραλλακτικότητα της συχνότητας κατανομής του μεγέθους εξαιτίας των διαφορών στα ποσοστά ανάπτυξης των ατόμων, σχετιζόταν με κυρίαρχα –υποτελή άτομα. Καθώς τα ψάρια τρέφονταν ad libitum, η Brown κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι φυσιολογικές διαφορές ανάμεσα σε υπερέχοντα και υποτελή άτομα, όπως είναι η καταπόνηση (stress) ευθύνονταν για την παρατηρούμενη διαφοροποίηση στους ρυθμούς ανάπτυξης και όχι ο τροφικός ανταγωνισμός. Ο Magnuson το 1962 υπέθεσε ότι οι γενετικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των ατόμων και ο ανταγωνισμός για την εξασφάλιση τροφής συντελούσαν στην αύξηση της παραλλακτικότητας. Αντίθετα, ο Nagoshi το 1967 σε μια μελέτη του,

διαπίστωσε ότι αυξάνοντας την ποσότητα της τροφής αυξανόταν και η διαφοροποίηση στην ανάπτυξη των ψαριών, με αποτέλεσμα να προτείνει τις διαφορετικές δραστηριότητες σαν ένα πολύ πιθανό μηχανισμό για τη διαφοροποίηση των ρυθμών ανάπτυξης μεταξύ των ατόμων. Επίσης, ο Allen το 1974 περιέγραψε ένα φαινόμενο παρόμοιο με το φαινόμενο της ιεραρχίας των μεγεθών, το οποίο αποκάλεσε 'stunting'. Διαπίστωσε ότι τα κυρίαρχα άτομα ψαριών μπορούν ουσιαστικά να 'ελέγξουν' την τροφή, και θεώρησε ότι οι μειωμένοι ρυθμοί ανάπτυξης είναι αποτέλεσμα της κατανάλωσης ενέργειας σε 'άσκοπες κινήσεις' αντί για ανάπτυξη. Επιπλέον, η κοινωνική ιεραρχία, το μέγεθος της τροφής (Nakamura και Kasahara, 1956), ο κανιβαλισμός (Langlois, 1963) και οι μεταβολικές διαφορές εξαιτίας της ηλικίας (Brett, 1979), έχουν θεωρηθεί ως παράγοντες διαφοροποίησης της ανάπτυξης. Βέβαια πολλοί είναι ακόμη εκείνοι οι παράγοντες, οι οποίοι επιδρούν στις αλλαγές του ρυθμού ανάπτυξης.

Η ανομοιόμορφη κατανάλωση της τροφής και η άνιση αξιοποίηση της τροφικής ενέργειας έχουν αξιολογηθεί από πολλούς ερευνητές ως πιθανά αίτια της παραλλακτικότητας των μεγεθών μεταξύ ατόμων της ίδιας ομάδας (Jobling, 1995). Συγχρόνως η δυσανάλογη κατανάλωση της τροφής θεωρήθηκε ότι είναι ο κυρίαρχος μηχανισμός που ευθυνόταν για το φαινόμενο της ιεραρχίας των μεγεθών σε νεαρά άτομα του είδους, *Tilapia zillii*, σε πειράματα που πραγματοποίησε ο Koebele το 1985.

Η θερμοκρασία (Brett et al., 1969), η φωτοπερίοδος (Pyle, 1969), η κατανάλωση οξυγόνου είναι δυνατόν να επιδρούν γενικά στο φαινόμενο της ανάπτυξης των ψαριών. Μερικοί από αυτούς τους παράγοντες ίσως να σχετίζονται με την ανάπτυξη έμμεσα.

Οι Allen et al. (1948), Magnuson (1962), Nagoshi (1967), Fenderson et al. (1968) και Barlow (1975), επίσης διαπίστωσαν θετική συσχέτιση ανάμεσα στην κοινωνική υπεροχή, στην κατανάλωση της τροφής και στο ρυθμό ανάπτυξης.

Σαφή στοιχεία ανταγωνισμού εμφανίζονται ως ο κυριότερος παράγοντας, που αποδεικνύει την ιεράρχηση των μεγεθών (Magnuson, 1962; Symon, 1968; Yamagishi et al., 1974).

Η δυσανάλογη απόκτηση της τροφής αυξάνει τη διαφοροποίηση στην ανάπτυξη (Magnuson, 1962; Nagoshi, 1967; Koebele, 1985), πράγμα το οποίο ενισχύει τις σχέσεις υπεροχής-υποτέλειας.

Η πλειοψηφία των ιχθυοκαλλιεργητών και των ερευνητών των υδατοκαλλιεργειών συμφωνούν με την άποψη ότι η επιθετικότητα στη συμπεριφορά και τα υψηλά επίπεδα του ανταγωνισμού σε ένα σύνολο ψαριών είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε διαφοροποίηση της ανάπτυξης. Παρόλα αυτά, μόνο λίγες προσπάθειες έχουν γίνει με σκοπό να προσεγγίσουν τις επιρροές των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων κατά την

ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ψαριών. Ο Jobling (1995) έκανε μια ανάλογη προσπάθεια κατανόησης της σχέσης του κοινωνικού περιβάλλοντος και της διαδικασίας της ανάπτυξης σε άτομα σαλβελίνου, *Salvelinus alpinus* (L.). Η συλλογή λεπτομερούς πληροφορίας σχετικά με την κοινωνική συμπεριφορά αποτελεί χάσιμο χρόνου, ενώ οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται (π.χ άμεση παρατήρηση ή βιντεοσκόπηση) θεωρούνται οι κατάλληλες για την επίτευξη της πληροφόρησης για άτομα που διατηρούνται σε μικρές ομάδες. Επομένως η μελέτη του κοινωνικού περιβάλλοντος των ψαριών, έχει παραμείνει σημαντικό στοιχείο για τη συμπεριφορά αυτών (Thorpe and Huntingford, 1992; Grant, 1993).

Εάν τα άτομα ψαριών σε μια μονάδα εκτροφής πετυχαίνουν ταχείς και ομοιογενείς ρυθμούς ανάπτυξης, είναι λογικό να συμπεράνουμε ότι το κοινωνικό περιβάλλον είναι ευνοϊκό. Επιπλέον, υψηλά ρυθμούς αύξησης της βιομάζας, αποδίδονται σε κατάλληλο κοινωνικό χώρο ανάπτυξης.

Διαφορές στην ανάπτυξη των ψαριών ενός συνόλου συχνά αποδίδονται σε τροφικό ανταγωνισμό ανάμεσα στα άτομα (Mc Cathy et. al, 1992; Grant, 1993; Jobling, 1995). Ανισότητες στην κατανάλωση της τροφής προκαλούν ανομοιομορφία στην ανάπτυξη καθώς και αύξηση στην παραλλακτικότητα των μεγεθών με το χρόνο, πράγμα το οποίο έχει παρατηρηθεί σε μικρούς κυρίως πληθυσμούς στο εργαστήριο (Davis and Olla, 1987; Thorpe and Huntingford, 1992; Grant, 1993).

Σε εμπορικές εκτροφές ψαριών, η διαλογή των μεγεθών είναι αναπόσπαστο μέρος. Είναι γενικά αποδεκτό ότι αποτέλεσμα της διαλογής των μεγεθών αποτελεί η αύξηση της βιομάζας. Η εκτροφή των σαλμοειδών σε μικρές ομάδες ατόμων μπορεί να οδηγήσει στην ίδρυση ιεραρχικών σχέσεων με αναστολή της ανάπτυξης των υποτελών ατόμων (Yamagishi, 1962; Li and Brocksen, 1977; McIntyre et.al, 1979; Abbott et.al, 1985; Abbott and Dill, 1989). Για το σαλβελίνο, *Salvelinus alpinus* (L.), ο οποίος εκτρέφεται σε μεγάλες ομάδες, το φαινόμενο της διαλογής των μεγεθών δε δίνει κανένα πλεονέκτημα στην αύξηση της βιομάζας (Jobling and Reinsnes, 1987; Wallace and Kolbeinshavn, 1988). Οι Jobling και Reinsnes (1987) διαπίστωσαν ότι η διαλογή των μεγεθών ίσως καταστέλλει τις αρνητικές επιρροές στα μεγάλα ψάρια, καταλήγοντας σε μεγαλύτερους ρυθμούς ανάπτυξής τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ :

Abbott, J.C., Dunbrack, R.L. and Orr, C.D.,1985. The interaction of size and experience in dominance relationships of juvenile steelhead trout (*Salmo gairdneri*). Behavior, 92: 241-253.

Abbott, J.C. and Dill, L.M.,1989. The relative growth of dominant and subordinate juvenile steelhead trout (*Salmo gairdneri*) fed equal rations. Behavior, 108: 104-113.

Allen, K.O.,1974. Effects of stocking density and water exchange rate on growth and survival of channel catfish in circular tanks. Aquaculture, 4: 29-40.

Alliot, E.P.A. and Thebault, H., 1983. Influence de la temperature et de la salinité sur la croissance et la composition corporelle d'alevins de *Dicentrarchus labrax*. Aquaculture, 31: 181-194.

Arverson, J.N. and Schmitz, T.H.,1970. Robust procedures for variance component problems using the jackknife. Biometrics, 26: 677-686.

Barlett, M.S.,1937. Some examples of statistical methods of research in agriculture and applied biology. J1 R. Stat. Soc. Suppl., 4 : 137-170.

Barlow , G.W.,1975. A comparison of feeding, spacing and aggression in color morphs of the Midas cichid. I. Food continuously present. Behavior, 54: 72-96.

Bissel, A.F. and Ferguson, R.A.,1975. The jackknife-toy, tool or two-edged weapon ? The statistician, 24: 79-100.

Bowman, M.J,1946. Readings in theory of income distributions. Blakiston, Philadelphia. 718 pp.

Box, G.E.P.,1953. Non- normality and tests on variances. Biometrika, 40: 318-335.

Brett, J.R., Shelbourn J.E.,C.T.Shoop,1969. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon in relation to temperature and ration size . Journal of Fish Res. Board Can., 26: 2363-2394.

Brett, J.R., 1979. Environmental factors and growth. In: W. S. Hoar, D.J.Randal and Brett (Editors), *Fish Biology*, 8: 280-344.

Brown, M.E., 1946. The growth of brown trout (*Salmo trutta* Linn.). I. Factors influencing the growth of trout fry. *J. Exp. Biol.*, 22: 118-129.

Brown, M.B., and Forsythe, A.B., 1974. Robust tests for the equality of variances. *J. Am. Stat. Ass.*, 69: 364-367.

Claireux, G. and Lagardere, J.P., 1999. Influence of temperature, oxygen and salinity on the metabolism of the European sea bass. *J. Sea Res.*, 42: 157-168.

Davis, M.W. and Olla, B.L., 1987. Aggression and variation in growth of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) juveniles in seawater: effects of limited rations. *Can. Jour. Fish. Aq. Scien.*, 44: 192-197.

Dayne, A. I and Collinson, R.I., 1983. A comparison of the biological characteristics of *Sarotheredon niloticus* (L.), with those of *S. aureus* and other tilapia of the delta and river Nile. *Aquaculture*, 30: 335-351.

Dendrinis, P. and Thorpe, J.E., 1985. Effects of reduced salinity on growth and body composition in the European bass, *Dicentrarchus labrax* (L.). *Aquaculture*, 49: 333-358.

De Silva, S.S, and Perera, P.A.B., 1976. Studies on the grey mullet, *Mugil cephalus* L. Effects of salinity on food intake, growth and food conversion *Aquaculture*, 7: 327-338.

Doyle, M.J., 1976. Growth and differentiation in herring and plaice larvae. M.Sc. Thesis. University of Stirling. 152 pp.

Elliot, J.M., 1977. Statistical analysis of samples of benthic invertebrates. *Fresh. Biol. Ass. Scien. Publ.* 25. 160 pp.

FAO, 1994. Review of the state of world aquaculture. FAO Fisheries Department, FAO Fisheries Circular, 886, Rev. 1, Rome, 163.

Fenderson, O.C., Evenhart, W.H., Myth, K.M., 1968. Comparative agonistic and feeding behavior of hatchery - reared and wild salmon in aquaria. *J. Fish. Res. Board Can.*, 25: 1-14.

Gardside, P.S.,1972. A study of methods for comparing several variances. J. Am. Stat. Ass., 67: 342-346.

Gruneberg, H., Bains, G.S., Berry, R.J., Riles, L., Smith, C.A.B., Weiss, R.A.,1966. A search for genetic effects of high natural radioactivity in South India. London: Her Majesty's Stationery Office. 59pp.

Grant, J.W.A.,1993. Whether or not to defend ? The influence of resource distribution. Mar. Beh. Phys., 23: 137-153.

Hatziathanasiou, A., Paspatis, M., Houbart, M., Kestemont, P., Stefanakis, S., and Kentouri, M. Survival, growth and feeding in early life stages of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) intensively cultured under different stocking densities. Aquaculture 205: 89-102.

Howell, B.R.,1973. The effect of unicellar algae on the growth of early larvae of the turbot *Scophthalmus maximus* L. ICES CM 1973/ E: 21,7 pp.

Irwin, S., Halloran, J.O., Fitzgerald, R.D.,1999. Stocking density, growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque). Aquaculture,178: 77-88.

Jobling M.,1982. Some observations on the effect of feeding frequency on the food intake and growth of plaice *Pleuronectes platessa* L. J. Fish Biol., 20: 431-444.

Jobling M.,1985. Physiological and social constraints on growth of fish with special reference to Arctic char, *Salvelinus alpinus* (L.). Aquaculture, 44: 83-90.

Jobling, M. and Reinsnes, T.G.,1987. Effect of sorting on size-frequency distributions and growth of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. Aquaculture, 60: 27-31.

Koebele B.,1985. Growth and the size hierarchy effect: one experimental assessment of three proposed mechanisms; activity differences, disproportional food acquisition, physiological stress. Env. Biol. Fish., 12: 181-188.

Langlois, T.H.,1963. A study of the small – mouth bass, *Micropterus dolomieu* (Lacepede) in raring ponds in Ohio. Ohio Biology Survey, 6: 191-225.

Levene, H.,1960. Robust tests for equality of variances. In: Olkin, I., Ghurye, S.G., Hoeffding, W., Madow, W.G., Mann, H.B.(Eds) Contributions to probability and statistics. Stanford University Press, Stanford. pp 278-292.

Lewontin, R.C.,1966. On the measurement of relative variability. Syst. Zool., 15: 141-142.

Li, H.W. and Brocksen, R.W.,1977. Approaches to the analysis to energetic costs of intraspecific competition for space by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Fis. Biol., 11: 329-341.

Likongowe, J.S., Stecko, T.D., Stauffer, J.R., Carline Jr. R.F., 1996. Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linneus). Aquaculture, 146: 37-46.

Lorenz, M.O.,1905. Methods for measuring the concentration of wealth. J.Am. Stat. Ass., 9: 209-219.

Mac Allister Elliot and Partners Ltd, Αλιευτικά Νέα, 2001.

Magnuson, J.J.,1962. An analysis of aggressive behavior, growth and space in medakes (*Oryzias latipes*). Can. J. Zool., 40: 313-363.

McCathy, I.D., Carter, C.G., Houlihan, D.F.,1992. The effect of feeding hierarchy on individual variability in daily feeding of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). J.Fish Biol., 41: 257-263.

McIntyre, D.C., Healy, L.M., Saari, M.,1979. Intraspecies aggression and monoamine levels in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fingerlings. Beh.N. Biol., 25: 97-100.

Miller,R.G., 1974. The jackknife – a review. Biometrika, 61: 1-15.

Nagoshi, M.,1967. Experiments on the effects of size hierarchy upon the growth of guppy (*Lebistes reticulatus*). J. Fact. Fish. Perf. University of Mie,7: 165-189.

- Nakamura, N. and Kasahara, S.,1956. A study of the phenomenon of the Tobi Koi or shoot carp. II. On the effect of particle size and quantity of the food. Bull.Jap. Soc. Scient. Fish., 21: 1022-1024.
- Nakamura, N. and Kasahara, S.,1961. A study of the phenomenon of the Tobi Koi or shoot carp.IV. Effects of adding a small number of larger individuals to the experimental batches of carp fry and of culture density upon the occurrence of shoot carp, Bull. Jap. Soc. Scient. Fish., 27: 958-962
- Panagiotaki, P.,1992. The development of size variation in flatfish larvae. Ph.D. Thesis. The University of Liverpool, UK 136pp
- Pearson, E.S., and Please, N.W.,1975. Relation between the shape of population distribution and the robustness of four simple test statistics. Biometrika, 62: 223-241.
- Purdom, C.E.,1974. Variation in fish. In: Harden Jones, F.R. Sea Fish. Res. El.Scienc., London. pp 347-355.
- Pyle, E.A.,1969. The effect of constant light or constant darkness on the growth and sexual maturity of brook trout. Fish. Res. Bull., 31: 13-19.
- Roche, HM, Charr, k. And Peres,G., 1989. The effect of a gradual decrease in salinity on the significant constituents of tissue in the sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Comp. Bioc. Phys., 93A: 785-789.
- Shaw, H. M., Saunders, R. L., Hall, H. C.,1975. Environmental salinity: its failure to influence growth of Atlantic salmon, (*Salmo salar*) parr. J. Fish . Res. Board. Can., 32: 1921-1824.
- Smith, M.A.K and Thorpe, A., 1976. Nitrogen metabolism and trophic input in relation to growth in freshwater and seawater *Salmo gairdneri*. Biol. Bull, 150: 139-151.
- Sokal, R.R., and Rohlf, J.F.,1981. Biometry. Revised edition. W.H Freeman and Company, San Francisco. 859 pp.
- Stadmeyer, L., Metcalfe, B., Thorpe, J.E.,1988. Effect of food pellet shape and texture on the feeding response of juvenile Atlantic salmon. Aquaculture, 73: 217-228.

- Suresh, A.V., and Lin, C.K., 1992. Tilapia culture in saline waters: a review . *Aquaculture*, 106: 208-226.
- Symons, P.E.K., 1968. Increase in aggregation and in strength of the social hierarchy among juvenile Atlantic salmon deprived of food. *J. Fish. Res. Board. Can.*,25: 2388-2401.
- Taylor, L.R., 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature London*, 189: 732-735.
- Taylor, L.R., 1971. Aggregation as a species characteristic. In: Patil, G. P., Pielou, E.C., and Warers, W.E., *Stat. Ec. I. Pennsylvania State University Press.* pp 357-372.
- Thorpe, J.E. and Huntingford, F.A., 1992. The importance of feeding behavior for the efficient culture of salmonid fishes. *Wor. Aquac. Soc. Baton Rouge*.
- Van Valen, L., 1978. The statistics of variation. *Evol. Theory* 4: 33-43.
- Wallace, J.C. and Kolbeinshavn, A.G., 1988. The effect of size grading on subsequent growth in fingerling Artic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture*, 73: 97-100.
- Weber, H.H. and Huguenin , H.E., 1979. Fish feeding technologies. In: *Finfish nutrition and fish feed technology*,: 297-316.
- Weiner, J., and Solbring, O.T., 1984. The meaning and measurement of size hierarchies in plant population. *Oecologia* (Berlin), 61: 334-336.
- Woo, N. Y. S and Kelly, S.P., 1995. Effects of salinity and nutritional status on growth and metabolism of *Sparus sarba* in a closed sea water system. *Aquaculture*, 135: 219-238.
- Wright, S., 1952. The genetics of quantative variability. In: Reeve, E.C.R., and Waddington, C., *Quantitative Inheritance*, London: Her Majesty's Stationery Office. pp 5-41.
- Yamagishi, H., 1962. Growth relation in small experimental populations of rainbow trout fry, *Salmo gairdneri* Richardson, with special reference to social relations among individuals. *Jpn. J. Ecol.*, 12 : 43-53.

Yamagishi, H., 1969. Postembryonal growth and its variability and survival during starvation of marine fish larvae reared in the laboratory. J. exp. Mar. boil. Ecol., 105: 73-83.

Yamagishi, H., Maruyama, T. Mashiko, K., 1974. Social relation in small experimental population of *Odontobutis obscurus* (Temminck et Schlegel) as related to individual growth and food intake. Oecologia, 17 : 187-202.

Zar, J.H., 1984. Biostatistical analysis. 718pp.

Zweiffel, J.R. and Lasker, R., 1976. Pre- hatch and post- hatch growth of fishes, a general model. Fish. Bull. U.S., 74: 609-621.

